

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL - GUARAPUAVA
ENGENHARIA CIVIL**

JOÃO GILBERTO SCHINEMANN FILHO

**ANÁLISE DE TRÁFEGO AUTOMOTIVO E SUAS IMPLICAÇÕES:
ESTUDO DE CASO NA AVENIDA MANOEL RIBAS EM
GUARAPUAVA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2019

JOÃO GILBERTO SCHINEMANN FILHO

**ANÁLISE DE TRÁFEGO AUTOMOTIVO E SUAS IMPLICAÇÕES:
ESTUDO DE CASO NA AVENIDA MANOEL RIBAS EM
GUARAPUAVA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Amauri Casarin Junior

GUARAPUAVA

2019

ATA DA DEFESA

Realizou-se no dia **04**, de **dezembro** de 2019, às **16 h 00 min**, no Campus Guarapuava da UTFPR, a defesa Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial para aprovação do aluno **João Gilberto Schinemann Filho**, na disciplina de TCC 2 do Curso de Engenharia Civil intitulado: **Análise de Tráfego Automotivo e suas Implicações: Estudo de Caso na Avenida Manoel Ribas em Guarapuava - PR.**

A Banca foi composta por:

Amauri Casarin Junior (Orientador), e pelos seguintes membros:

Dyorgge Alves Silva

Rafaella Salvador Paulino

Guarapuava, 04 de dezembro de 2019

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Eu dedico este trabalho a todos aqueles
que se ocupam e se preocupam com o
desenvolvimento de uma mobilidade
urbana mais justa.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida. Oportunidade esta que me possibilita vivenciar inúmeros momentos memoráveis, dos quais compartilho com pessoas que amo. À Deus vai meu primeiro agradecimento.

Agradeço aos meus pais que sempre me ampararam com tudo de melhor que poderiam oferecer. Através do carinho, amor, cuidado e preocupação.

Agradeço aos meus avós que auxiliaram na minha educação e me orientaram a viver uma vida reta e justa através dos ensinamentos de seus valores.

Agradeço aos meus amigos e parentes que fizeram com que essa trajetória fosse muito mais leve e tranquila.

Agradeço aos meus irmãos que sempre estão em contato comigo, fazendo com que à distância que há entre nós não seja nada mais do que apenas distância física.

Por fim agradeço a meu orientador que me norteou no desenvolvimento deste trabalho.

A cidade avançada não é aquela em que os pobres andam de carro, mas aquela em que os ricos usam transporte público.
(PEÑALOSA, Enrique)

RESUMO

SCHINEMANN FILHO, João Gilberto. **Análise de Tráfego Automotivo e suas Implicações:** Estudo de Caso na Avenida Manoel Ribas em Guarapuava - PR. 2019. 136 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

O presente trabalho estuda as interseções da Avenida Manoel Ribas do município de Guarapuava-PR e tem como objetivo desenvolver propostas para a problemática. A Avenida em estudo é o principal elemento de tráfego dos habitantes da cidade no sentido Noroeste-Sudeste. É analisado o desempenho dessas interseções através da metodologia do *software* VISSIM de simulação e da metodologia do *Highway Capacity Manual* (HCM) aplicada em uma planilha de EXCEL desenvolvida pelo autor. Foram apresentadas propostas para a problemática do tráfego automotivo e analisou-se o desempenho dessas propostas no cenário futuro. Como, mesmo após as intervenções propostas não se obteve resultados satisfatórios, pois em média os Níveis de Serviço das interseções foram de D (ano atual) para F (ano de projeto) desenvolveu-se uma proposta complementar à primeira, que utilizou a eficiência do transporte coletivo, para que o objetivo do trabalho fosse atingido. Analisou-se quais seriam as implicações para que a proposta complementar obtivesse êxito e calculou-se que aproximadamente 35% das pessoas que utilizam o transporte particular devem migrar para a utilização do transporte coletivo.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Interseções Urbanas. Transporte Particular. Transporte Coletivo.

ABSTRACT

SCHINEMANN FILHO, João Gilberto. **Automotive Traffic Analysis and its Implications:** Case Study on Avenida Manoel Ribas in Guarapuava - PR. 2019. 136 f. Work of Conclusion Course in Civil Engineering - Federal Technology University - Paraná. Guarapuava, 2019.

The present work studies the intersections of Avenida Manoel Ribas of Guarapuava-PR and aims to develop proposals for the problem. The Avenue under study is the main traffic element of the city's inhabitants in the northwest-southeast direction. The performance of these intersections is analyzed using the VISSIM simulation software methodology and the Highway Capacity Manual (HCM) methodology applied in an EXCEL spreadsheet developed by the author. Proposals for the problem of automotive traffic were presented and the performance of these proposals in the future scenario was analyzed. As, even after the proposed interventions, no satisfactory results were obtained, since on average the Service Levels of the intersections went from D (current year) to F (project year), a complementary proposal to the first one was developed, which used the efficiency of the public transportation, so that the objective of the work was achieved. The implications for successful completion of the complementary proposal were analyzed and it was estimated that approximately 35% of people using private transport should migrate to use public transport.

Palavras-chave: Urban Mobility. Urban Intersections. Private Transport. Public Transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Via de Trânsito Rápido e Arterial.....	22
Figura 2 – Via Coletora e Local.....	22
Figura 3 – Interseção de Três Ramos.....	24
Figura 4 – Interseção de Quatro Ramos.....	25
Figura 5 - Pontos de Conflito entre Interseção Simples e Rótula.....	26
Figura 6 – Interseção com Semáforo.....	27
Figura 7 – Interseções em Níveis Diferentes.....	27
Figura 8 – Movimento de Cruzamento.....	28
Figura 9 – Movimento Convergente.....	29
Figura 10 – Movimento Divergente.....	29
Figura 11 – Movimento Entrecruzamento.....	30
Figura 12 – Pontos de Conflitos de Cruzamento.....	31
Figura 13 – Conflitos Convergentes.....	31
Figura 14 – Conflitos Divergente.....	32
Figura 15 – Fluxo de Circulação.....	37
Figura 16 – Fluxo de Saída.....	38
Figura 17 – Cinco Casos de Movimento.....	40
Figura 18 – Diagrama de Estágios.....	45
Figura 19 – Diagrama de Intervalos Luminosos.....	46
Figura 20 – Avenida Manoel Ribas.....	48
Figura 21 – Rotatória do Moss.....	49
Figura 22 – Rotatória do Cavalo.....	49
Figura 23 – Rotatória com Semáforo.....	50
Figura 24 – Trevo do Índio.....	50
Figura 25 – Interseção com Semáforo.....	50
Figura 26 – Rótula do Chafariz.....	51
Figura 27 – Fluxograma do Trabalho.....	51
Figura 28 – Fluxograma da Metodologia HCM 2010 para Interseções com Rótulas.....	52
Figura 29 – Configuração e Projeção da População.....	55
Figura 30 – Gráfico da Projeção da População.....	56
Figura 31 – Equação de Veículo por Habitante.....	57
Figura 32 – Mapa da Avenida e Interseções.....	58
Figura 33 – Interseção 01 (Rotatório do Moss).....	59
Figura 34 – Movimentos na Interseção 01.....	60
Figura 35 – Interseção 02 (Rotatória do Cavalo).....	67
Figura 36 – Movimentos na Interseção 02.....	67
Figura 37 – Interseção 03 (Rótula com semáforo).....	72
Figura 38 – Diagrama de Barras da Interseção 03.....	73

Figura 39 – Movimentos na Interseção 03	74
Figura 40 – Interseção 04 (Trevo do Índio)	76
Figura 41 - Movimentos na Interseção 04	77
Figura 42 – Interseção 05 (Interseção com Semáforo)	81
Figura 43 – Diagrama de Barras da Interseção 05.....	82
Figura 44 – Movimentos na Interseção 05	82
Figura 45 – Interseção 06 (Rótula com Chafariz).....	84
Figura 46 – Movimentos na Interseção 06	85
Figura 47 – Proposta da Interseção 01	90
Figura 48 – Proposta da Interseção 02	93
Figura 49 – Proposta da Interseção 03	95
Figura 50 – Proposta da Interseção 04	99
Figura 51 – Proposta da Interseção 06	103
Figura 52 – Comparação de Resultados da Interseção 01	107
Figura 53 – Comparação de Resultados da Interseção 02	108
Figura 54 – Comparação de Resultados da Interseção 03	109
Figura 55 – Comparação de Resultados da Interseção 04	110
Figura 56 – Comparação de Resultados da Interseção 05	111
Figura 57 – Comparação de Resultados da Interseção 06	112
Figura 58 – Trajeto Adicional Proposto	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidade Máxima nos Diferentes Tipos de Vias	23
Tabela 2 – Equivalência em Carro de Passeio, ET	36
Tabela 3 – Designação de Volumes para Duas Pistas de Entrada	39
Tabela 4 – Designação de Pistas.....	40
Tabela 5 – Valores Assumidos de Utilização de Faixa para Duas Abordagens	41
Tabela 6 – Equações de Capacidade de Faixas de Entrada	41
Tabela 7 – Classificação de Nível de Serviço para Rótulas	43
Tabela 8 - Classificação de Nível de Serviço para Interseções com Semáforos.....	47
Tabela 9 - População de Guarapuava.....	55
Tabela 10 – Taxa de Motorização	56
Tabela 11 – Resultado Anual de Veículos	57
Tabela 12 – Interseção 01 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento.....	60
Tabela 13 – Interseção 01 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados	61
Tabela 14 – Interseção 02 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento.....	68
Tabela 15 - Interseção 02 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados	68
Tabela 16 - Interseção 03 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento.....	74
Tabela 17 - Interseção 03 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados	75
Tabela 18 - Interseção 04 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento.....	77
Tabela 19 - Interseção 04 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados	78
Tabela 20 - Interseção 05 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento.....	83
Tabela 21 - Interseção 05 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados	83
Tabela 22 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento	85
Tabela 23 - Interseção 06 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados	86
Tabela 24 – Excesso de Pessoas à Capacidade Permitida (pessoas/hora)	119
Tabela 25 – Entradas nas Interseções por onde as linhas de Ônibus Trafegam	119
Tabela 26 – Proposta de Números de Frequência para o Intervalo de Uma Hora..	120
Tabela 27 – Capacidade Adicional por Linha de Ônibus (pessoas/hora).....	121
Tabela 28 – Fluxo de Excesso e Fluxo de Capacidade Adicionada.....	121

Tabela 29 – Porcentagem Máxima e Mínima de Transição de Pessoas de Modalidade (%).....	124
--	-----

LISTA DE SIGLAS

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

SETRAN – Secretaria Municipal de Trânsito

CONCIDADE – Conselho do Plano Diretor de Guarapuava

PHF – Peak Hour Factor – Fator Horário de pico

HV – Heavy Vehicles – Veículos Pesados

NB – Northbound – Direção Norte

SB – Southbound – Direção Sul

WB – Westbound – Direção Oeste

EB – Eastbound – Direção Leste

NEB – Northeastbound – Direção Nordeste

SWB – Southwestbound – Direção Sudoeste

NWB – Northwestbound – Direção Noroeste

SEB – Southeastbound – Direção Sudeste

HCM – Highway Capacity Manual – Manual de Capacidade Viária

L – Left – Esquerda

R – Right – Direita

T – Through – Através

U – Return - Retorno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA.....	18
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	18
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO	19
1.3.1 Objetivo Principal	19
1.3.2 Objetivos Secundários	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 URBANIZAÇÃO E PLANEJAMENTO URBANO.....	20
2.2 SISTEMAS VIÁRIOS	21
2.3 INTERSEÇÕES	23
2.3.1 Tipos de Interseções.....	23
2.3.1.1 Interseção em nível.....	23
2.3.1.1.1 <i>Interseção de três ramos</i>	24
2.3.1.1.2 <i>Interseção de quatro ramos</i>	24
2.3.1.1.3 <i>Interseção com rótulas</i>	25
2.3.1.1.4 <i>Interseção com sinalização semafórica</i>	26
2.3.1.2 Interseção em níveis diferentes	27
2.3.2 Movimentos em Interseções	28
2.3.2.1 Movimentos de cruzamento	28
2.3.2.2 Movimentos convergentes	28
2.3.2.3 Movimentos divergentes	29
2.3.2.4 Movimentos entrecruzamento.....	30
2.3.3 Conflitos em Interseções	30
2.3.3.1 Conflito de cruzamento	30
2.3.3.2 Conflito de convergência.....	31
2.3.3.3 Conflito de divergência.....	31
2.4 VOLUME DE TRÁFEGO.....	32
2.4.1 Contagem de Tráfego	32
2.5 VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DE INTERSEÇÕES.....	33
2.5.1 Capacidade da Via.....	33
2.5.2 Níveis de Serviço	34
2.5.3 Procedimento Analítico em Rótulas	35
2.6 PROCEDIMENTO ANALÍTICO EM SEMÁFOROS.....	45
2.6.1 Diagrama de estágio.....	45
2.6.2 Diagrama de intervalos de barras.....	46
2.6.3 Metodologias de Análise de Desempenho em Interseções com Semáforos ..	46
2.6.4 Nível de Serviço em Interseções com Semáforos	47
3 METODOLOGIA.....	48

3.1 OBJETO DE ESTUDO.....	48
3.2 FLUXOGRAMA DA PESQUISA.....	51
3.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	52
4 RESULTADOS E DISCUÇÕES	54
4.1 PROJEÇÃO DE POPULAÇÃO	54
4.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO DO CENÁRIO ATUAL DAS INTERSEÇÕES ...	58
4.2.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lentsch	59
4.2.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas ..	66
4.2.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná.....	72
4.2.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Júlio Silvestre	75
4.2.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guaíra	81
4.2.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro.....	84
4.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS SUGESTÕES PARA DEMANDAS ATUAIS	
89	
4.3.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lentsch	89
4.3.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas ..	92
4.3.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná.....	95
4.3.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Júlio Silvestre	99
4.3.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guaíra	103
4.3.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro.....	103
4.4 ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS SUGESTÕES PROPOSTAS EM CENÁRIOS	
FUTUROS DE 5 E 10 ANOS.....	106
4.4.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lensch	107
4.4.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas ..	108
4.4.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná.....	109
4.4.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Moacir Júlio Silvestre .	110
4.4.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guaíra	111
4.4.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro.....	112
4.4.7 Análise da Proposta.....	113
4.5 ANÁLISE DE CAPACIDADE E DEMANDA MEDIDA EM PESSOAS	113
4.5.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lensch	113
4.5.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas ..	115
4.5.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná.....	116
4.5.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Moacir Júlio Silvestre .	116
4.5.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guaíra	117
4.5.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro.....	118
4.6 PROPOSTA PARA MELHORIA DA CAPACIDADE PARA O ANO DE PROJETO	
118	
5 CONCLUSÃO.....	126
REFERÊNCIAS.....	128
ANEXO A - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 01.....	131
ANEXO B - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 02.....	132

ANEXO C - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 03.....	133
ANEXO D - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 04.....	134
ANEXO E - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 05.....	135
ANEXO F - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 06.....	136

1 INTRODUÇÃO

A população rural viu nos centros urbanos uma oportunidade para melhorar a qualidade de vida, devido à variedade de empregos oferecidos nas regiões urbanas, da infraestrutura e serviços de fácil acesso, situações que não eram encontradas nos ambientes rurais e começavam a aparecer nos ambientes urbanos.

Nas últimas seis décadas, ocorreram migrações das zonas rurais para as zonas urbanas, o que conseqüentemente gerou o crescimento das cidades brasileiras. Tal situação pode ser observada nos dados coletados pelo IBGE (2010) em que a população urbana brasileira foi de 45,08% em 1960 para 84,36% em 2010. Evento este que ocasionou o aumento das aglomerações urbanas sem o preparo para a ideal acomodação da crescente população.

Segundo Mota (1999, p. 17) para que seja proporcionado uma mínima condição de vida para os habitantes da cidade, o aumento da população deve ser acompanhado do crescimento de toda a infraestrutura da cidade. Ainda segundo o mesmo autor, é necessário que o crescimento urbano seja ordenado para que as conseqüências deste crescimento não afetem o meio ambiente e se torne prejudicial aos habitantes. Porém, o desenvolvimento dos centros urbanos está bem distante do cenário ideal apresentado por Mota.

A falta do planejamento nas cidades acaba gerando graves conseqüências para o meio ambiente e para os próprios cidadãos, tais como: poluição atmosférica, terrestre e hídrica; inversão térmica, dificultando a circulação do ar; efeito estufa; congestionamento no trânsito; falta de infraestrutura para atender a população e outros fatores.

Nos últimos anos, a cidade de Guarapuava vem recebendo diversos investimentos de iniciativas públicas e privadas como a implantação do bairro planejado Cidade Dos Lagos, ampliação significativa do setor universitário, ampliação dos setores de comércio, indústria e serviços e intervenções político-econômicas expressivas impondo grande transformação no município.

Estas são ações que produzirão grande impacto no cotidiano do município. E tratando-se de fluxo de pessoas, estas ações geram conseqüências diretas nas vias urbanas da cidade. Como a Avenida Manoel Ribas é o principal elemento de transporte dos habitantes da cidade no sentido, o estudo orientado

a esta via é de extrema importância para que os deslocamentos dos cidadãos sejam realizados com segurança e eficiência.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tempo que se leva para o deslocamento nas cidades vem aumentando significativamente ao longo dos anos. Os motoristas ficam cada vez mais estressados para a realização de suas atividades. Situação que reduz a qualidade de vida dos moradores da cidade.

O congestionamento nas vias urbanas impacta diretamente no setor econômico da cidade, pois, as atividades que dependem do fluxo urbano são prejudicadas devido ao fluxo lento nessas vias, gerando como consequência um aumento no custo desses serviços causado pelo tempo perdido e ao aumento no consumo de combustível, causando significativa lentidão no funcionamento da cidade, impactando a economia e a população.

Além dos aspectos sociais e econômicos apresentados, este trânsito descontrolado gera consequências sobre as questões ambientais. Quanto maior o tráfego nas vias, maior o tempo que os veículos permanecem nelas emitindo poluentes na atmosfera, afetando a qualidade do ar e do meio ambiente. Por esses fatores a realização deste estudo de caso na avenida mais congestionada da cidade de Guarapuava se torna de grande importância.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema sobre planejamento urbano é muito vasto e complexo pelas diversas áreas que compreendem este assunto. Este trabalho terá como foco a análise das interseções das vias públicas mais congestionadas da Avenida Manoel Ribas do município de Guarapuava. O estudo será delimitado a análise de desempenho das interseções citadas no ano presente e de projeto, a coleta dos dados de entrada necessários para o procedimento analítico, como: contagem volumétrica, desenho geométrico das interseções e tempos de ciclos semaforicos e ao levantamento teórico que sustente a idealização de um cenário

adequado ao fluxo de pessoas dentro do perímetro urbano levando em consideração os aspectos característicos da cidade.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários, e serão apresentados nos próximos itens.

1.3.1 Objetivo Principal

Propor ações corretivas e melhorias para o sistema de tráfego urbano na Avenida Manoel Ribas.

1.3.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- Caracterizar as interseções de tráfego urbano da Avenida Manoel Ribas do município de Guarapuava-PR, quanto à geometria da via e quanto ao tipo de interseção;
- Analisar o fluxo de veículos e classificar seu impacto no congestionamento;
- Estudar a possibilidade de intervenções para o melhorar o desempenho das interseções;
- Comparar o desenvolvimento da alternativa proposta e da situação presente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica compreende o estudo desenvolvido para a realização do objetivo do trabalho. É apresentado primeiramente conceitos de urbanização e planejamento urbano, seguido do que é o sistema viário e elementos relacionados a este, como as vias, interseções. Nos próximos tópicos é estudado os tipos de interseções, movimentos realizados nelas e outras características, o volume de tráfego e como é feita sua contagem, capacidade de fluxo e os métodos para cálculo, e os níveis de serviço.

2.1 URBANIZAÇÃO E PLANEJAMENTO URBANO

Segundo SAMPAIO (2017, p. 18) as cidades nasceram após a formação de aldeias, mas os aspectos que fazem com que uma região onde se habitam pessoas denomine-se cidade, é o surgimento de diferentes tipos de serviços não ligados à agropecuária, como: a fabricação e o comércio de artefatos, serviços religiosos, medicinais e militares. Assim caminhando a sociedade para se tornar capaz de evoluir e conduzir sua própria evolução. E a cidade é o centro desse desenvolvimento humano no ambiente urbano.

A urbanização é o fenômeno que retrata a transição do espaço rural para o espaço urbano. Como consequência deste processo, a população do local cresce, bem como sua extensão territorial. E quando este fenômeno cresce desordenada e demasiadamente, maior o desafio de gestão das cidades CASILHA; CASILHA (2012, p. 9).

Ainda segundo CASILHA; CASILHA (2012, p. 10), independentemente da localização geográfica de uma cidade ela deve ser organizada de modo que as preocupações surgidas pelo crescimento desenfreado das áreas urbanas sejam amparadas por um conjunto de medidas organizacionais.

Para o CNM (2008, p. 20) o Planejamento Urbano tem como objetivo provocar a melhoria da qualidade de vida da população, através de processos de produção, estruturação, organização e apropriação da região urbana. Quando bem utilizado, o Planejamento Urbano, pode-se ser utilizado para a prevenção e

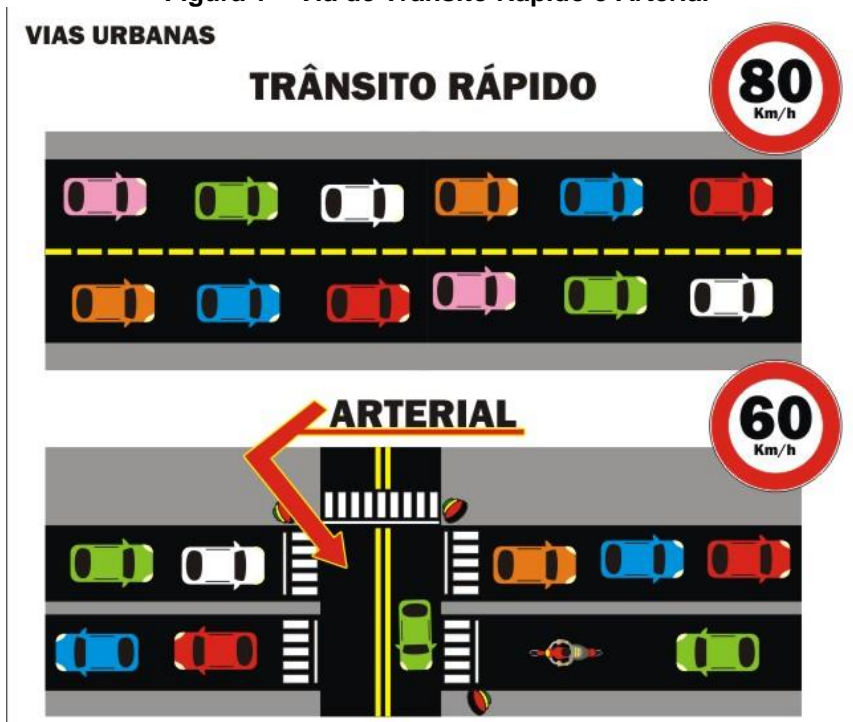
solução dos problemas relacionados ao uso do território urbano pelos chefes administrativos das cidades.

2.2 SISTEMAS VIÁRIOS

Para o CTB (2013, p. 11) sistema viário, ou trânsito, define-se como a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga.

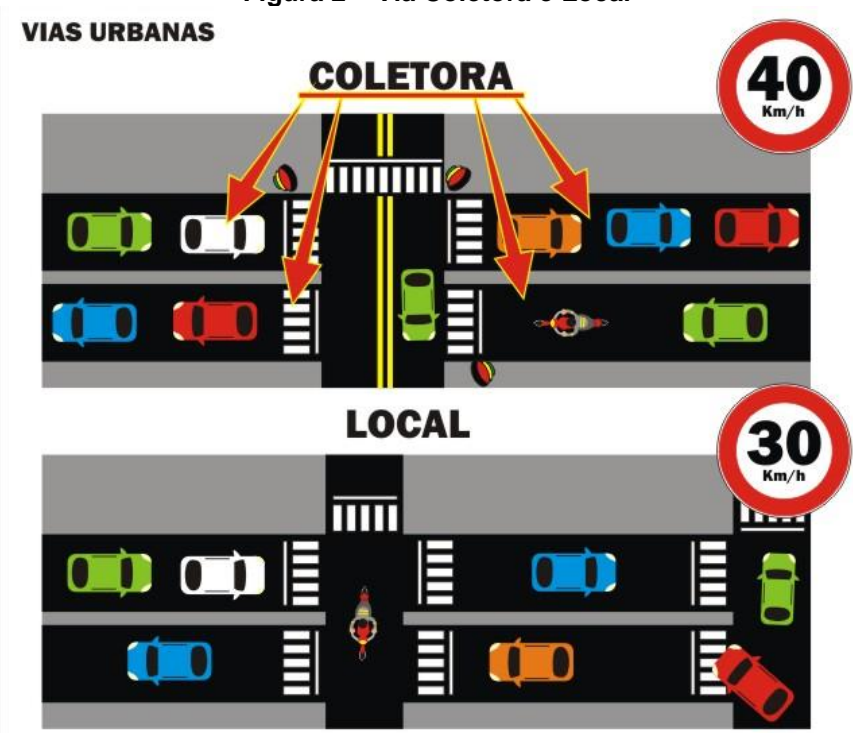
O CTB (2013) divide as vias em dois tipos, as vias urbanas e vias rurais. As vias urbanas são as ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão e são classificadas em vias de: trânsito rápido, arterial, coletora e local. Já as vias rurais classificam-se em: rodovias e estradas. Sendo que a definição para os tipos de vias urbanas são: as vias de trânsito rápido são caracterizadas pelo trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível; as vias arteriais apresentam interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade; as vias coletoras têm como função coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade e as vias locais são caracterizadas por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas. A conexão e a hierarquização de acordo com a função e características entre os diferentes tipos de vias urbanas podem ser visualizadas na figura 1 e 2.

Figura 1 – Via de Trânsito Rápido e Arterial



Fonte: DETRAN (2007)

Figura 2 – Via Coletora e Local



Fonte: DETRAN (2007)

Ainda segundo o CTB (2013) as velocidades máximas permitidas tanto nas vias rurais como urbanas são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Velocidade Máxima nos Diferentes Tipos de Vias

TIPO DE VIA		VELOCIDADE MÁXIMA
URBANA	Vias de Trânsito Rápido	80 km/h
	Vias Arteriais	60 km/h
	Vias Colaterais	40 km/h
	Vias Locais	30 km/h
RURAL	Rodovias de Pista Dupla	110 km/h (automóveis, comionetas e motocicletas)
		90 km/h (demais veículos)
	Rodovias de Pista Simples	100 km/h (automóveis, comionetas e motocicletas)
		90 km/h (demais veículos)
	Estradas	60 km/h

Fonte: CTB (2013)

2.3 INTERSEÇÕES

Interseção é definida como sendo todo cruzamento em nível, entroncamento ou bifurcação, incluindo as áreas formadas por tais cruzamentos, entroncamentos ou bifurcações CTB (2013). Segundo Albano (2007), as interseções urbanas ocupam 19% da área pavimentada e nelas ocorrem 78% dos acidentes, portanto é considerada uma área crítica do tráfego urbano.

2.3.1 Tipos de Interseções

São diversos os fatores que influenciam na escolha do tipo de uma interseção, dentre eles, o volume de tráfego, os tipos de veículos que trafegam a via, condições locais e o custo para implantação de determinado tipo de interseção merecem destaque. Basicamente há dois grandes grupos definidos em função dos planos que se realizam os movimentos de cruzamento: Interseções em Nível e Interseções em Níveis diferentes segundo DNIT (2005, p. 89).

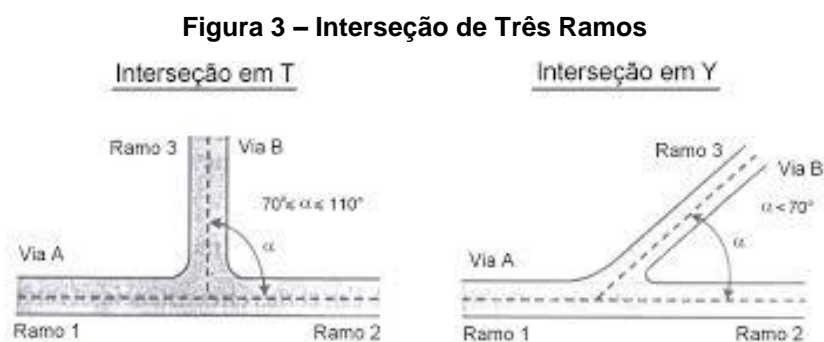
2.3.1.1 Interseção em nível

Segundo o DNIT (2005) as interseções em nível podem ser definidas quanto ao número de ramos, a soluções adotadas e ao controle de sinalização.

Quanto ao número de ramos as interseções em nível são classificadas em interseções de: três ramos, quatro ramos e ramos múltiplos. Quanto a soluções adotadas as interseções são classificadas em: mínima, gota, canalizada, rótula e rótula vazada. E quanto ao controle de sinalização as interseções são classificadas em: sem sinalização semafórica e com sinalização semafórica.

2.3.1.1.1 Interseção de três ramos

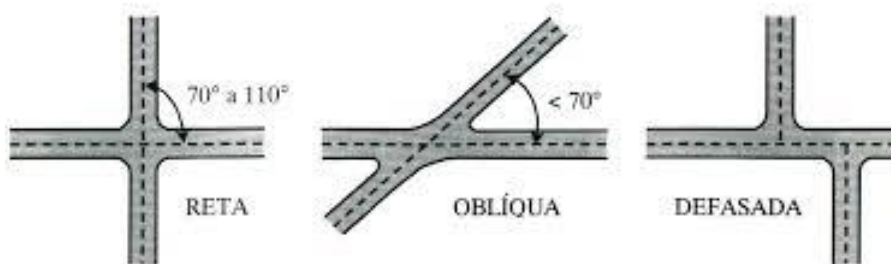
Conforme ALBANO (2007) as interseções de três ramos são chamadas de interseções em T ou em Y. Ocorrem quando uma via intercepta outra sem que haja o prolongamento da via após a interseção. Quando o ângulo entre as vias estiver entre 70° e 110° a interseção é T e quando o ângulo está fora deste intervalo a interseção é em Y conforme figura 3.



2.3.1.1.2 Interseção de quatro ramos

As interseções de quatro ramos podem ser retas, oblíquas ou assimétricas (defasadas). Assim como as interseções em T, as interseções retas seguem o mesmo conceito, o ângulo entre as vias deve estar no intervalo de 70° a 110° . E a regra para as interseções em Y vale para as interseções oblíquas. As interseções assimétricas ocorrem quando uma das vias não é contínua ou dois ramos são desalinhados. A figura 5 mostra os três tipos das interseções de quatro ramos (ALBANO, 2007).

Figura 4 – Interseção de Quatro Ramos

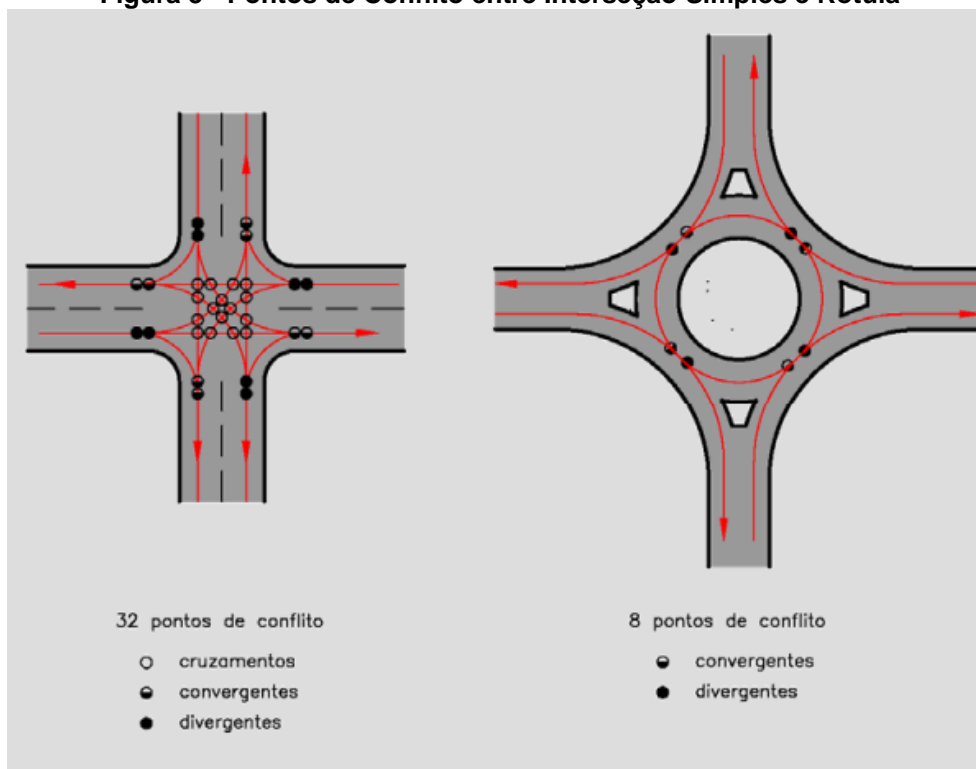


Fonte: Albano (2007)

2.3.1.1.3 Interseção com rótulas

Segundo o DNIT (2005, p. 178) a primeira interseção rotatória de sentido único foi construída em 1904 nos Estados Unidos. Porém caiu em desuso em razão dos problemas de capacidade causados pela ausência de regras de prioridade entre os veículos que chegam a rotatória e os veículos que a circulam. A partir de 1990 começou a surgir rótulas com nova concepção de circulação, em que é dada preferência ao tráfego circulando na rotatória, obrigando o veículo que chega a esperar o momento adequado para entrar no fluxo. Diversos estudos mostram que rótulas reduzem o número e a intensidade dos acidentes nas interseções em que são aplicadas. Esta redução de acidentes, quando comparadas com interseções simples, pode ser relacionada à redução dos pontos de conflitos entre as duas configurações de interseções conforme a figura 5.

Figura 5 - Pontos de Conflito entre Interseção Simples e Rótula



Fonte: DNIT (2015)

Ainda segundo o DNIT (2005, p. 183) é considerado rótula moderna a rótula que possui as seguintes características: prioridade para o tráfego que está circulando na rótula e deflexão do tráfego de entrada. E para essas rótulas a largura da pista de circulação deve ser pelo menos igual à pista de entrada.

2.3.1.1.4 Interseção com sinalização semafórica

As interseções com sinalização semafórica têm como principal função organizar o fluxo de tráfego e aumentar a capacidade da interseção em relação a interseção sem sinalização semafórica. A figura 6 representa esta interseção.

Figura 6 – Interseção com Semáforo

Fonte: (CUIABAMT300, 2017)

2.3.1.2 Interseção em níveis diferentes

Segundo o DNIT (2005, p. 93) as interseções em níveis diferentes podem ser de dois tipos gerais: cruzamento em níveis diferentes sem ramos, ocorre quando não há trocas de fluxo de tráfego entre as rodovias que se interceptam e cruzamento em níveis diferentes com ramos (interconexão), é quando além do cruzamento em níveis diferentes, a interseção possui ramos que conduzem os veículos de uma via à outra. A figura 7 mostra os dois tipos de interseções em níveis diferentes, a interconexão e a interseção sem ramos.

Figura 7 – Interseções em Níveis Diferentes

Fonte: AUTOR(2019)

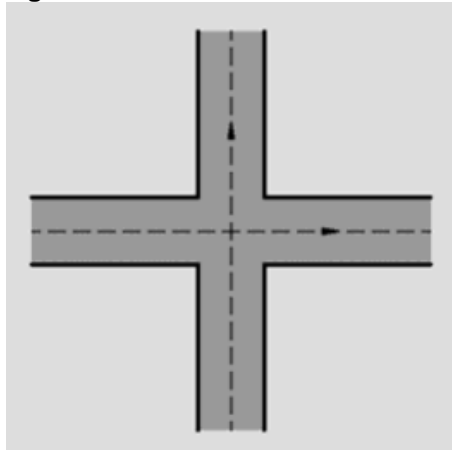
2.3.2 Movimentos em Interseções

O deslocamento entre um ponto ao outro da cidade pode ser feito por diferentes tipos de trajetos. Para a realização destes trajetos, existe a necessidade de mudança de via e as opções que o motorista pode optar para a realização do trajeto será definido nas interseções, e as diferentes opções que ele pode operar nas interseções são chamadas de movimentos. Segundo o DNIT (2005, p. 162) estes movimentos se classificam em movimentos: de cruzamento, convergentes, divergentes e de entrecruzamento. A descrição do DNIT para cada um dos itens segue na sequência.

2.3.2.1 Movimentos de cruzamento

Os movimentos de cruzamento ocorrem quando a trajetória dos veículos de uma corrente corta a trajetória dos veículos de outra corrente conforme figura 8. Para a realização do movimento, o fluxo de tráfego de uma via deve ser interrompido ou passar pelos intervalos que surgem no outro fluxo.

Figura 8 – Movimento de Cruzamento



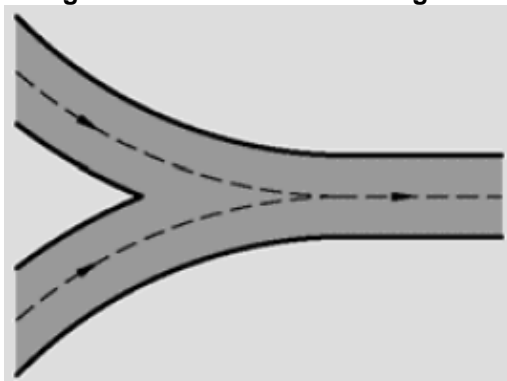
Fonte: DNIT (2015)

2.3.2.2 Movimentos convergentes

Já esses movimentos ocorrem quando as trajetórias dos veículos de duas ou mais correntes se juntam para formar uma única como mostrado na

figura 9. Para a execução do movimento é preciso regular o direito de passagem dos veículos que convergem ou esperar por intervalos adequados na outra linha de fluxo.

Figura 9 – Movimento Convergente

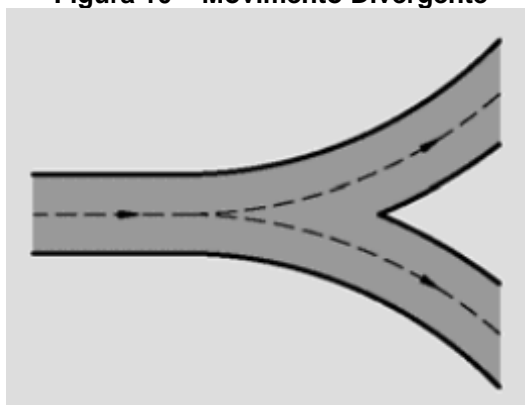


Fonte: DNIT (2015)

2.3.2.3 Movimentos divergentes

Este movimento ocorre quando os veículos de uma mesma corrente se separam em trajetórias diferentes conforme figura 10. É um movimento simples quando os veículos que divergem são livres para executar a manobra, sem a necessidade de aguardar oportunidade para realizar a manobra e um pouco mais cuidadoso, quando deve se reduzir a velocidade para a execução do movimento, mas mesmo assim não é necessária a interrupção.

Figura 10 – Movimento Divergente

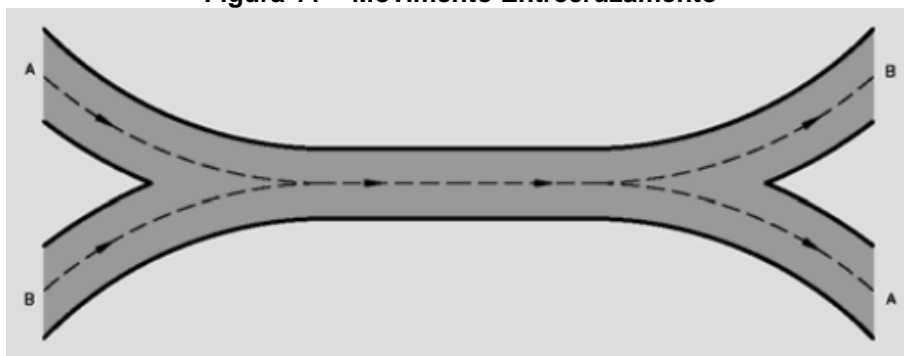


Fonte: DNIT (2015)

2.3.2.4 Movimentos entrecruzamento

Ocorre quando duas ou mais correntes diferentes se combinam formando uma corrente única e depois se separam em trajetórias independentes conforme figura 11. Este movimento pode ser interpretado como uma união do movimento convergente e do movimento divergente. Onde no início do movimento as correntes convergem para uma corrente única e no final do movimento a corrente diverge em trajetórias diferentes.

Figura 11 – Movimento Entrecruzamento



Fonte: DNIT (2015)

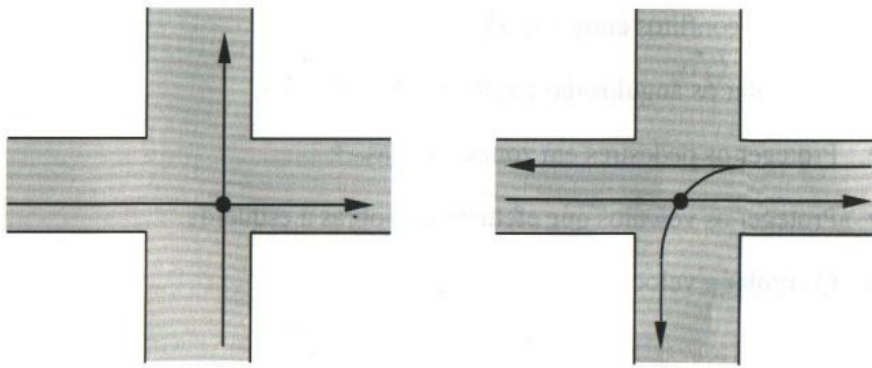
2.3.3 Conflitos em Interseções

O DNIT (2005, p. 164) define os pontos de conflito como sendo os locais em que ocorrem os encontros ou divisões dos movimentos descritos no item anterior. Os pontos de conflitos se classificam em: conflitos de cruzamento, conflitos de convergência e conflitos de divergência.

2.3.3.1 Conflito de cruzamento

O conflito de cruzamento é derivado dos movimentos de cruzamento e também é o conflito que gera acidentes mais perigosos pois as trajetórias dos veículos formam um ângulo muito grande entre si. A figura 12 mostra duas situações de ocorrência deste conflito.

Figura 12 – Pontos de Conflitos de Cruzamento

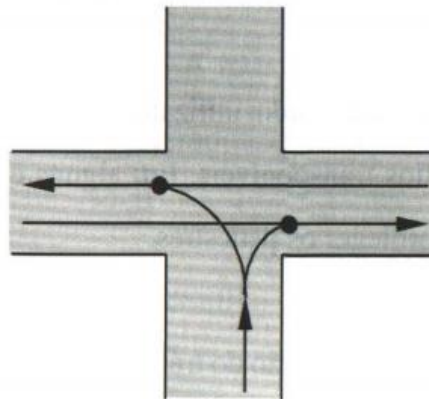


Fonte: Noções Sobre Interseções (2001)

2.3.3.2 Conflito de convergência

É o conflito derivado dos movimentos convergentes e dos movimentos de entrecruzamento. Na figura 13 é apresentado um ponto de conflito para conversão a direita e outro para conversão a esquerda.

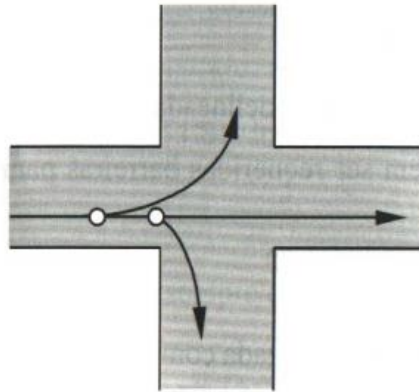
Figura 13 – Conflitos Convergentes



Fonte: Noções Sobre Interseções (2007)

2.3.3.3 Conflito de divergência

O conflito de divergência é derivado dos movimentos convergentes e dos movimentos de entrecruzamentos. Na figura 14 é apresentado um ponto de conflito para conversão a direita e outro para conversão a esquerda.

Figura 14 – Conflitos Divergente

Fonte: Noções Sobre Interseções (2007)

2.4 VOLUME DE TRÁFEGO

Para MACEDO (2005, p. 51) o volume de tráfego é um dos aspectos mais importantes a ser levado em consideração para o processo de seleção da solução a implementar. Este representa o nível de procura a qual a interseção estará sujeita em seu período de utilização. Em primeiro lugar procede-se a caracterização da procura, que é feita através da quantificação do cenário mais provável, ou seja, da quantificação dos volumes por sentido e horário de tráfego para os períodos de ano de projeto. Para interseções existentes a caracterização de procura é feita normalmente através de contagens de tráfego, onde é levantado os volumes de tráfego nos 15 minutos mais carregados da hora de ponta num dia normal de semana. Depois esses valores são extrapolados através das taxas anuais de crescimento de tráfego para o ano de projeto.

Segundo o DNIT (2010, p. 57) é definido como sendo o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo. É expresso normalmente em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph).

2.4.1 Contagem de Tráfego

Para realizar o levantamento do volume de tráfego é realizado a contagem volumétrica que é a quantificação do volume de veículos que trafega

por um determinado trecho da malha viária, durante um determinado intervalo de tempo segundo o DNIT (2006, p. 101).

Segundo COELHO (2016, p. 29) as contagens volumétricas são classificadas em três tipos de contagens: globais, que não registram o sentido trajeto dos veículos; direcionais, que identificam o sentido de fluxo e as classificatórias que além de registrar o sentido do fluxo, registra também o volume de tráfego para cada tipo ou classe de veículo.

Segundo DNIT (2006, p. 101) a contagem pode ser feita de duas formas: manual ou automática. A contagem manual é ideal para a classificação de veículos, análise de movimentos em interseções e contagens em rodovias com muitas faixas. É levantada por pesquisadores, com auxílio de fichas e contadores manuais. Já a contagem automática é feita através de contadores automáticos de diversos tipos, em que os veículos são detectados através de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, células fotoelétricas, etc.

COELHO (2006, p. 32) levanta vantagens e desvantagens para as duas maneiras que a contagem é feita. A contagem ser feita manualmente tem como vantagem o maior número de informações, grande flexibilidade, simplicidade e rapidez, porém tem como fatores negativos a limitação de cobertura e o custo. Já a contagem automática tem como vantagem o baixo custo/hora e a amplitude de tempo de cobertura e desvantagem a falta de informação e o investimento inicial.

2.5 VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DE INTERSEÇÕES

2.5.1 Capacidade da Via

Capacidade para o DNIT (2010, p. 30) é definido pelo número máximo de veículos que pode passar por um determinado trecho de uma faixa ou pista durante um período de tempo especificado, sob determinadas condições existentes da via e do tráfego, usualmente expressa em veículos por hora ou unidades de carros de passeio por hora.

O objetivo da determinação da capacidade segundo o DNIT (2006, p. 263) de uma via é quantificar o seu grau de suficiência para acomodar os volumes de trânsito existentes e previstos, permitindo a análise técnica e econômica de medidas que asseguram o escoamento daqueles volumes em condições aceitáveis. Ela é expressa pelo número máximo de veículos que pode passar por uma determinada faixa de tráfego ou trecho de uma via durante um período de tempo estipulado e sob as condições existentes da via e do trânsito.

2.5.2 Níveis de Serviço

Segundo HOEL (2017, p. 126) o conceito de capacidade está intimamente ligado ao de nível de serviço (NS). Nosso interesse não está simplesmente na determinação da capacidade da via mas também em quantificar a qualidade ou nível de serviço que aquela via oferece. A qualidade de operação de uma determinada instalação está intimamente ligada ao fluxo ou ao nível de utilização do objeto. Quando em uma via há apenas alguns veículos, os motoristas ficam livres para trafegar em qualquer velocidade, considerando as condições do veículo e da via. A medida que o fluxo da via aumenta, os veículos se aproximam, surgem os congestionamentos, e as velocidades em que os veículos podem viajar são reduzidas, afetando assim a qualidade das operações.

Segundo o DNIT (2005, p. 200) os níveis de serviço são classificados de A à F. São eles:

Nível A: A maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso.

Nível B: A capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos.

Nível C: Os motoristas da corrente secundária têm que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal. Os tempos de espera são sensíveis. Começam-se a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração.

Nível D: A maioria dos motoristas da corrente secundária é forçada a efetuar paradas, com sensível perda de tempo. Para alguns dos veículos os tempos de espera podem ser elevados. Mesmo que se formem retenções de extensões maiores, elas voltam a se reduzir. O movimento do tráfego permanece estável.

Nível E: Formam-se retenções de veículos, que não se reduzirão enquanto permanecerem os mesmos volumes de tráfego. Os tempos de espera tornam-se muito elevados. Pequenos aumentos das interferências entre veículos podem provocar colapso do tráfego. Foi atingida a capacidade.

Nível F: O número de veículos que chegam à interseção durante um longo intervalo de tempo é superior à capacidade. Formam-se longas e crescentes filas de veículos, com elevados tempos de espera. Esta situação é aliviada apenas com sensível queda dos volumes de tráfego. A interseção está sobrecarregada.

2.5.3 Procedimento Analítico em Rótulas

Alguns fatores são necessários para o procedimento dos cálculos, assim como: o volume do tráfego de automóveis de cada movimento de interseção em intervalo de 15 minutos ou 1 hora do horário de pico; o volume de pedestres (se houver) durante o mesmo período de tempo; porcentagem de veículos pesados nesse intervalo; número de faixas em cada via de entrada e na via de circulação; ordenação dos movimentos dos veículos tanto na via de entrada da interseção como na via de circulação da rótula, como elemento de sinalização. Em seguida é mostrado o passo a passo do Método HCM 2010.

Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

As taxas de fluxo por movimento são determinadas conforme a equação

1.

$$v_i = \frac{V_i}{PHF} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$$v_i = \text{taxa da demanda por movimento } i \left(\frac{\text{veh}}{h} \right)$$

$$V_i = \text{volume da demanda por movimento } i \left(\frac{\text{veh}}{h} \right)$$

PHF = fator horário de pico

Como o fluxo de veículos não é uniforme no tempo, pois a comparação de contagens de quatro períodos consecutivos de quinze minutos, mostra que são diferentes entre si, o volume utilizado para os cálculos será obtido em função do “Fator Horário de Pico” (FHP). Fator este que mede a variação dessas medições e mostra o grau de uniformidade do fluxo.

$$PHF = \frac{VHP}{4 \cdot v_{max}} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

PHF = fator horário de pico

VHP = volume da hora de pico

v_{max} = maior volume do intervalo de 15 minutos da hora de pico

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

A taxa de fluxo de cada movimento deve ser ajustada para um tipo de veículo próprio para o desenvolvimento de cálculo usando fatores fornecidos na tabela 2.

Tabela 2 – Equivalência em Carro de Passeio, ET

Tipo do veículo	Equivalente de carro de passeio
Carro de passeio	1.0
Veículo pesado	2.0

Fonte: Adaptado TRB (2010)

Os cálculos para levar em consideração esses fatores seguem nas equações 3 e 4.

$$v_{i,pce} = \frac{v_i}{f_{hv}} \quad \text{Equação (3)}$$

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + P_T \cdot (E_T - 1)} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

$v_{i,pce} :=$ taxa de fluxo por movimento i $\left(\frac{pc}{h}\right)$;

$pc :=$ veículo de passeio;

$v_i :=$ taxa da demanda por movimento i $\left(\frac{veh}{h}\right)$;

$veh :=$ veículo;

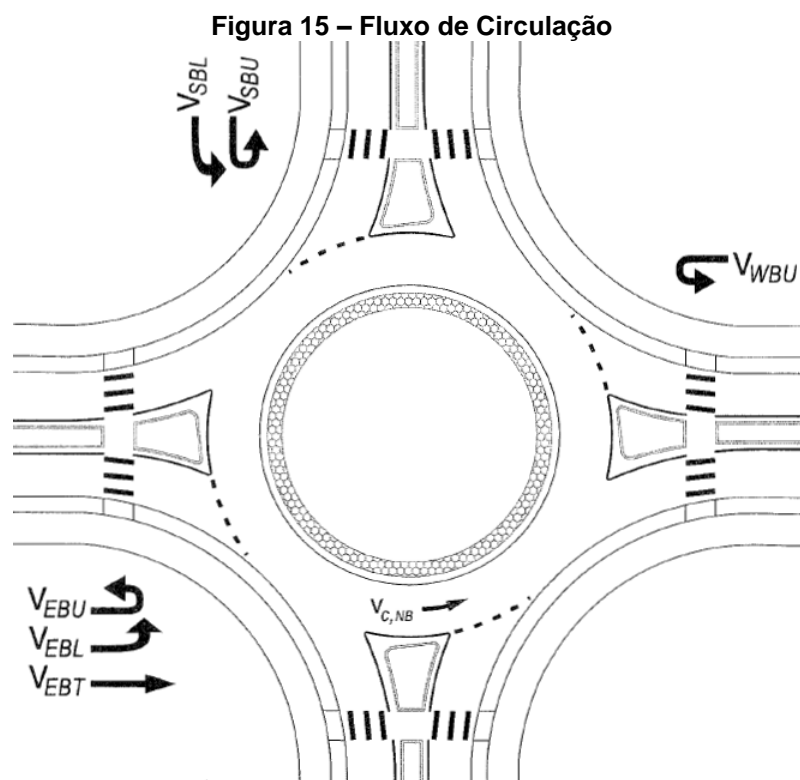
$f_{hv} :=$ fator de ajuste para veículos pesados;

$P_T :=$ proporção de veículos pesados no fluxo de tráfego;

$E_T :=$ equivalente de veículos pesados em automóveis de passageiros

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

Segue na figura 15 o fluxo de circulação de direção norte como exemplo.



Fonte: TRB (2010)

$$v_{c,NB,pce} = v_{WBU,pce} + v_{SBL,pce} + v_{SBU,pce} + v_{EBT,pce} + v_{EBL,pce} + v_{EBU,pce}$$

Equação (5)

Onde:

$v_{c,NB,pce} =$ taxa de fluxo de circulação direção norte

$v_{WBU,pce}$ = taxa de fluxo direção oeste movimento de retorno

$v_{SBL,pce}$ = taxa de fluxo direção sul movimento à esquerda

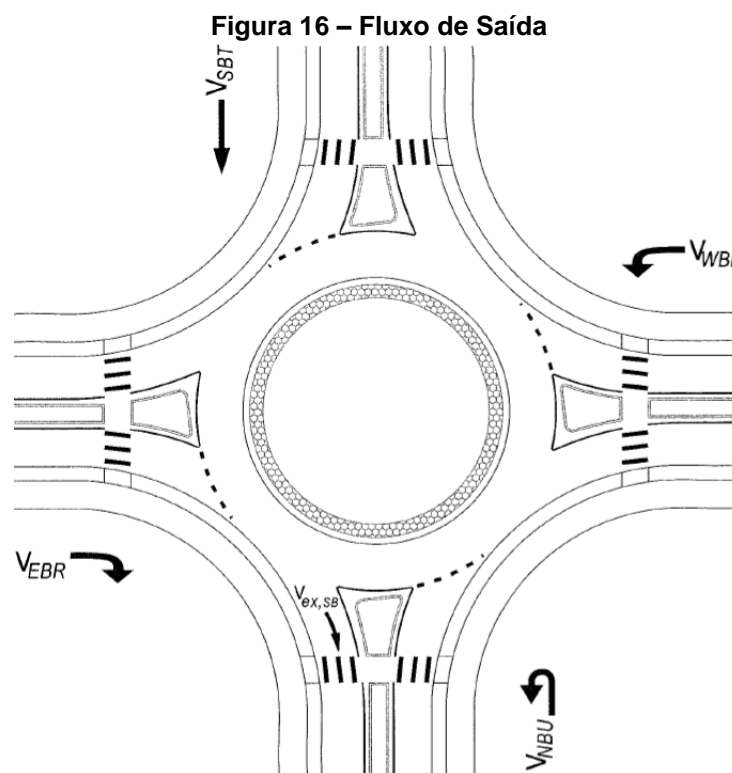
$v_{SBU,pce}$ = taxa de fluxo direção sul movimento de retorno

$v_{EBT,pce}$ = taxa de fluxo direção leste movimento de transposição

$v_{EBL,pce}$ = taxa de fluxo direção leste movimento à esquerda

$v_{EBU,pce}$ = taxa de fluxo direção leste movimento de retorno

Segue na figura 16 o fluxo de saída de direção sul como exemplo.



Fonte: TRB (2010)

$$v_{ex,pce} = v_{NBU,pce} + v_{WBL,pce} + v_{SBT,pce} + v_{EBR,pce} - v_{EBR,pce,bypass}$$

Equação (6)

Onde:

$v_{ex,SB,pce}$ = taxa de fluxo de saída direção sul

$v_{NBU,pce}$ = taxa de fluxo direção norte movimento de retorno

$v_{WBL,pce}$ = taxa de fluxo direção oeste movimento à esquerda

$v_{SBT,pce}$ = taxa de fluxo direção sul movimento de transposição

$v_{EBR,pce} = \text{taxa de fluxo direção leste movimento à direita}$

$v_{EBR,pce,bypass} = \text{taxa de fluxo direção leste movimento à direita de desvio}$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

A taxa de fluxo de entrada para faixas únicas é a soma da taxa de fluxo de todos os movimentos que usam a entrada. Para múltiplas faixas de entrada ou entrada com faixa de desvio, ou ambas, o seguinte deve ser verificado:

- Se haver uma faixa de desvio à direita, o fluxo que usará a faixa da direita é descontado do cálculo do fluxo de entrada para da rotatória.
- Se apenas uma faixa é disponível para um determinado movimento, o fluxo é atribuído apenas a essa faixa.
- Presume-se que os fluxos restantes sejam distribuídos para as outras faixas, sujeito às restrições impostas por qualquer ordenação determinada.

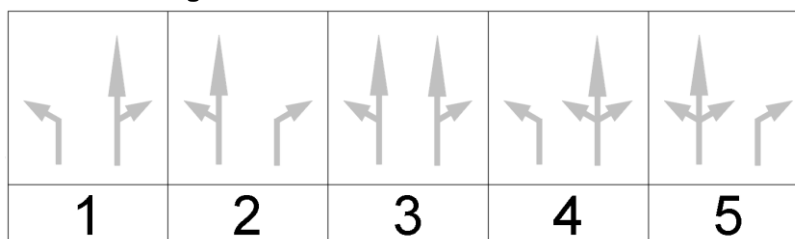
Cinco casos generalizados devem ser verificados com esse procedimento. Segue na tabela 3 os cinco casos e cada um pode ser visualizado na figura 17.

Tabela 3 – Designação de Volumes para Duas Pistas de Entrada

Caso	Designação de pistas assumidas	Pista da esquerda	Pista da direita
1	L, TR	$v_U + v_l > v_T + v_{R,e}$	$v_U + v_l > v_T + v_{R,e}$
2	LT, R	$v_U + v_l > v_T + v_{R,e}$	$v_U + v_l > v_T + v_{R,e}$
3	LT, TR	$(\%LL)v_e$	$(\%RL)v_e$
4	L, LTR	$(\%LL)v_e$	$(\%RL)v_e$
5	LTR, R	$(\%LL)v_e$	$(\%RL)v_e$

Fonte: Adaptado TRB (2010)

Figura 17 – Cinco Casos de Movimento



Fonte: AUTOR (2019)

Nos casos em que o mesmo movimento é realizado em mais de uma faixa a tabela 4 deve ser consultada. É analisado para cada situação, diferentes tipos de condições que irão indicar qual é o caso que as faixas deverão assumir

Tabela 4 – Designação de Pistas

Designações de pistas atribuídas	Designações de pistas assumidas
LT, TR	Se $v_U + v_l > v_T + v_{R,e}$: L, TR Se $v_{R,e} > v_U + v_L + v_T$: LT, R Se não LT, TR
L, LTR	Se $v_T + v_{R,e} > v_U + v_L$: L, TR Se não L, LTR
LTR, R	Se $v_U + v_L + v_T > v_{R,e}$: LT, R Se não LTR, R

Fonte: Adaptado TRB (2010)

Onde:

 v_u = taxa de fluxo de retorno; L := movimento à esquerda; LT := movimento à esquerda e de transposição; TR := movimento de transposição e à direita; LTR := movimento à esquerda, de transposição e à direita; R := movimento à direita;

Definido a atribuição de faixa e a faixa efeito de utilização descrito acima, as taxas de fluxo podem ser atribuídas a cada faixa por usando as fórmulas fornecidas na tabela 5.

Tabela 5 – Valores Assumidos de Utilização de Faixa para Duas Abordagens

Configuração de pista	% de tráfego na pista da direita	% de tráfego na pista da esquerda
LT, TR	0,47	0,53
LTR, R	0,47	0,53
L, LTR	0,53	0,47

Fonte: Adaptado TRB (2010)

Na tabela 5, %RL é a porcentagem do tráfego de entrada usando a faixa da direita e %LL é a porcentagem do tráfego de entrada usando a faixa da esquerda e %RL + %LL = 1.

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para determinar a capacidade de cada pista é utilizada a tabela 6

Tabela 6 – Equações de Capacidade de Faixas de Entrada

Pistas de entrada	Pistas de circulação	Equação da capacidade
2	2	$C_{e,dir,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,pce}}$ $C_{e,esq,pce} = 1.130 * e^{(-0,75*10^{-3})*v_{c,pce}}$
1	2	$C_{e,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,pce}}$
2	1	$C_{e,pce} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*v_{c,pce}} \text{ cada faixa}$
1	1	$C_{e,pce} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*v_{c,pce}}$

Fonte: Adaptado TRB (2010)

Passo 06: Determinar a impedância de pedestres para veículos.

Esse procedimento não foi realizado no trabalho pois sua interferência nos resultados não é significativa e também como é feito a análise de valores de fluxos elevados, os pedestres podem atravessar a via entre os veículos em espera, tornando a interferência do fluxo imprecisa.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

A taxa de fluxo é convertida de volta em veículos por hora através da equação 7.

$$v_i = v_{i,pce} * f_{hv,e} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

$$v_i = \text{taxa de fluxo por faixa } i \left(\frac{veh}{h} \right)$$

$$v_{i,pce} = \text{taxa de fluxo por faixa } i \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$f_{hv,e}$ = fator de ajuste de veículos pesados por faixa

Da mesma forma a capacidade para cada faixa é convertida de volta para veículos por hora como mostrado na equação 8.

$$c_i = c_{i,pce} * f_{hv,e} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

$$c_i = \text{capacidade por faixa } i \left(\frac{veh}{h} \right)$$

$$c_{i,pce} = \text{capacidade por faixa } i \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$f_{hv,e}$ = fator de ajuste de veículos pesados por faixa

O fator de ajuste de veículos pesados para cada faixa de entrada é aproximado pela média ponderada dos fatores de ajuste de veículos pesados de cada movimento de entrada na rotatória (excluindo a passagem de desvio se presente) pela taxa de fluxo, como mostrado na equação 9.

$$f_{HV,e} = \frac{f_{HV,U} * v_{U,pce} + f_{HV,L} * v_{L,pce} + f_{HV,T} * v_{T,pce} + f_{HV,R,e} * v_{R,e,pce}}{v_{U,pce} + v_{L,pce} + v_{T,pce} + v_{T,e,pce}} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

$f_{HV,e}$ = fator de ajuste de veículos pesados para cada faixa de entrada

$f_{HV,i}$ = fator de ajuste de veículos pesados por movimento i

$v_{i,pce}$ = taxa de fluxo por movimento i $\left(\frac{pc}{h} \right)$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

$$x_i = \frac{v_i}{c_i} \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

x_i = relação do volume pela capacidade da faixa i analisada

v_i = taxa de fluxo da faixa i analisada $\left(\frac{veh}{h}\right)$

c_i = capacidade por faixa i $\left(\frac{veh}{h}\right)$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

O controle médio de atraso para cada faixa de entrada pode ser calculado através da equação 11.

$$d = \frac{3.600}{c} + 900 * T * \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{(3.600) * x}{450 * T}} \right] + 5 * \min[x, 1] \quad \text{Equação (11)}$$

Onde:

d = atraso médio de controle $\left(\frac{s}{veh}\right)$

x = relação do volume pela capacidade da faixa analisada

c_i = capacidade da faixa analisada $\left(\frac{veh}{h}\right)$

T = período de tempo (h) ($T = 0,25$ h por 15 minutos analisados)

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

Uma vez que os controles médios de atraso estão definidos, eles são verificados na tabela 7 e relacionados ao nível de serviço correspondente.

Tabela 7 – Classificação de Nível de Serviço para Rótulas

Controle de atraso (s/veh)	Relação entre o volume e a capacidade	
	$v/c \leq 1,0$	$v/c > 1,0$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F

>35-50	E	F
>50	F	F

Fonte: Adaptado TRB (2010)

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

O controle de atraso para uma entrada é calculado pela média ponderada de atraso de cada faixa na entrada, pelo volume de cada faixa. O cálculo é mostrado na equação 12. O volume na faixa de desvio deve ser incluído no cálculo do atraso.

$$d_{entrada} = \frac{d_{LL} * v_{LL} + d_{RL} * v_{RL} + d_{desvio} * v_{desvio}}{v_{LL} + v_{RL} + v_{desvio}} \quad \text{Equação (12)}$$

Onde:

$$d_{LL} = \text{controle de atraso da pista da esquerda} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$v_{LL} = \text{taxa de fluxo da pista da esquerda} \left(\frac{veh}{h} \right)$$

$$d_{RL} = \text{controle de atraso da pista da direita} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$v_{RL} = \text{taxa de fluxo da pista da direita} \left(\frac{veh}{h} \right)$$

$$d_{desvio} = \text{controle de atraso da pista de desvio} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$v_{desvio} = \text{taxa de fluxo da pista de desvio} \left(\frac{veh}{h} \right)$$

O controle de atraso para a rótula como um todo é calculado pela média ponderada de atraso de cada entrada, pelo volume de cada entrada. O cálculo é mostrado na equação 13.

$$d_{interseção} = \frac{\sum d_i * v_i}{\sum v_i} \quad \text{Equação (13)}$$

$$d_{interseção} = \text{controle de atraso para a interseção inteira} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_i = \text{controle de atraso para o acesso } i \left(\frac{s}{veh} \right)$$

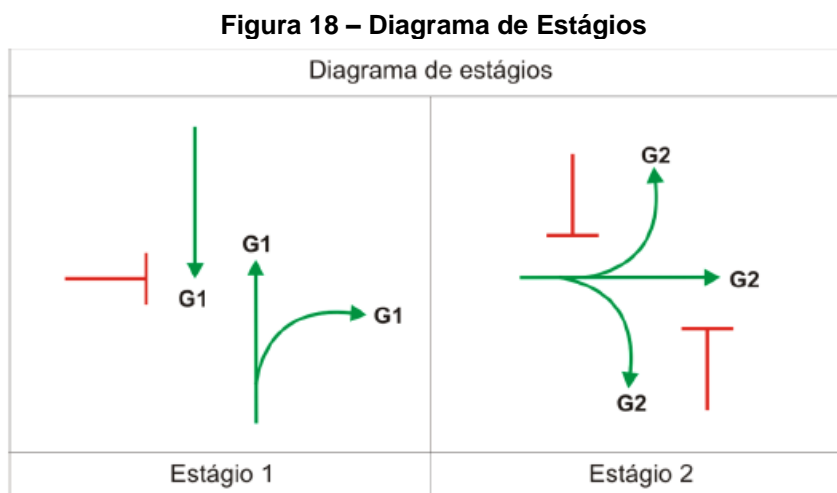
$$v_i = \text{taxa de fluxo para o acesso } i \left(\frac{\text{veh}}{h} \right)$$

2.6 PROCEDIMENTO ANALÍTICO EM SEMÁFOROS

Para a análise de desempenho de um semáforo foi utilizado o *software* VISSIM de simulação, pois apresenta os resultados conforme o método HCM 2010. Será comentado alguns aspectos fundamentais para a compreensão da entrada de dados necessários para o desenvolvimento da simulação.

2.6.1 Diagrama de estágio

Segundo o DENATRAN (2014) estágio é o intervalo de tempo em que é autorizado a passagem de um ou mais grupos de movimentos, onde a composição de todos os estágios resulta em um ciclo. Por sua vez o diagrama de estágio é a ilustração da alocação dos movimentos a serem realizados, estes, podendo ser motorizados ou não, em cada estágio do ciclo. Segue na figura 18 a representação de um diagrama de estágio.



Fonte: DENATRAN (2014)

2.6.2 Diagrama de intervalos de barras

Segundo DENATRAN (2014) o diagrama de barras ou intervalos luminosos representa a sequência dos intervalos de luz verde, amarela e vermelho e estágios através de barras horizontais como pode ser verificado na figura 19.

Figura 19 – Diagrama de Intervalos Luminosos

DIAGRAMA DE INTERVALOS LUMINOSOS									
INSTANTE (s)	0		30	34	36		74	78	80
G1	[Barra Verde]		[Barra Amarela]	[Barra Vermelha]				[Barra Vermelha]	[Barra Vermelha]
G2	[Barra Vermelha]			[Barra Verde]		[Barra Verde]	[Barra Amarela]	[Barra Vermelha]	[Barra Vermelha]
INTERVALOS	1		2	3	4		5	6	
DURAÇÃO (s)	30		4	2	38		4	2	
% CICLO	38		5	2	48		5	2	
ESTÁGIOS	1			2					

Fonte: DENATRAN (2014)

O tempo de verde é representado pela barra de cor verde, segue a mesma lógica para a cor vermelha e amarela.

2.6.3 Metodologias de Análise de Desempenho em Interseções com Semáforos

No Brasil há diversos estudos realizados para avaliação desse tipo de interseção, entre os mais utilizados estão o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, elaborado pelo DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito em 2014 e o Manual de Projetos de Interseções, 2.ed. (DNIT, 2005). Estes manuais foram desenvolvidos baseados no *Highway Capacity Manual*, desenvolvido pelo *Traffic Research Board* em 2000. Em 2010 o TRB atualizou o manual HCM, porém os manuais brasileiros não sofreram atualizações.

Outro método bem conceituado na área de engenharia de tráfego no Brasil para análise de desempenho de interseções com semáforos é o método

de Webster que foi proposto em 1832 pelo Senador Daniel Webster, mas foi reprovado pela Câmara dos Representantes. Foi adotado mais tarde em 1842 e permaneceu em vigor durante o período de 10 anos.

2.6.4 Nível de Serviço em Interseções com Semáforos

Uma vez calculado o controle de atraso das pistas, a classificação do desempenho das faixas viárias e da interseção como um todo, é feita através da consulta na tabela 8. Tabela apresentada pelo HCM 2010. Os valores que limitam cada nível de serviço são diferentes dos valores apresentados na tabela 7 (tabela de classificação para interseção com rótula).

Tabela 8 - Classificação de Nível de Serviço para Interseções com Semáforos

Controle de atraso (s/veh)	Relação entre o volume e a capacidade	
	$v/c \leq 1,0$	$v/c > 1,0$
0-10	A	F
>10-20	B	F
>20-35	C	F
>35-55	D	F
>55-80	E	F
>80	F	F

Fonte: Adaptado TRB (2010)

3 METODOLOGIA

Esta seção será dividida em objeto de estudo e procedimento metodológico.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Guarapuava, a cidade de estudo deste trabalho, está localizada na região centro-sul do estado do Paraná, mais especificamente no entroncamento da BR-277 e da PR-466, possui, segundo a estimativa do IBGE (2019) uma população de 181.504 habitantes, uma área quadrada de 3.178.659 km², densidade populacional de 53,68 habitantes por km². Possuindo, segundo dados coletados pelo DENATRAN (2018) 111.151 veículos.

O objeto do estudo de caso será a Avenida Manoel Ribas, delimitada desde a BR-277 (Trevo Principal) até a Rua Berlim (Bairro Santana), conforme apresentado na Figura 20. Trata-se de uma Avenida arterial, funcionando como condutor do tráfego no sentido Nordeste-Sudoeste. Ocupa-se em fazer a distribuição de tráfego da principal artéria do sistema viário do município. No trecho analisado a velocidade máxima permitida é de 60 km/h, constituído de radares de aferição de velocidade.



Fonte: Adaptado GOOGLE (2019)

O trabalho será desenvolvido no estudo das interseções da Avenida que mais geram congestionamento. A figura 21 apresenta a rotatória do Moss que nos horários de pico fica congestionada.

Figura 21 – Rotatória do Moss

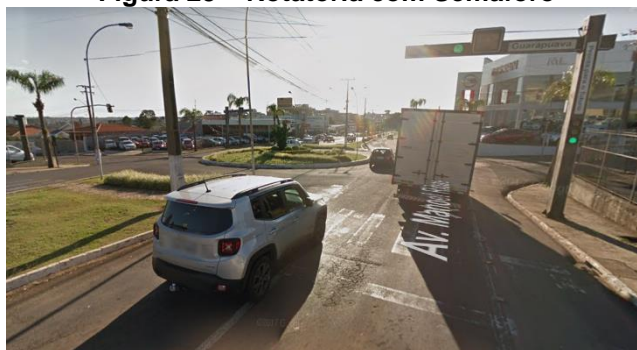
Fonte: Google Earth (2019)

A rotatória do cavalo apresentada na figura 22 é a interseção da Avenida Manoel Ribas com a Avenida Sebastião de Camargo Ribas, que é uma das principais vias responsável por conduzir o tráfego no sentido Noroeste – Sudeste da cidade, gerando com isso elevado tráfego na interseção.

Figura 22 – Rotatória do Cavalo

Fonte: Google Earth (2019)

As ruas Paraná e Elias Zacalusny e a Avenida Moacir Júlio Silvestre também são vias responsáveis pela condução do tráfego no sentido Noroeste - Sudeste assim como a Avenida Sebastião de Camargo Ribas, e em horário de pico as interseções dessas vias com a Avenida Manoel Ribas também apresentam congestionamento. A interseção da Rua Paraná com a Avenida Manoel Ribas é uma interseção com rótula e semáforo como pode ser verificado na figura 23 e a interseção da Avenida Moacir Júlio Silvestre é uma interseção com rótula, pode ser visualizada na figura 24.

Figura 23 – Rotatória com Semáforo

Fonte: Google Earth (2019)

Figura 24 – Trevo do Índio

Fonte: Google Earth (2019)

Outra via responsável por conduzir o tráfego no sentido Noroeste – Sudeste da cidade é a Rua Guaíra que é suporte da Rua XV de Novembro. A interseção da Rua Guaíra com a Manoel Ribas é apresentada na figura 25.

Figura 25 – Interseção com Semáforo

Fonte: Google Earth (2019)

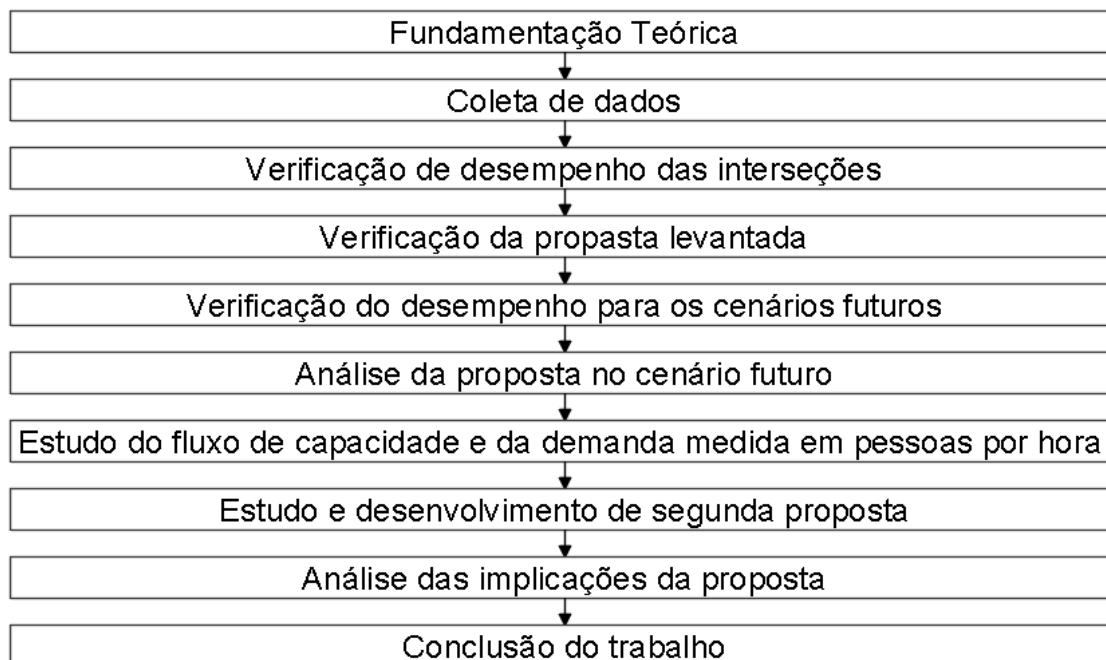
E a figura 26 representa a interseção da Avenida Manoel Ribas com a Rua XV de Novembro.

Figura 26 – Rótula do Chafariz

Fonte: Google Earth (2019)

3.2 FLUXOGRAMA DA PESQUISA

Segue na figura 27 o fluxograma do trabalho desenvolvido e no tópico 3.3 é apresentado com abordagem mais detalhada cada item apresentado neste fluxograma.

Figura 27 – Fluxograma do Trabalho

Fonte: AUTOR (2019)

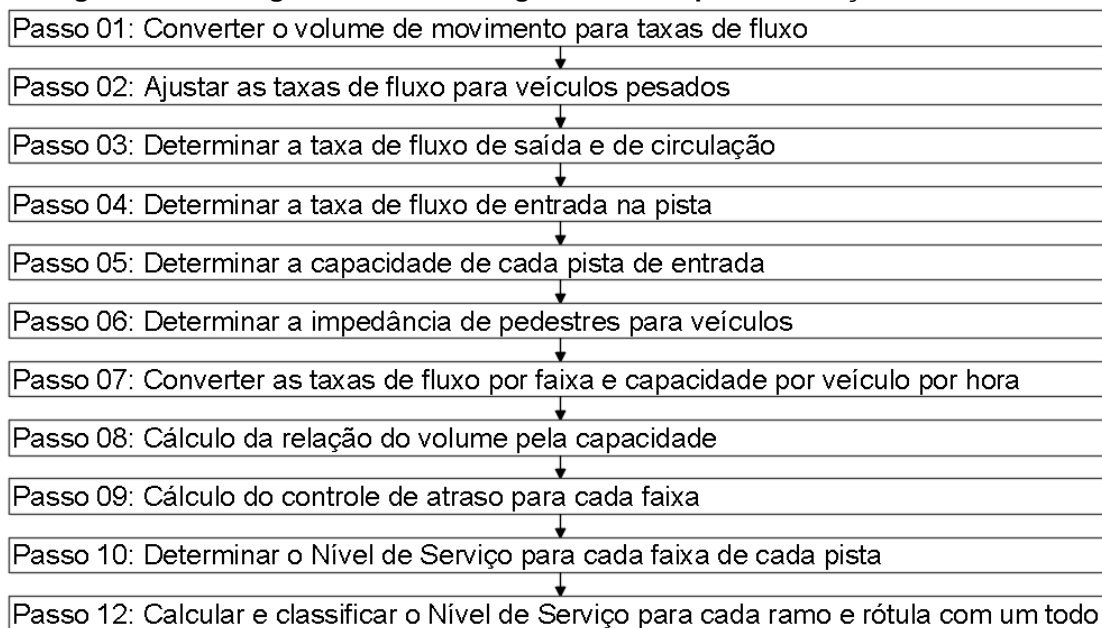
3.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para o levantamento da base teórica acerca do tema, realizou-se pesquisas feitas nos manuais do DNIT, no manual norte-americano HCM 2010, que é uma das principais referências bibliográficas do mundo para estudo de capacidade viária, bem como cadernos técnicos para projetos de mobilidade urbana, planos de mobilidade, apostilas e artigos acadêmicos.

Para a coleta de dados, foi autorizado pelo SETRAN (Secretaria Municipal de Trânsito) – Prefeitura de Guarapuava o acesso aos projetos geométricos das interseções e vias pertinentes ao estudo. Utilizou-se da contagem volumétrica do tipo classificatória apresentada no plano de mobilidade de Guarapuava. E para os tempos de ciclos das interseções semaforizadas coletou-se os dados, *in loco*.

Para a análise do terceiro, quarto, quinto e sexto item do fluxograma utilizou-se o *software* VISSIM de simulação para as interseções com semáforo e para as interseções com rótulas desenvolveu-se uma planilha no *software* EXCEL com a metodologia do manual HCM 2010, conforme explicado na revisão bibliográfica. O fluxograma da metodologia pode ser visualizado na figura 28.

Figura 28 – Fluxograma da Metodologia HCM 2010 para Interseções com Rótulas



Fonte: Adaptado TRB (2010)

Para as interseções com semáforo é necessário a entrada de alguns dados para a execução da simulação. Esses dados são: a configuração geométrica da interseção, obtida através dos projetos das interseções mencionados anteriormente; das taxas de fluxo, obtidas no plano de mobilidade; e o diagrama de estágios e de diagrama de intervalos luminosos, coletos *in loco*.

Utilizando as ferramentas mencionadas, analisou-se e classificou-se as interseções em relação ao seu desempenho atual, ao desempenho das propostas e ao desempenho das propostas no período de 5 anos e 10 anos (ano de projeto). Após isso analisou-se os resultados obtidos.

Nas etapas finais estudou-se outra proposta para a problemática futura. Calculou-se as capacidades e as demandas futuras medidas em pessoas por hora para analisar o fluxo a ser atendido. Após isto levantou-se os dados de rotas e horários das linhas de ônibus do transporte coletivo da cidade através do *site* MOOVIT. Obtendo-se os materiais necessários para sustentar uma nova proposta, desenvolveu-se os cálculos para a nova proposta resolutiva e avaliou-se as implicações para que a alternativa proposta tenha efeito positivo.

E por fim, no último tópico, são apresentadas as conclusões finais do trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

Nesta seção será apresentado todo o desenvolvimento das propostas iniciais do trabalho juntamente com a sua análise e comentários de decisões que direcionaram o trabalho para um destino diferente do proposto inicialmente.

Na primeira parte dessa seção será mostrado como foi feita a projeção do tráfego para um horizonte futuro e suas considerações para as tomadas de decisões. Na segunda parte é dado início a verificação de desempenho das interseções no cenário atual do tráfego através do método HCM 2010. Em seguida são feitas as propostas para as interseções que se verificou possibilidades de melhoras no desempenho, levando em consideração as consequências das propostas na geografia do local analisado, na economia da cidade e o impacto de suas ações no parâmetro ambiental.

Na quarta etapa, utilizando o estudo realizado na primeira parte desta seção foi projetado o volume de tráfego num cenário futuro de 5 e 10 anos e verificado como estaria o desempenho das interseções com as intervenções propostas executadas. E é discutido a relevância das sugestões propostas, tendo em vista sua intervenção num cenário futuro de projeto. E na quinta e última etapa é reavaliada a situação e é apresentado uma perspectiva de efetiva melhora para o horizonte futuro.

O ano de projeto é 10 anos após a execução do projeto. E a análise de 5 anos foi realizada para interpretar os resultados em um período intermediário.

4.1 PROJEÇÃO DE POPULAÇÃO

A projeção da população para a cidade de Guarapuava foi realizada conforme a metodologia para a projeção de população realizada pelo Plano Municipal de Saneamento básico da prefeitura municipal de Campo Largo – PR. Os dados colhidos pelo IBGE nos 3 censos para a população de Guarapuava são apresentados na tabela 9. Com o auxílio da ferramenta computacional da Microsoft, Excel, é possível analisar qual é a configuração do crescimento populacional da cidade e encontrar uma equação potencial com um alto grau de

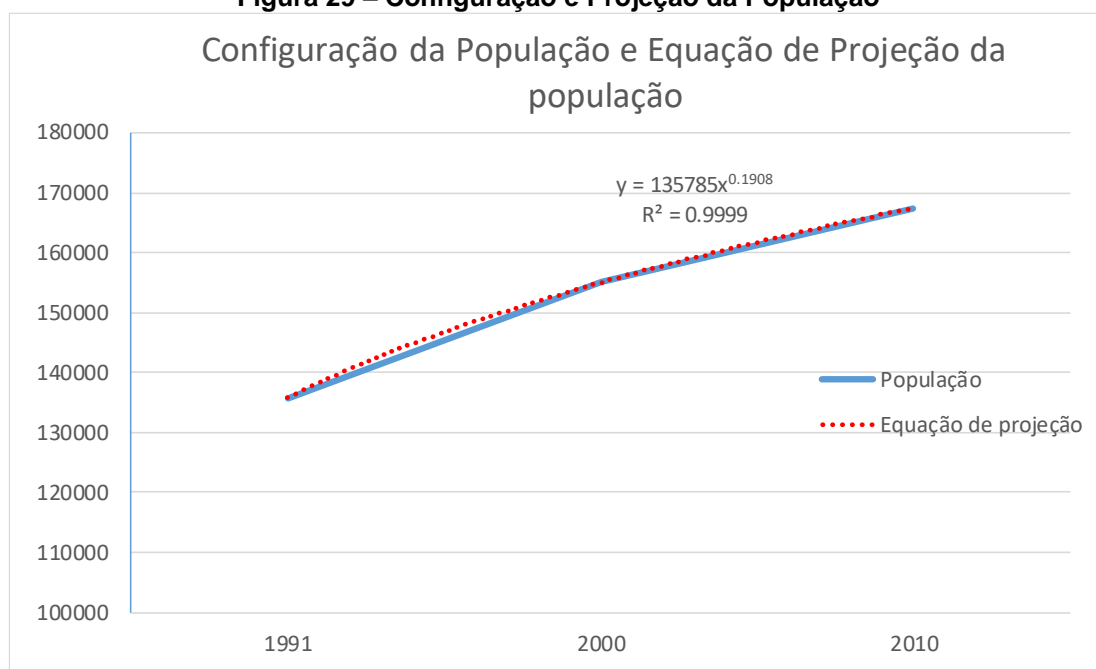
precisão, para que a projeção da população fosse o mais próximo da realidade, conforme é visto na figura 29.

Tabela 9 - População de Guarapuava

DADOS DA POPULAÇÃO DE GUARAPUAVA	
Censos	Habitantes
1991	135728
2000	155161
2010	167328

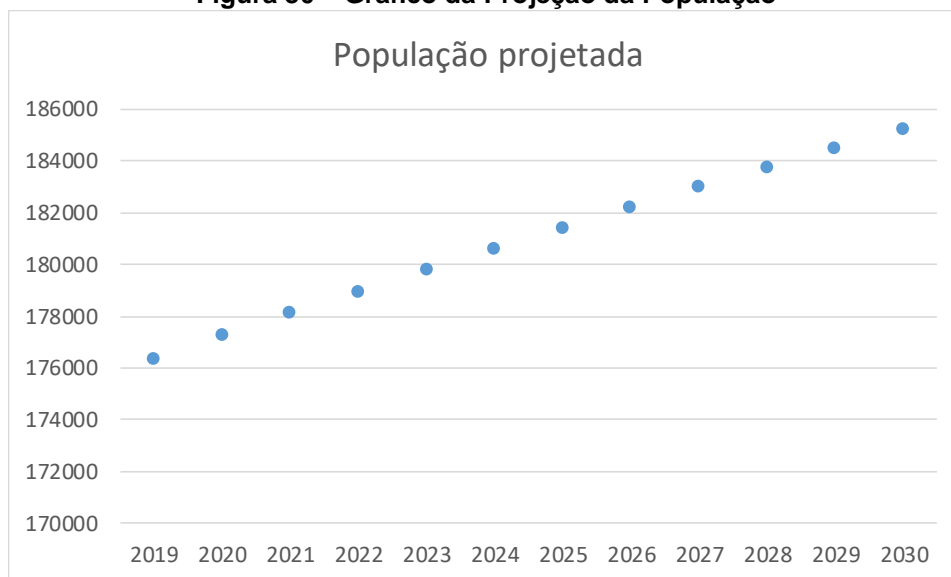
Fonte: Adaptado IBGE (2019)

Figura 29 – Configuração e Projeção da População



Fonte: AUTOR (2019)

Utilizando a equação fornecida pela Excel foi possível projetar a população conforme apresentado no gráfico da figura 30.

Figura 30 – Gráfico da Projeção da População

Fonte: AUTOR (2019)

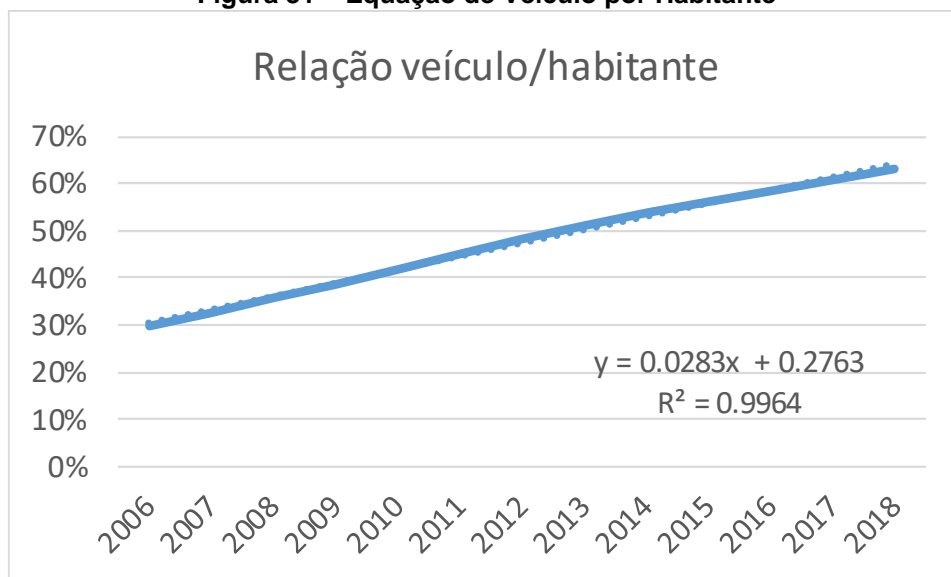
Com os números de veículos anuais fornecidos pelo DENATRAN (2018) desde 2006 até 2018 foi verificado a taxa de motorização em cada ano, permitindo a visualização do desenvolvimento da taxa relação ano a ano, e assim estimando a relação, veículo/habitante para o cenário futuro através da equação fornecida. Como mostrado na tabela 10 e no gráfico da figura 31.

Tabela 10 – Taxa de Motorização

Ano	Veículos	Habitantes	Relação veículo/habitante
2006	48791	162915	30%
2007	53771	164066	33%
2008	59118	165184	36%
2009	64126	166271	39%
2010	70262	167328	42%
2011	76287	168432	45%
2012	81516	169506	48%
2013	87174	170551	51%
2014	92633	171571	54%
2015	97375	172565	56%
2016	101565	173535	59%
2017	106059	174484	61%
2018	111151	175410	63%

Fonte: AUTOR (2019)

Figura 31 – Equação de Veículo por Habitante



Fonte: AUTOR (2019)

Através da equação obtida foi possível chegar na quantidade de veículos no horizonte futuro desejado. Os resultados seguem na tabela 11.

Tabela 11 – Resultado Anual de Veículos

Ano	Veículos	Habitantes	Relação veículo/habitante
2019	118572.9	176317	67%
2020	124184.3	177204	70%
2021	129832.4	178072	73%
2022	135516.4	178923	76%
2023	141235.3	179757	79%
2024	146988.3	180575	81%
2025	152774.7	181378	84%
2026	158593.6	182166	87%
2027	164444.3	182939	90%
2028	170326.2	183700	93%
2029	176238.6	184446	96%
2030	182180.8	185181	98%

Fonte: AUTOR (2019)

A previsão da taxa de motorização para o ano de projeto, 2030, é de aproximadamente 100%, ou seja, um veículo por pessoa. Representando um aumento de 33% na taxa o que resulta em um aumento de 65,05% na quantidade de veículos de 2019 à 2030.

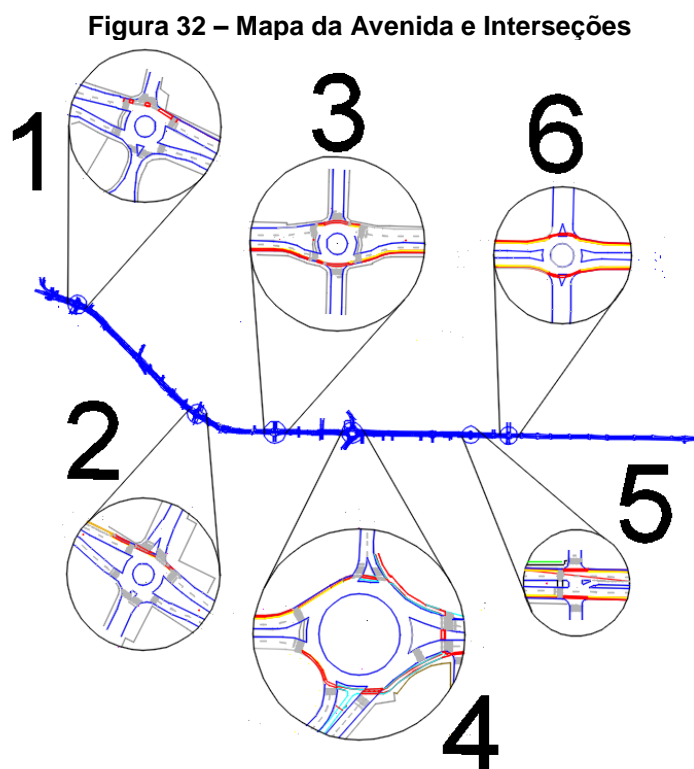
4.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO DO CENÁRIO ATUAL DAS INTERSEÇÕES

Os dados da contagem volumétrica utilizados para o desenvolvimento dos cálculos, foram obtidos no *site* CONCIDADE da prefeitura de Guarapuava podendo ser visualizados nos anexos A, B, C, D, E e F.

Conforme o método HCM 2010 de análise de desempenho mostrado na revisão bibliográfica, foram verificadas as quatro interseções com rótulas e para as interseções com semáforo foi utilizado o software VISSIM de simulação.

Segue na figura 32 a Avenida Manoel Ribas e em destaque todas as interseções analisadas no trabalho e sua numeração. Sendo que as interseções de número 1, 2, 4 e 6 são interseções com rótulas, a interseção 3 possui rótula e semáforo e a interseção 5 possui apenas semáforo.

Considerou-se para a realização dos cálculos que a interseção 1 e 2 possuem duas faixas de circulação para as entradas da Avenida, como é possível visualizar nas figuras correspondentes a ilustração das interseções. Estes critérios foram adotados para aproximar os resultados a realidade de uso. Mas não seria errado adotar apenas uma pista dentro da rótula.

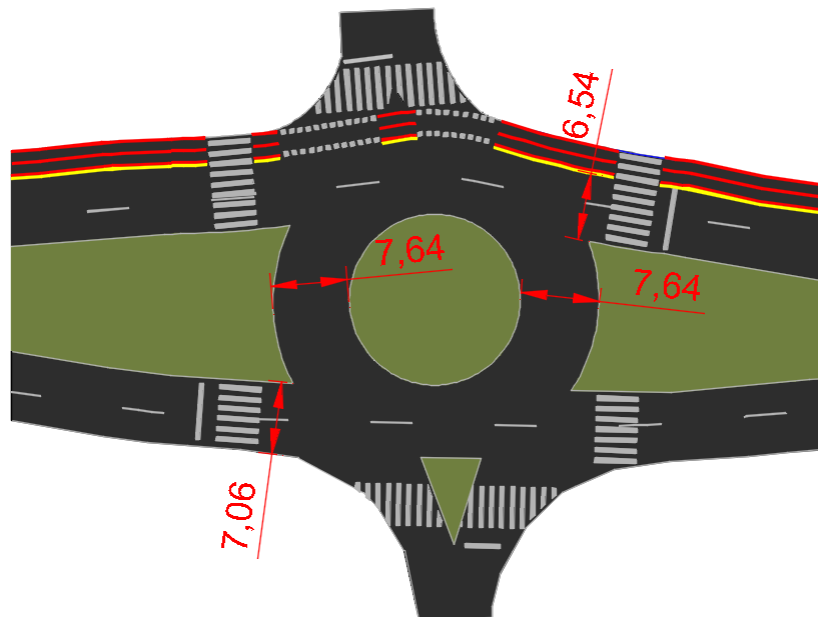


Fonte: AUTOR (2019)

4.2.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lentsch

Segue na figura 33 a Interseção 01.

Figura 33 – Interseção 01 (Rotatório do Moss)



Fonte: Adaptado SETRAN (2019)

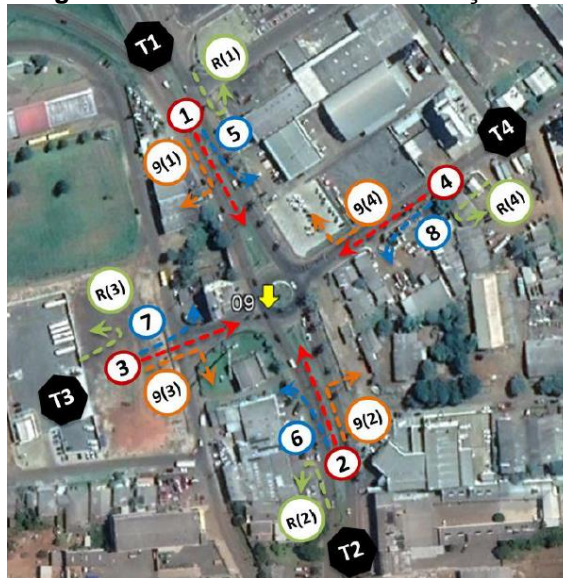
Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

Para a realização do cálculo do fator horário de pico foi destacado o maior valor do volume total de tráfego na interseção no intervalo de uma hora e dentro dessa uma hora foi destacado o intervalo de 15 minutos também com o maior volume. Após essa verificação, foi utilizado a equação 2 para o desenvolvimento de cálculo.

$$PHF = \frac{VHP}{4 * v_{max}} = \frac{2712}{4 * 701} = 0,9672$$

Após o cálculo do fator horário de pico, utilizando a equação 1 calculou-se a taxa de fluxo para cada movimento realizado dentro da rótula. Os movimentos podem ser observados na figura 34.

Figura 34 – Movimentos na Interseção 01



Fonte: CONCIDADE (2019)

$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

$$v_1 = \frac{V_1}{PHF} = \frac{887}{0,9672} = 917 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Da mesma forma é feito para os outros movimentos e também para os movimentos dos veículos pesados. Segue na tabela 12 os resultados.

Tabela 12 – Interseção 01 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	917	897	29	53	212	43	74	156
Fluxo (HV)	64	52	4	8	40	12	9	7
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	82	176	12	86	2	64	0	0
Fluxo (HV)	17	8	2	12	0	1	0	0

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

Calculou-se a porcentagem de veículos pesados por ramos viários. Segue o cálculo da porcentagem de veículos pesados do ramo com direção ao norte.

$$P_{T,NB} = \frac{v_{NBR,pce} + v_{NBT,pce} + v_{NBL,pce} + v_{NBU,pce}}{v_{hv,NBR,pce} + v_{hv,NBT,pce} + v_{hv,NBL,pce} + v_{hv,NBU,pce}}$$

$$P_{T,NB} = \frac{176 + 897 + 43 + 64}{8 + 52 + 12 + 1} = 6,22\%$$

Realizou-se de igual modo para os outros ramos:

$$P_{T,WB} = 9,47\%; P_{T,SB} = 9,97\%; P_{T,EB} = 13,39\%;$$

Da tabela 2, para a situação de veículos pesados, obteve-se o valor de $E_T = 2$ para todos os ramos viários. Logo aplicando na equação 4 calculou-se o fator de ajuste de veículos pesados para cada ramo.

$$f_{hv,NB} = \frac{1}{1 + P_{T,NB} * (E_{T,NB} - 1)} = \frac{1}{1 + 0,0622 * (2 - 1)} = 94,15\%$$

Do mesmo modo, obteve-se:

$$f_{hv,WB} = 91,35\%; f_{hv,SB} = 90,93\%; f_{hv,EB} = 88,19\%$$

Da equação 3 calculou-se a taxa de fluxo ajustada, segue exemplo de cálculo e tabela com todos os movimentos.

$$v_{1,pce} = \frac{v_1}{f_{hv,SB}} = \frac{917}{0,9093} = 1009 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Tabela 13 – Interseção 01 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	1009	953	33	58	233	46	84	171
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	90	187	14	94	2	68	0	0

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

No terceiro passo será considerado somente o fluxo de veículos de circulação, pois não há nenhuma faixa de fluxo de desvio. Através da equação 5, calculou-se o fluxo de circulação para o ramo de direção norte.

$$v_{c,NB,pce} = v_{WBU,pce} + v_{SBL,pce} + v_{SBU,pce} + v_{EBT,pce} + v_{EBL,pce} + v_{EBU,pce}$$

$$v_{c,NB,pce} = 0 + 233 + 2 + 33 + 84 + 0 = 353 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

De igual modo, obteve-se:

$$v_{c,WB,pce} = 1154 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,SB,pce} = 343 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,EB,pce} = 1483 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

Para a ordenação de movimento de entrada, LT e RT, através da tabela 3, a configuração de ordenação de movimento não se alterou, permaneceu LT e RT, sendo assim, através da tabela 4 e da tabela 5 calculou-se o fluxo de entrada para os ramos de direção norte e sul conforme cálculo apresentado na sequência. Já para os ramos com direção leste e oeste, como só há uma faixa de entrada, o fluxo de entrada é a soma dos movimentos daquela entrada.

$$v_{e,NB,pce} = v_{NBT,pce} + v_{NBR,pce} + v_{NBL,pce} + v_{NBU,pce}$$

$$v_{e,NB,pce} = 953 + 187 + 46 + 68 = 1254 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,NB,esq,pce} = v_{e,NB,pce} * 0,47 = 1254 * 0,47 = 589 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,NB,dir,pce} = v_{e,NB,pce} * 0,53 = 1254 * 0,53 = 665 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,SB,esq,pce} = 627 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,SB,dir,pce} = 707 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Segue cálculo para ramo leste e oeste.

$$v_{e,WB,pce} = v_{WBT,pce} + v_{WBR,pce} + v_{WBL,pce} + v_{WBU,pce}$$

$$v_{e,EB,pce} = 33 + 14 + 84 + 0 = 131 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,EB,pce} = v_{EBT,pce} + v_{EBR,pce} + v_{EBL,pce} + v_{EBU,pce}$$

$$v_{e,WB,pce} = 58 + 94 + 171 + 0 = 323 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para os ramos norte e sul, há uma pista de circulação e duas pistas de entrada, logo conforme a tabela 6, a equação correspondente a esta situação está apresentada na sequência, juntamente com o desenvolvimento de cálculo.

$$C_{NB,esq,pce} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*v_{c,NB,pce}} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*353} = 794 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{NB,dir,pce} = C_{NB,esq,pce} = 794 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{SB,esq,pce} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*v_{c,SB,pce}} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*343} = 802 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{SB,dir,pce} = C_{SB,esq,pce} = 802 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Para os ramos leste e oeste, há uma pista de entrada e duas pistas de circulação, logo conforme a tabela 6, a equação correspondente a esta situação e o desenvolvimento de cálculo é apresentado na sequência.

$$C_{EB,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,WB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*1483} = 400 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{WB,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,WB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*1483} = 400 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Da equação 7 obteve-se as seguintes taxas de fluxo em veículo por hora.

$$v_i = v_{i,pce} * f_{hv,e,i}$$

$$v_{e,NB,esq} = v_{e,NB,esq,pce} * f_{hv,e,NB} = 589 * 0,9415 = 555 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

$$v_{e,NB,dir} = v_{e,NB,dir,pce} * f_{hv,e,NB} = 665 * 0,9415 = 626 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

Da mesma forma, obteve-se:

$$v_{e,SB,esq} = 570 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,SB,dir} = 643 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,WB} = 295 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,EB} = 116 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

Da equação 8 obteve-se as seguintes capacidades em veículo por hora.

$$c_i = c_{i,pce} * f_{hv,e,i}$$

$$c_{NB,esq} = c_{NB,esq,pce} * f_{hv,e,NB} = 794 * 0,9415 = 748 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

$$c_{NB,esq} = c_{NB,dir} = 729 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

Da mesma forma, obteve-se:

$$c_{SB,esq} = 729 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{SB,dir} = 729 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{WB} = 460 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{EB} = 353 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Da equação 9 obteve-se as seguintes relações veículos por capacidade.

$$x_i = \frac{v_i}{c_i}$$

$$x_{NB,esq} = \frac{v_{NB,esq}}{c_{NB,esq}} = \frac{555}{748} = 0,74$$

$$x_{NB,dir} = \frac{v_{SB,dir}}{c_{SB,dir}} = \frac{626}{748} = 0,84$$

Da mesma forma, obteve-se:

$$x_{SB,esq} = 0,78; x_{SB,dir} = 0,88; x_{WB} = 0,64; x_{EB} = 0,33$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Da equação 10, obteve-se:

$$d_{SB,esq} = \frac{3.600}{748} + 900 * 0,25 * \left[0,74 - 1 + \sqrt{(0,74 - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3.600}{748}\right) * 0,74}{450 * 0,25}} \right] + 5$$

$$* \min[0,74; 1] = 21,04 \text{ s}$$

Da mesma forma, segue os outros valores:

$$d_{SB,dir} = 28,52 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{NB,esq} = 24,13 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{NB,dir} = 34,33 \left(\frac{s}{veh}\right);$$

$$d_{WB} = 23,93 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{EB} = 16,74 \left(\frac{s}{veh}\right)$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

De acordo com o tempo de atraso calculado e a tabela 7 determinou-se os seguintes níveis de serviço:

$$\text{entrada}_{NB,esq} := C; \text{entrada}_{NB,dir} := D;$$

$$\text{entrada}_{SB,esq} := C; \text{entrada}_{SB,dir} := D;$$

$$\text{entrada}_{WB} := C; \text{entrada}_{EB} := C$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Para as entradas oeste e leste, o controle de atraso é o próprio controle calculado na etapa 09, pois só há uma faixa de entrada e não há faixa de desvio.

$$d_{WB} = 23,93 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{EB} = 16,74 \left(\frac{s}{veh}\right)$$

E para as entradas norte e sul, utilizou-se a equação 11 conforme procedimento de cálculo descrito na metodologia.

$$d_{NB} = \frac{21,04 * 555 + 28,52 * 626 + 0 * 0}{555 + 626 + 0} = 25,00 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{SB} = \frac{24,13 * 570 + 34,33 * 643 + 0 * 0}{570 + 643 + 0} = 29,54 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Para a interseção como um todo, através da equação 11, calculou-se o controle de atraso.

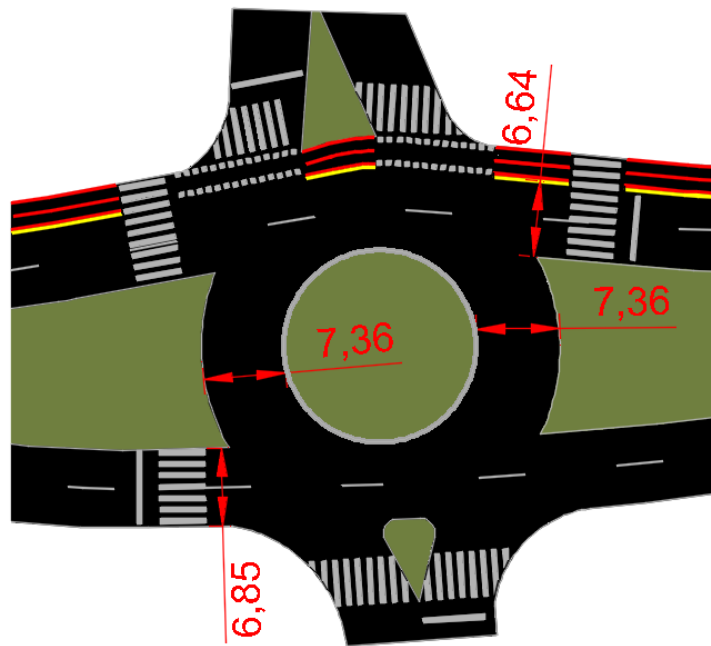
$$d_{interseção} = \frac{1181 * 25,00 + 1213 * 29 + 295 * 23,93 + 116 * 16,74}{1181 + 1213 + 295 + 116} = 26,51 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, D.

4.2.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas

Apresentou-se as equações e os resultados para os passos em que o procedimento de cálculo é o mesmo da interseção 01. Para os passos que em que há divergências na metodologia do cálculo, as observações pertinentes ao caso são apresentadas. Na figura 35 é possível visualizar a interseção 02.

Figura 35 – Interseção 02 (Rotatória do Cavalo)



Fonte: AUTOR (2019)

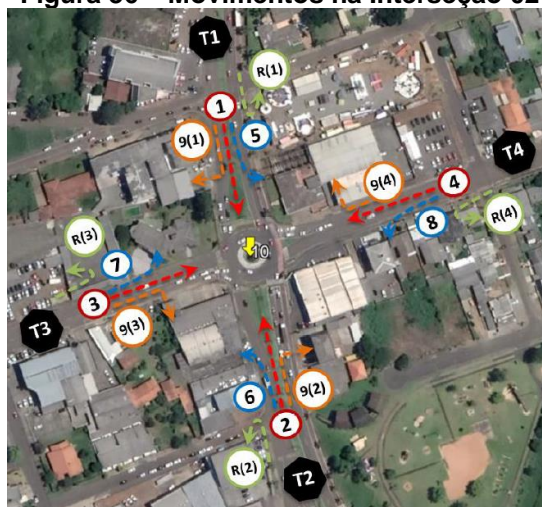
Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

Segue o valor do fator horário de pico:

$$PHF = 0,9555$$

Os movimentos que ocorrem na interseção 02 podem ser observados na figura 36.

Figura 36 – Movimentos na Interseção 02



Fonte: CONCIDADE (2019)

A tabela 14 mostra os valores dos volumes de projeto de cada movimento e dos veículos pesados.

Tabela 14 – Interseção 02 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	992	781	164	218	245	89	185	133
Fluxo (HV)	35	38	3	5	13	3	9	3
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	118	67	53	51	70	25	0	0
Fluxo (HV)	6	3	1	3	2	0	0	1

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

Tem-se que a porcentagem de veículos pesados para cada entrada é:

$$P_{T,NB} = 4,57\%; P_{T,WB} = 3,13\%; P_{T,SB} = 3,89\%; P_{T,EB} = 3,38\%;$$

Da tabela 2, para a situação de veículos pesados, obteve-se o valor de $E_T = 2$ para todos os ramos viários.

$$f_{hv,NB} = 95,63\%; f_{hv,WB} = 96,97\%; f_{hv,SB} = 96,25\%; f_{hv,EB} = 96,73\%$$

Segue na tabela 15 com os volumes de tráfego ajustados pelo fator de veículos pesados para todos os movimentos.

Tabela 15 - Interseção 02 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	1031	816	172	228	254	93	194	139
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	123	70	56	54	73	26	0	0

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

Tem-se que a taxa de fluxo de circulação para todas as direções são:

$$v_{c,NB,pce} = 693 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,WB,pce} = 1202 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{c,SB,pce} = 486 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,EB,pce} = 1523 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

Para a ordenação de movimento de entrada LT e RT, através da tabela 3, a configuração de ordenação de movimento não se alterou, permaneceu LT e RT, sendo assim, através da tabela 4 e da tabela 5 calculou-se o fluxo de entrada para os ramos.

$$v_{e,NB,esq,pce} = 473 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,NB,dir,pce} = 533 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,WB,esq,pce} = 198 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,WB,dir,pce} = 223 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,SB,esq,pce} = 696 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,SB,dir,pce} = 785 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,EB,esq,pce} = 198 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,EB,dir,pce} = 233 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para os ramos norte e sul, há uma pista de circulação e duas pistas de entrada, logo os valores de capacidade são:

$$c_{NB,esq,pce} = c_{NB,dir,pce} = 565 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$c_{SB,esq,pce} = c_{SB,dir,pce} = 695 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Para os ramos leste e oeste, há duas pistas de entrada e duas pistas de circulação, logo conforme a tabela 6, a equação correspondente a esta situação e o desenvolvimento de cálculo são apresentados na sequência.

$$c_{WB,esq,pce} = 1.130 * e^{(-0,75*10^{-3})*v_{c,WB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,75*10^{-3})*1202} = 459 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$c_{WB,dir,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,WB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*1202} = 487 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{EB,esq,pce} = 1.130 * e^{(-0,75*10^{-3})*v_{c,EB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,75*10^{-3})*1523} = 360 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{EB,dir,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,EB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*1523} = 389 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$v_{e,NB,esq} = 452 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,NB,dir} = 510 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,WB,esq} = 192 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,WB,dir} = 216 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,SB,esq} = 670 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,SB,dir} = 755 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,EB,esq} = 192 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,EB,dir} = 216 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{e,NB,esq} = 540 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,NB,dir} = 540 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{e,WB,esq} = 445 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,WB,dir} = 472 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{e,SB,esq} = 669 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,SB,dir} = 669 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{e,EB,esq} = 349 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,EB,dir} = 376 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Tem-se que a relação do volume pela capacidade para cada faixa são:

$$x_{NB,esq} = 0,84; x_{NB,dir} = 0,94$$

$$x_{WB,esq} = 0,43; x_{WB,dir} = 0,46$$

$$x_{SB,esq} = 1,00; x_{SB,dir} = 1,13$$

$$x_{EB,esq} = 0,55; x_{EB,dir} = 0,57$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Os valores de controle de atraso para cada faixa são:

$$\begin{aligned} d_{NB,esq} &= 36,21 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NB,dir} = 53,33 \left(\frac{s}{veh} \right); \\ d_{WB,esq} &= 16,24 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{WB,dir} = 16,18 \left(\frac{s}{veh} \right); \\ d_{SB,esq} &= 60,00 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SB,dir} = 99,38 \left(\frac{s}{veh} \right); \\ d_{EB,esq} &= 24,98 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{EB,dir} = 24,59 \left(\frac{s}{veh} \right) \end{aligned}$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

De acordo com o tempo de atraso calculado e a tabela 7 determinou-se os seguintes níveis de serviço:

$$\begin{aligned} entrada_{NB,esq} &:= E; entrada_{NB,dir} := F; \\ entrada_{WB,esq} &:= C; entrada_{WB,dir} := C; \\ entrada_{SB,esq} &:= F; entrada_{SB,dir} := F; \\ entrada_{EB,esq} &:= C; entrada_{EB,dir} := C \end{aligned}$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Segue o controle de atraso para todas as entradas.

$$\begin{aligned} d_{NB} &= 45,28 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{WB} = 16,21 \left(\frac{s}{veh} \right) \\ d_{SB} &= 80,87 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{EB} = 24,77 \left(\frac{s}{veh} \right) \end{aligned}$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

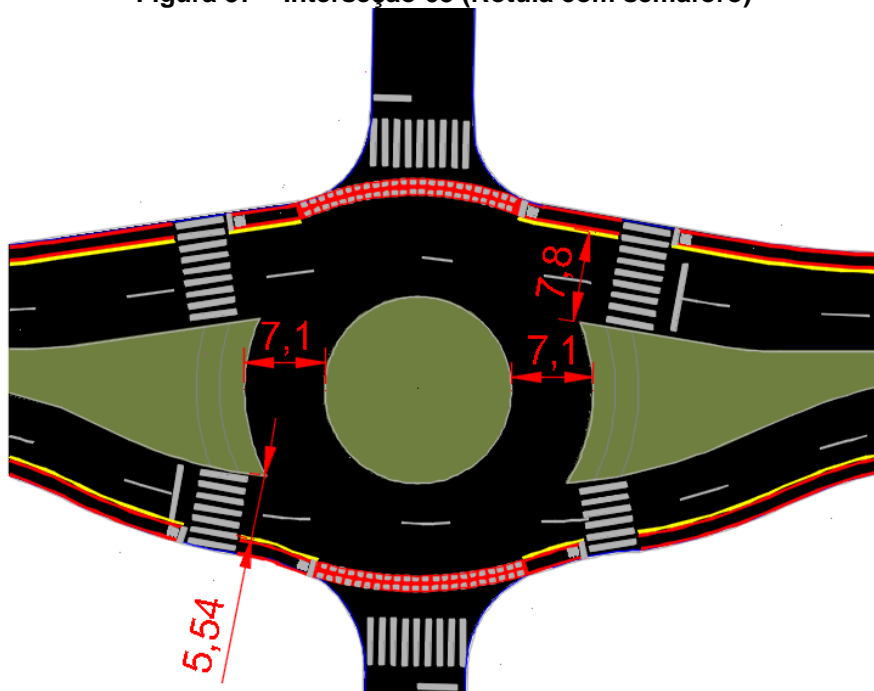
$$d_{interseção} = 54,81 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, F.

4.2.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná

Na figura 37 é possível visualizar a interseção 03.

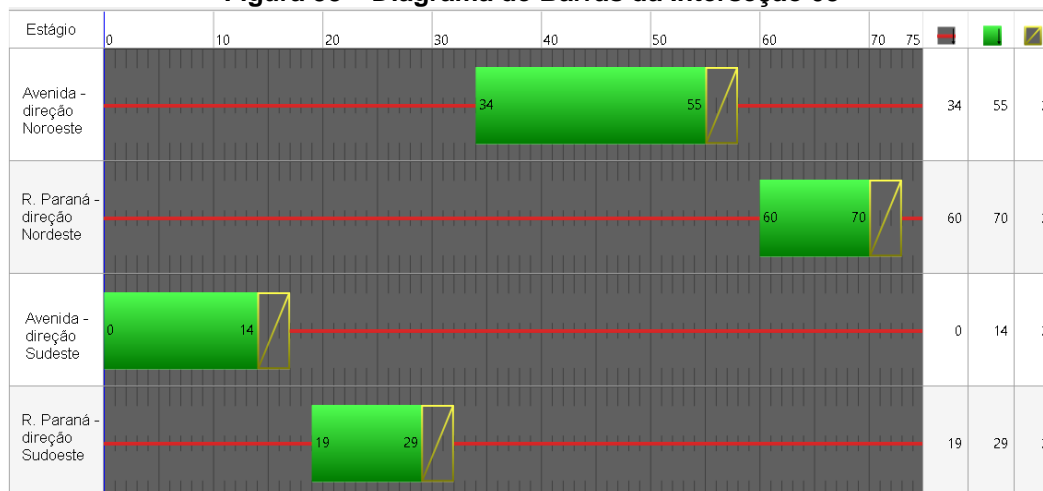
Figura 37 – Interseção 03 (Rótula com semáforo)



Fonte: AUTOR (2019)

Como esta interseção é uma interseção semafórica, a análise de desempenho foi realizada através do *software* VISSIM de simulação. Segue os dados de entrada: diagrama de barras na figura 38, o passo a passo do cálculo da taxa de fluxo utilizados para a simulação no *software* e em seguida os resultados dos controles de atraso e sua classificação para cada ramo e para a interseção como um todo, pois a forma com que o *software* oferece os resultados difere da maneira que vimos aqui.

Figura 38 – Diagrama de Barras da Interseção 03



Fonte: AUTOR (2019)

Apresentou-se as equações e os resultados para os passos em que o procedimento de cálculo é o mesmo das interseções anteriores. Para os passos em que há divergências na metodologia do cálculo, as observações pertinentes ao caso são apresentadas.

Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

Segue o valor do fator horário de pico:

$$PHF = 0,9658$$

Os movimentos que ocorrem na interseção 03 podem ser observados na figura 39.

Figura 39 – Movimentos na Interseção 03



Fonte: CONCIDADE (2019)

A tabela 16 mostra os valores dos volumes de projeto de cada movimento e dos veículos pesados.

Tabela 16 - Interseção 03 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	68	90	410	1377	65	83	59	35
Fluxo (HV)	1	5	25	77	2	1	5	0
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	8	27	4	23	0	0	2	0
Fluxo (HV)	1	0	1	2	0	0	1	0

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

Tem-se que a porcentagem de veículos pesados para cada entrada é:

$$P_{T,NEB} = 3,11\%; P_{T,NWB} = 5,48\%; P_{T,SWB} = 2,92\%; P_{T,SEB} = 6,75\%;$$

Para $E_T = 2$ os fatores da taxa do fluxo são:

$$f_{hv,NEB} = 96,98\%; f_{hv,NWB} = 94,80\%;$$

$$f_{hv,SWB} = 97,16\%; f_{hv,SEB} = 93,67\%$$

Segue na tabela 17 com os volumes de tráfego ajustados pelo fator de ajuste de veículos pesados para todos os movimentos.

Tabela 17 - Interseção 03 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	70	93	438	1453	67	85	63	37
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	9	28	4	24	0	0	2	0

Fonte: AUTOR (2019)

Controles de atraso:

$$d_{NEB} = 46,02 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB} = 75,79 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SWB} = 37,45 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 33,92 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Classificação:

$$entrada_{NEB} = E; entrada_{NWB} = F;$$

$$entrada_{SWB} = E; entrada_{SEB} = D.$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

$$d_{interseção} = 61,89 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

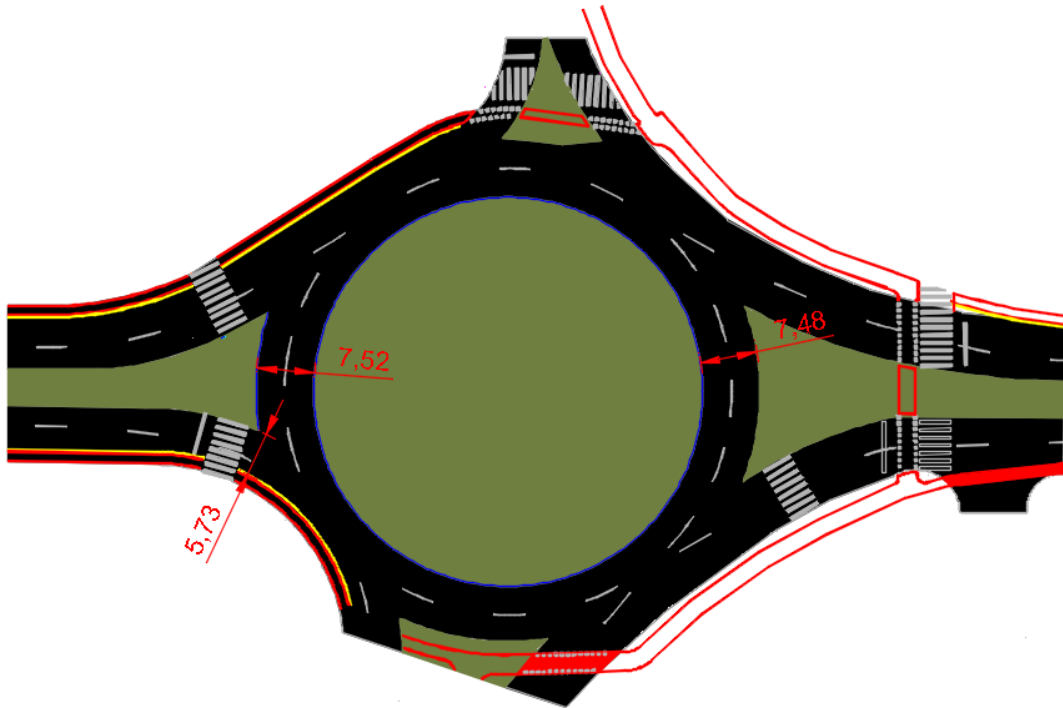
Valor que corresponde ao nível de serviço, E.

4.2.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Júlio Silvestre

Apresentou-se as equações e os resultados para os passos em que o procedimento de cálculo é o mesmo das interseções anteriores. Para os passos que em que há divergências na metodologia do cálculo, as observações

pertinentes ao caso são apresentadas. Na figura 40 é possível visualizar a interseção 04.

Figura 40 – Interseção 04 (Trevo do Índio)



Fonte: AUTOR (2019)

Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

Segue o valor do fator horário de pico:

$$PHF = 0,9035$$

Os movimentos que ocorrem na interseção 04 podem ser observados na figura 41.

Figura 41 - Movimentos na Interseção 04



Fonte: CONCIDADE (2019)

A tabela 18 mostra os valores dos volumes de projeto de cada movimento e dos veículos pesados.

Tabela 18 - Interseção 04 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	195	311	499	568	152	921	3	195
Fluxo (HV)	8	9	14	20	2	56	1	11
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	12	253	71	122	0	1	33	0
Fluxo (HV)	0	8	6	7	0	1	2	33

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

Tem-se que a porcentagem de veículos pesados para cada entrada é:

$$P_{T,NEB} = 4,99\%; P_{T,NWB} = 8,01\%; P_{T,SWB} = 2,78\%; P_{T,SEB} = 3,83\%;$$

Para $E_T = 2$ os fatores da taxa do fluxo são:

$$f_{hv,NEB} = 95,25\%; f_{hv,NWB} = 92,58\%;$$

$$f_{hv,SWB} = 97,30\%; f_{hv,SEB} = 96,31\%$$

Segue na tabela 19 os volumes de tráfego ajustados pelo fator de ajuste de veículos pesados para todos os movimentos.

Tabela 19 - Interseção 04 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	200	327	518	613	156	967	3	210
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	13	266	74	132	0	1	34	0

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

Tem-se que a taxa de fluxo de circulação para todos as direções são:

$$v_{c,NEB,pce} = 712 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,NWB,pce} = 1332 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{c,SWB,pce} = 1826 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,SEB,pce} = 568 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

Para a ordenação de movimento de entrada LT e RT, através da tabela 3, a configuração de ordenação de movimento não se alterou, permaneceu LT e RT, sendo assim, através da tabela 4 e da tabela 5 calculou-se o fluxo de entrada para os ramos conforme cálculo apresentado a seguir.

$$v_{e,NEB,esq,pce} = 827 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,NEB,dir,pce} = 733 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,NWB,esq,pce} = 449 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,NWB,esq,pce} = 506 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,SWB,pce} = 369 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,SEB,esq,pce} = 296 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,SEB,esq,pce} = 334 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para os ramos nordeste, noroeste e sudeste, há duas pistas de circulação e duas pistas de entrada, e para o ramo sudoeste, há uma pista de entrada para duas pistas de circulação, logo os valores são:

$$c_{NEB,esq,pce} = 662 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{NEB,dir,pce} = 686 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$$c_{NWB,esq,pce} = 416 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{NWB,dir,pce} = 445 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$$c_{SWB,pce} = 315 \left(\frac{pc}{h} \right);$$

$$c_{SEB,esq,pce} = 738 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{SEB,dir,pce} = 759 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$v_{e,NEB,esq} = 788 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,NEB,dir} = 699 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$v_{e,NWB,esq} = 416 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,NWB,dir} = 469 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$v_{e,SWB} = 359 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$v_{e,SEB,esq} = 285 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SEB,dir} = 321 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,NEB,esq} = 631 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,NEB,dir} = 654 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,NWB,esq} = 385 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,NWB,dir} = 412 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,SWB} = 306 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,SEB,esq} = 711 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SEB,dir} = 731 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.
Tem-se que a relação do volume pela capacidade para cada faixa são:

$$\begin{aligned}x_{NEB,esq} &= 1,25; x_{NEB,dir} = 1,07; \\x_{NWB,esq} &= 1,08; x_{NWB,dir} = 1,14; \\x_{SWB} &= 1,17; \\x_{SEB,esq} &= 0,40; x_{SEB,dir} = 0,44\end{aligned}$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.
Os valores de controle de atraso para cada faixa são:

$$\begin{aligned}d_{NEB,esq} &= 146,25 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{NEB,dir} = 79,65 \left(\frac{s}{veh}\right); \\d_{NWB,esq} &= 101,87 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{NWB,dir} = 118,77 \left(\frac{s}{veh}\right); \\d_{SBW} &= 142,90 \left(\frac{s}{veh}\right); \\d_{SEB,esq} &= 10,42 \left(\frac{s}{veh}\right); d_{SEB,dir} = 10,92 \left(\frac{s}{veh}\right)\end{aligned}$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

De acordo com o tempo de atraso calculado e a tabela 7 determinou-se os seguintes níveis de serviço:

$$\begin{aligned}entrada_{NEB,esq} &:= E; entrada_{NEB,dir} := F \\entrada_{NWB,esq} &:= F; entrada_{NWB,dir} := F; \\entrada_{SWB} &:= F; \\entrada_{SEB,esq} &:= B; entrada_{SEB,dir} := B;\end{aligned}$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$d_{NEB} = 114,95 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB} = 110,83 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{SWB} = 142,90 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 10,68 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

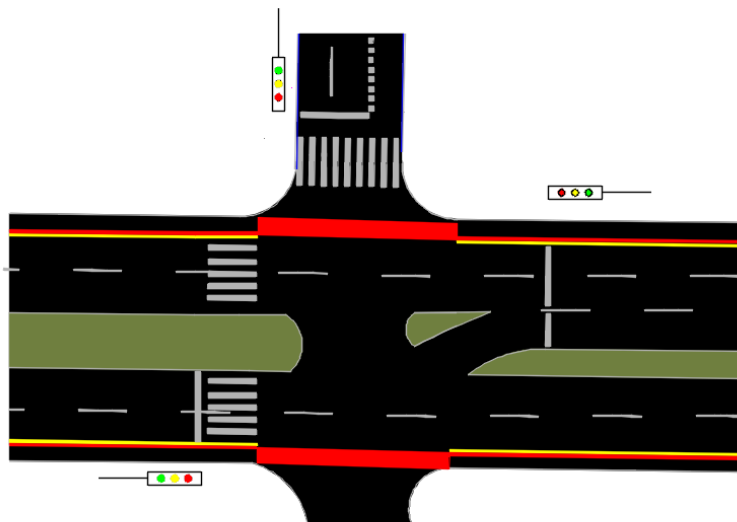
$$d_{interseção} = 97,90 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, F.

4.2.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guáira

Segue na figura 42, o desenho da interseção 05.

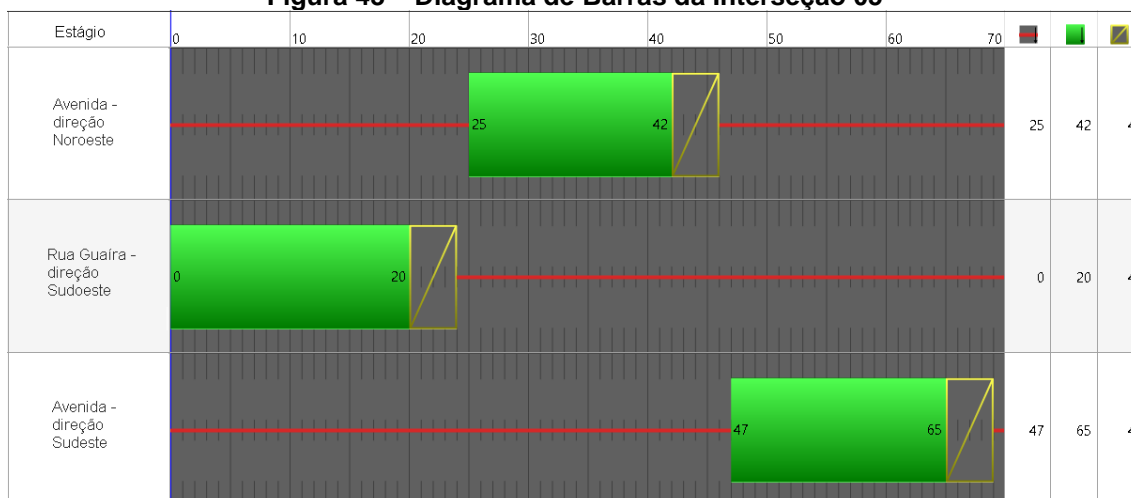
Figura 42 – Interseção 05 (Interseção com Semáforo)



Fonte: Adaptado SETRAN (2019)

Como esta interseção é uma interseção semafórica, a análise de desempenho foi realizada através do *software* VISSIM de simulação. Segue os dados de entrada utilizados para a simulação no *software* e em seguida os resultados dos controles de atraso e sua classificação para cada ramo, pois a forma com que o *software* oferece os resultados difere da maneira que vimos aqui.

Figura 43 – Diagrama de Barras da Interseção 05



Fonte: AUTOR (2019)

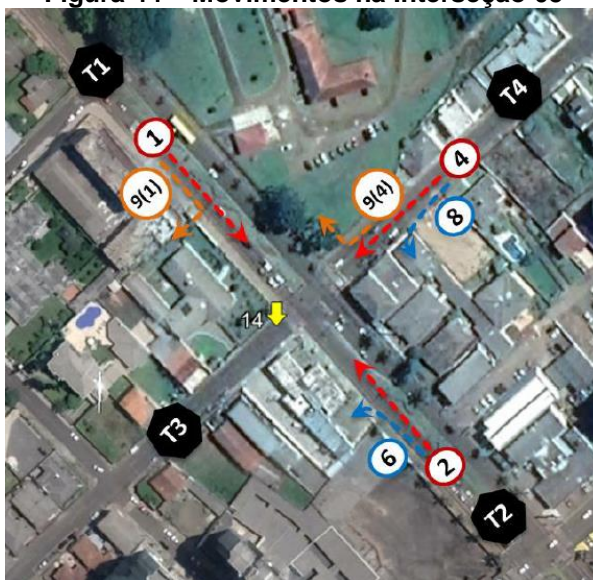
Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

Segue o valor do fator horário de pico:

$$PHF = 0,8865$$

Os movimentos que ocorrem na interseção 05 podem ser observados na figura 44.

Figura 44 – Movimentos na Interseção 05



Fonte: CONCIDADE (2019)

A tabela 20 mostra os valores dos volumes de projeto de cada movimento e dos veículos pesados.

Tabela 20 – Interseção 05 - Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	837	651	0	438	0	157	0	29
Fluxo (HV)	23	29	0	6	0	3	0	2
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	127	0	0	229	0	0	0	0
Fluxo (HV)	8	0	0	11	0	0	0	0

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

Tem-se que a porcentagem de veículos pesados para cada entrada é:

$$P_{T,NEB} = 4,05\%; P_{T,NWB} = 2,76\%; P_{T,SWB} = 3,16\%.$$

Para $E_T = 2$ os fatores da taxa do fluxo são:

$$f_{hv,NEB} = 96,11\%; f_{hv,NWB} = 97,32\%; f_{hv,SWB} = 96,94\%;$$

Segue na tabela 21 com os volumes de tráfego ajustados pelo fator de ajuste de veículos pesados para todos os movimentos.

Tabela 21 – Interseção 05 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	863	677	0	450	0	163	0	30
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	131	0	0	235	0	0	0	0

Fonte: AUTOR (2019)

Controles de atraso:

$$d_{NWB} = 25,31 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SWB} = 21,93 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 25,51 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Classificação:

$$entrada_{NWB} = C; entrada_{SWB} = C; entrada_{SEB} = C$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

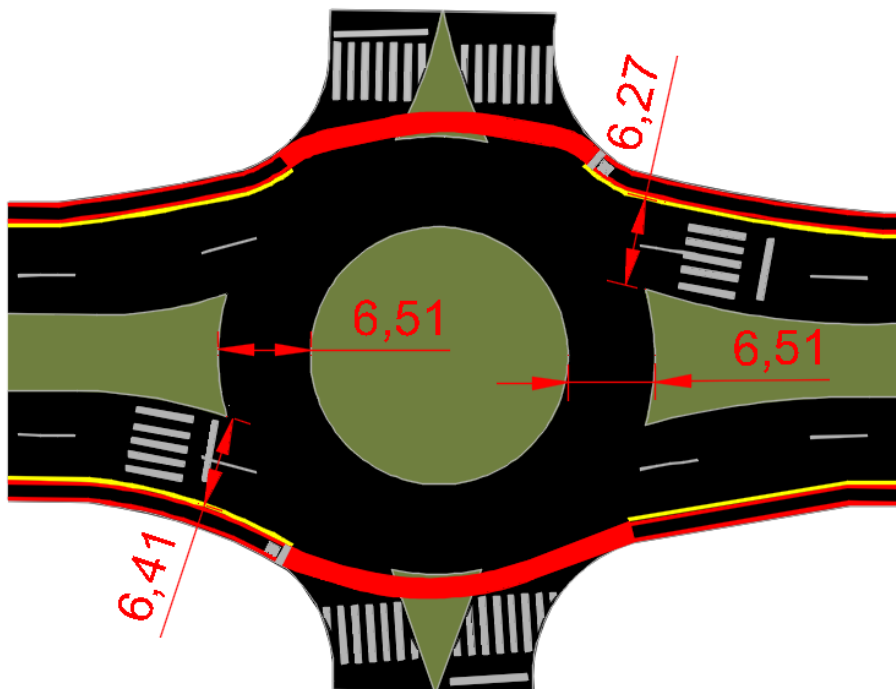
$$d_{interseção} = 24,44 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, C.

4.2.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro

Apresentou-se as equações e os resultados para os passos em que o procedimento de cálculo é o mesmo das interseções anteriores. Para os passos em que há divergências na metodologia do cálculo, as observações pertinentes ao caso são apresentadas. É possível visualizar a interseção 06 na figura 46.

Figura 45 – Interseção 06 (Rótula com Chafariz)



Fonte: AUTOR (2019)

Passo 01: Converter volumes de movimento para taxas de fluxo.

Segue o valor do fator horário de pico:

$$PHF = 0,9196$$

Os movimentos que ocorrem na interseção 06 podem ser observados na figura 46.

Figura 46 – Movimentos na Interseção 06



Fonte: CONCIDADE (2019)

A tabela 22 mostra os valores dos volumes de projeto de cada movimento e dos veículos pesados.

Tabela 22 – Fluxo de Tráfego Total e de Veículos Pesados por Movimento

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	374	77	411	796	373	21	200	152
Fluxo (HV)	1	2	9	22	10	0	13	11
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	153	27	98	529	4	11	1	4
Fluxo (HV)	3	1	0	11	0	0	0	10

Fonte: AUTOR (2019)

Passo 02: Ajuste da taxa do fluxo para veículos pesados.

Tem-se que a porcentagem de veículos pesados para cada entrada é:

$$P_{T,NEB} = 2,40\%; P_{T,NWB} = 2,86\%; P_{T,SWB} = 1,56\%; P_{T,SEB} = 3,06\%;$$

Para $E_T = 2$ os fatores da taxa do fluxo são:

$$f_{hv,NEB} = 97,66\%; f_{hv,NWB} = 97,22\%;$$

$$f_{hv,SWB} = 98,46\%; f_{hv,SEB} = 97,03\%$$

Segue na tabela 23 com os volumes de tráfego ajustados pelo fator de ajuste de veículos pesados para todos os movimentos.

Tabela 23 – Interseção 06 - Fluxo de Veículos Ajustados pelo Fator de Veículos Pesados

Movimento	TRANSPOR				ESQUERDA			
Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Fluxo (PHF)	380	79	424	819	379	21	206	157
Movimento	DIREITA				RETORNO			
Descrição	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Fluxo (PHF)	156	28	101	544	4	11	1	4

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

Tem-se que a taxa de fluxo de circulação para todas as direções são:

$$v_{c,NEB,pce} = 1019 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,NWB,pce} = 323 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{c,SWB,pce} = 1013 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,SEB,pce} = 935 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

Para a ordenação de movimento de entrada LT e RT, através da tabela 3, a configuração de ordenação de movimento não se alterou, permaneceu LT e RT, sendo assim, através da tabela 4 e da tabela 5 calculou-se o fluxo de entrada para os ramos conforme cálculo apresentado na sequência.

$$v_{e,NEB,esq,pce} = 65 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,NEB,dir,pce} = 74 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,NWB,esq,pce} = 716 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,NWB,dir,pce} = 807 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,SWB,esq,pce} = 432 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,SWB,dir,pce} = 487 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,SEB,esq,pce} = 344 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,SEB,dir,pce} = 388 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para todos os ramos, há uma pista de circulação e duas pistas de entrada, logo os valores de capacidade são:

$$c_{NEB,esq,pce} = c_{NEB,dir,pce} = 408 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$c_{NWB,esq,pce} = c_{NWB,dir,pce} = 818 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$c_{SWB,esq,pce} = c_{SWB,dir,pce} = 410 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$c_{SEB,esq,pce} = c_{SEB,dir,pce} = 443 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$v_{e,NEB,esq} = 64 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,NEB,dir} = 72 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,NWB,esq} = 696 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,NWB,dir} = 785 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,SWB,esq} = 425 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,SWB,dir} = 480 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,SEB,esq} = 334 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,SEB,dir} = 376 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{e,NEB,esq} = 398 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,NEB,dir} = 398 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$c_{e,NWB,esq} = 795 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,NWB,dir} = 795 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,SWB,esq} = 404 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SWB,dir} = 404 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,SEB,esq} = 430 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SEB,dir} = 430 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.
Tem-se que a relação do volume pela capacidade para cada faixa são:

$$x_{NEB,esq} = 0,16; x_{NEB,dir} = 0,18$$

$$x_{NWB,esq} = 0,88; x_{NWB,dir} = 0,99$$

$$x_{SWB,esq} = 1,05; x_{SWB,dir} = 1,19$$

$$x_{SEB,esq} = 0,78; x_{SEB,dir} = 0,87$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.
Os valores de controle de atraso para cada faixa são:

$$d_{NEB,esq} = 11,56 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NEB,dir} = 11,92 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{NWB,esq} = 31,56 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB,dir} = 51,51 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SWB,esq} = 91,88 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SWB,dir} = 136,91 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SEB,esq} = 35,72 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB,dir} = 48,49 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

De acordo com o tempo de atraso calculado e a tabela 7 determinou-se os seguintes níveis de serviço:

$$entrada_{NEB,esq} := B; entrada_{NEB,dir} := B;$$

$$entrada_{NWB,esq} := D; entrada_{NWB,dir} := F;$$

$$entrada_{SWB,esq} := F; entrada_{SWB,dir} := F;$$

$$entrada_{SEB,esq} := E; entrada_{SEB,dir} := E;$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$d_{NEB} = 11,75 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB} = 42,13 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{SWB} = 115,75 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 42,49 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

$$d_{interseção} = 61,54 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, F.

4.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS SUGESTÕES PARA DEMANDAS ATUAIS

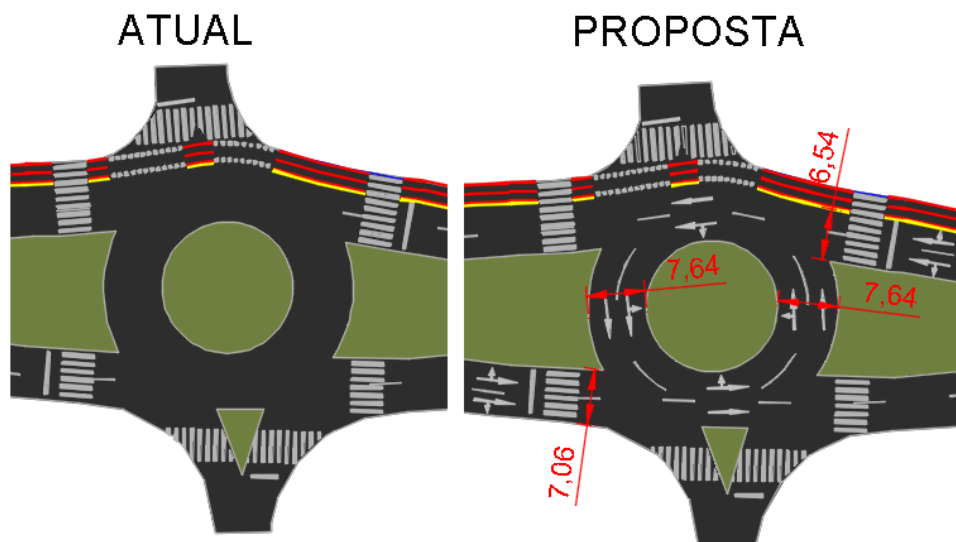
Como a solução por rótulas já é uma boa resolutiva para o melhor desempenho da mobilidade de tráfegos, como visto na revisão bibliográfica, as sugestões propostas basearam-se nesta mesma ideia, porém com algumas interferências pontuais para que a capacidade de cada faixa melhore. Aspectos econômicos e de conveniência também foram um motivo para a escolha das propostas, uma vez que não é preciso alterar o desenho geométrico das interseções, pelo fato das mesmas comportarem a sugestão proposta. Sendo assim a interferência do proposto se limita a serviços de sinalização viária nas faixas e alteração do ciclo semafórico.

4.3.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lentsch

A sugestão para esta interseção é aumentar o número de faixas de circulação, de uma faixa para duas faixas, intervenção que afeta diretamente a capacidade das faixas de entrada da direção norte e sul. Como as entradas de

direção oeste e leste já conflitam com duas pistas de circulação, a sugestão se restringe a direção norte e sul. A proposta pode ser verificada na figura 47.

Figura 47 – Proposta da Interseção 01



Fonte: AUTOR (2019)

O procedimento de cálculo e os valores do passo 01 ao 04 é o mesmo visto na seção 3.2.1, portanto será mostrado o passo a passo a partir do passo 05.

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Segue os valores recalculados para a capacidade de fluxo da direção norte e sul. Os valores da direção leste e oeste permanecem o mesmo.

$$c_{NB,esq,pce} = 867 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{NB,dir,pce} = 883 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$$c_{SB,esq,pce} = 874 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{SB,dir,pce} = 889 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$c_{NB,esq} = 817 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{NB,dir} = 831 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

$$c_{SB,esq} = 795 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{SB,dir} = 808 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Os outros valores permanecem inalterados.

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Os novos valores da relação do volume pela capacidade das faixas de entrada da direção norte e sul são:

$$x_{NB,esq} = 0,68; x_{NB,dir} = 0,75$$

$$x_{SB,esq} = 0,72; x_{SB,dir} = 0,80$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Segue os novos valores de controle de atraso para as entradas norte e sul.

$$d_{NB,esq} = 16,62 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NB,dir} = 20,02 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SB,esq} = 18,73 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SB,dir} = 23,32 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

Segue o nível de serviço para esta situação.

$$entrada_{NB,esq} := C; entrada_{NB,dir} := C;$$

$$entrada_{SB,esq} := C; entrada_{SB,dir} := C;$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$d_{NB} = 18,42 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SB} = 21,17 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{WB} = 23,93 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{EB} = 16,74 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

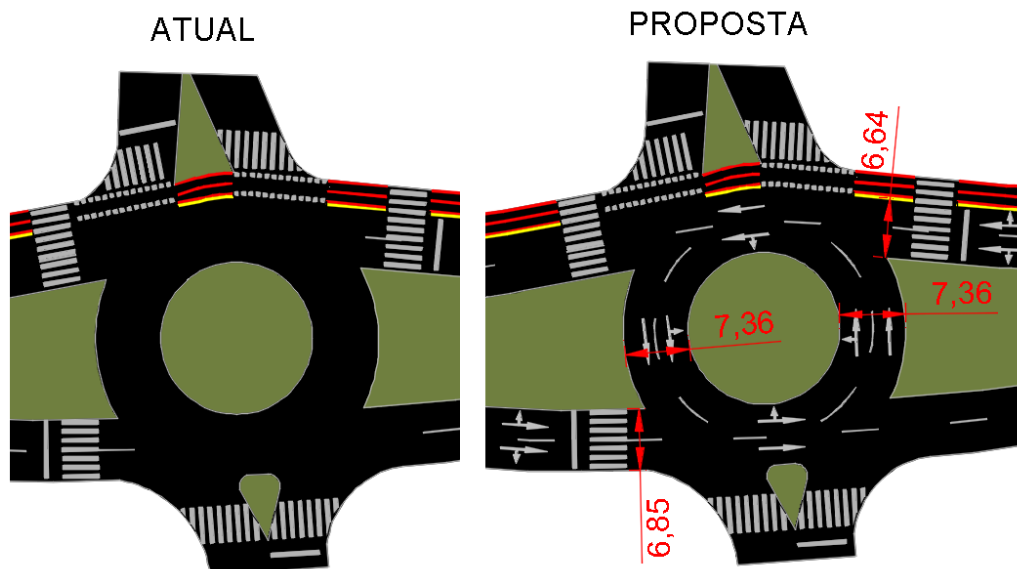
$$d_{interseção} = 20,12 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, C. Com a sugestão apresentada o controle de atraso foi de $26,51 \left(\frac{s}{veh} \right)$ para $20,12 \left(\frac{s}{veh} \right)$ e o nível de serviço foi de D para C.

4.3.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas

A sugestão para esta interseção é aumentar o número de faixas de circulação, de uma faixa para duas faixas, intervenção que afeta diretamente a capacidade das faixas de entrada da direção norte e sul. Como as entradas de direção oeste e leste já conflitam com duas pistas de circulação, a sugestão se restringe a direção norte e sul. A proposta pode ser verificada na figura 48.

Figura 48 – Proposta da Interseção 02



Fonte: AUTOR (2019)

O procedimento de cálculo e os valores do passo 01 ao 04 é o mesmo visto na seção 3.2.2, portanto será mostrado o passo a passo a partir do passo 05.

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Os valores recalculados para a capacidade de fluxo da direção norte e sul são apresentados a seguir. Os valores da direção leste e oeste permanecem os mesmos.

$$c_{NB,esq,pce} = 672 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{NB,dir,pce} = 696 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$$c_{SB,esq,pce} = 785 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{SB,dir,pce} = 804 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$c_{NB,esq} = 643 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{NB,dir} = 665 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

$$c_{SB,esq} = 755 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{SB,dir} = 774 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Os outros valores permanecem inalterados.

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Os novos valores da relação do volume pela capacidade das faixas de entrada da direção norte e sul são:

$$x_{NB,esq} = 0,70; x_{NB,dir} = 0,77$$

$$x_{SB,esq} = 0,89; x_{SB,dir} = 0,98$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Segue os novos valores de controle de atraso para as entradas norte e sul.

$$d_{NB,esq} = 21,30 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NB,dir} = 24,71 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SB,esq} = 34,26 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SB,dir} = 49,69 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

Segue o nível de serviço para esta situação.

$$entrada_{NB,esq} := C; entrada_{NB,dir} := C;$$

$$entrada_{SB,esq} := D; entrada_{SB,dir} := E;$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$d_{NB} = 23,11 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SB} = 42,44 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{WB} = 16,24 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{EB} = 24,77 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

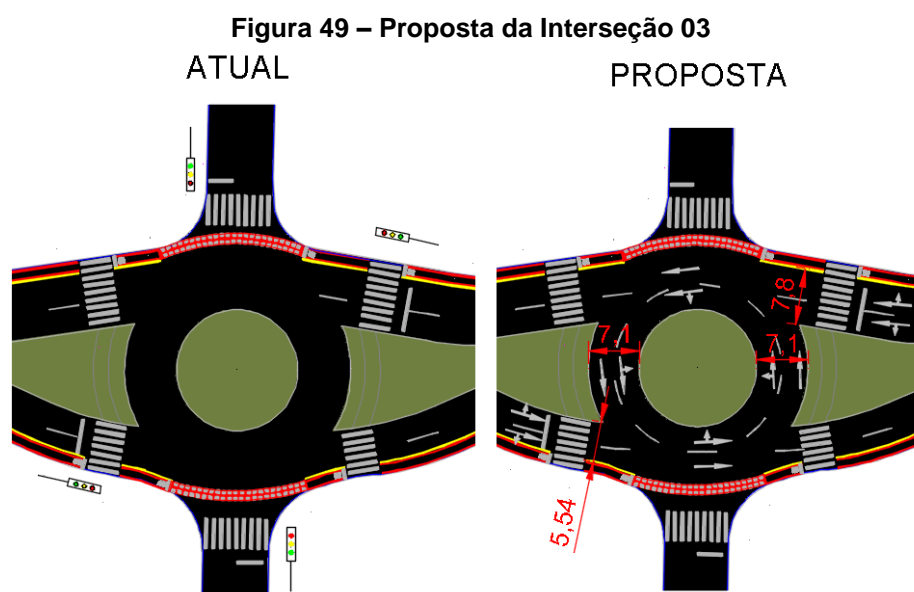
Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

$$d_{interseção} = 31,04 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, D. Com a sugestão apresentada o controle de atraso foi de $54,81 \left(\frac{s}{veh} \right)$ para $31,04 \left(\frac{s}{veh} \right)$ e o nível de serviço foi de F para D.

4.3.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná

Para esta interseção a sugestão de melhoria é passar de interseção semafórica para uma interseção com rótula. E como a interseção já possui uma rótula, a interferência se resume em apenas retirar a sinalização semafórica. A proposta pode ser verificada na figura 49.



Fonte: AUTOR (2019)

O procedimento de cálculo e os valores do passo 01 e 04 é o mesmo visto na seção 3.2.3, portanto será mostrado o passo a passo a partir do passo 03.

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

Tem-se que a taxa de fluxo de circulação para todos as direções são:

$$v_{c,NEB,pce} = 570 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,NWB,pce} = 244 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{c,SWB,pce} = 1577 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{c,SEB,pce} = 175 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

Para a ordenação de movimento de entrada LT e RT, através da tabela 3, a configuração de ordenação de movimento não se alterou, permaneceu LT e RT, sendo assim, através da tabela 4 e da tabela 5 calculou-se o fluxo de entrada para os ramos conforme cálculo a seguir.

$$v_{e,NEB,pce} = 206 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,NWB,esq,pce} = 711 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,NWB,esq,pce} = 802 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$v_{e,SWB,pce} = 146 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$v_{e,SEB,esq,pce} = 238 \left(\frac{pc}{h}\right); v_{e,SEB,esq,pce} = 269 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para os ramos nordeste, noroeste e sudeste, há duas pistas de circulação e duas pistas de entrada, e para o ramo sudoeste, há uma pista de entrada para duas pistas de circulação, logo os valores são:

$$c_{e,NEB,pce} = 737 \left(\frac{pc}{h}\right);$$

$$c_{e,NWB,esq,pce} = 941 \left(\frac{pc}{h}\right); c_{e,NWB,esq,pce} = 953 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$c_{e,SWB,pce} = 375 \left(\frac{pc}{h} \right);$$

$$c_{e,SEB,esq,pce} = 991 \left(\frac{pc}{h} \right); c_{e,SEB,esq,pce} = 1000 \left(\frac{pc}{h} \right);$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$v_{e,NEB} = 200 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$v_{e,NWB,esq} = 674 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,NWB,esq} = 721 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$v_{e,SWB} = 142 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$v_{e,SEB,esq} = 223 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SEB,esq} = 252 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,NEB} = 715 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,NWB,esq} = 892 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,NWB,esq} = 903 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,SWB} = 364 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

$$c_{e,SEB,esq} = 929 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SEB,esq} = 937 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Tem-se que a relação do volume pela capacidade para cada faixa são:.

$$x_{NEB} = 0,28;$$

$$x_{NWB,esq} = 0,76; x_{NWB,dir} = 0,84;$$

$$x_{SWB} = 0,39;$$

$$x_{SEB,esq} = 0,24; x_{SEB,dir} = 0,27$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Os valores de controle de atraso para cada faixa são:

$$d_{NEB} = 8,38 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{NWB,esq} = 19,13 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB,dir} = 25,31 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SWB} = 18,02 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SEB,esq} = 6,30 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB,dir} = 6,60 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

Segue, classificação de controles de atrasos:

$$entrada_{NEB} := A;$$

$$entrada_{NWB,esq} := C; entrada_{NWB,dir} := D;$$

$$entrada_{SWB} := C;$$

$$entrada_{SEB,esq} := A; entrada_{SEB,dir} := A;$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$d_{NEB} = 22,40 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB} = 18,02 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_{SWB} = 6,46 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 8,38 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

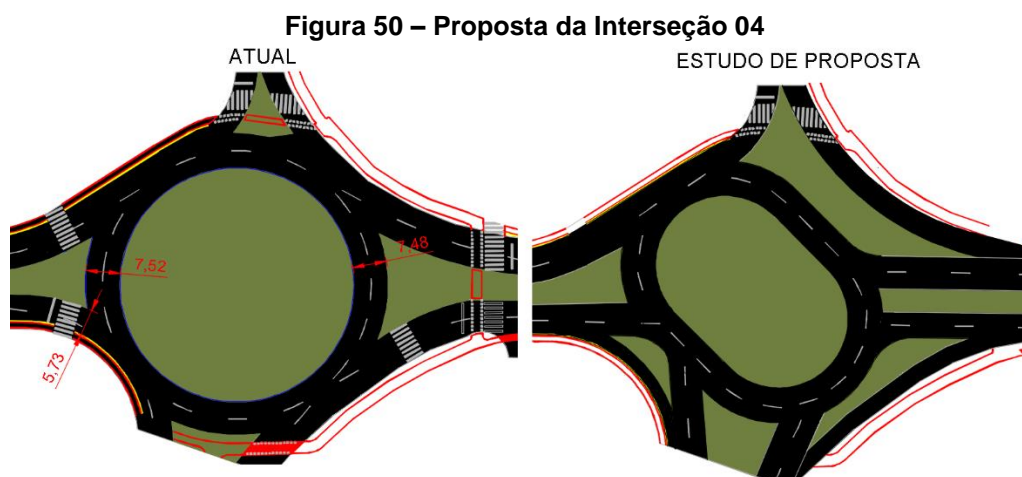
$$d_{interseção} = 17,52 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, C. Com a sugestão apresentada o controle de atraso foi de $61,89 \left(\frac{s}{veh}\right)$ para $17,52 \left(\frac{s}{veh}\right)$ e o nível de serviço foi de E para C. O nível de serviço E é correspondente a tabela de interseção com rótulas.

4.3.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Júlio Silvestre

Para esta interseção estudou-se a possibilidade da proposta apresentada aqui, porém como seu impacto no desempenho da interseção não é significativo e depende de intervenções de obras de engenharia, a proposta aqui foi descartada. Segue o desenvolvimento da proposta.

A sugestão para essa interseção foi acrescentar uma faixa de desvio para a direita nas entradas de direção noroeste, nordeste e sudeste, mudança esta que faz com que o volume de veículos de entrada nessas direções diminua e seja direcionado para a saída das direções sudoeste, sudeste e nordeste. Para melhor entendimento a figura 50 ilustra a situação.



Fonte: AUTOR (2019)

Como o procedimento de cálculo é o mesmo apresentado na seção 3.2.4 nos passos 01, 02 e 05. O desenvolvimento de cálculo nesta seção apresenta os passos 03, 04 e do passo 07 até o último passo.

Passo 03: Determinar as taxas de fluxo de saída e de circulação na rótula.

Os fluxos de circulação são os mesmos, pois os movimentos à direita não circulam a rótula. Através da equação 6, calculou-se os volumes de saída, conforme apresentado a seguir.

$$v_{ex,SB,pce} = v_{NBU,pce} + v_{WBL,pce} + v_{SBT,pce} + v_{EBR,pce} - v_{EBR,pce,bypass}$$

$$v_{ex,SEB,pce} = v_{NWBU,pce} + v_{SWBL,pce} + v_{SEBT,pce} + v_{NEBR,pce} - v_{NEBR,pce,bypass}$$

$$v_{ex,SEB,pce} = 0 + 156 + 518 + 266 - 266 = 674 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Da mesma forma para as outras saídas tem-se:

$$v_{ex,NEB,pce} = 330 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{ex,SWB,pce} = 412 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Passo 04: Determinar as taxas de fluxo de entrada por faixa.

Para a ordenação de movimento de entrada LT e RT, através da tabela 3, a configuração de ordenação de movimento não se alterou, permaneceu LT e RT, sendo assim, através da tabela 4 e da tabela 5 calculou-se o fluxo de entrada para os ramos conforme cálculo a seguir.

$$v_{e,NEB,esq,pce} = 686 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{e,NEB,dir,pce} = 608 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{desvio,NEB,dir,pce} = 132 \left(\frac{pc}{h} \right);$$

$$v_{e,NWB,esq,pce} = 387 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{e,NWB,esq,pce} = 437 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

$$v_{e,SWB,pce} = 369 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{desvio,SWB,pce} = 74 \left(\frac{pc}{h} \right);$$

$$v_{e,SEB,esq,pce} = 261 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{e,SEB,esq,pce} = 295 \left(\frac{pc}{h} \right); v_{desvio,SEB,esq,pce} = 266 \left(\frac{pc}{h} \right)$$

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

A capacidade de entrada não se altera. Segue os cálculos das capacidades de saída das direções sudoeste, sudeste e noroeste.

$$C_{desvio,NEB,pce} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*v_{c,NEB,pce}} = 1.130 * e^{(-1,0*10^{-3})*330} = 812 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{desvio,SWB,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,SWB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*412} = 847 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

$$C_{desvio,SEB,pce} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*v_{c,SEB,pce}} = 1.130 * e^{(-0,7*10^{-3})*674} = 705 \left(\frac{pc}{h}\right)$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$v_{e,NEB,esq} = 580 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,NEB,dir} = 699 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{desvio,NEB,esq} = 124 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,NWB,esq} = 387 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,NWB,esq} = 437 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,SWB} = 359 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{desvio,SWB,esq} = 72 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$v_{e,SEB,esq} = 252 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,SEB,esq} = 284 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{desvio,SEB,esq} = 246 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$C_{e,NEB,esq} = 631 \left(\frac{veh}{h}\right); C_{e,NEB,dir} = 654 \left(\frac{veh}{h}\right); C_{desvio,NEB,dir} = 765 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$C_{e,NWB,esq} = 385 \left(\frac{veh}{h}\right); C_{e,NWB,esq} = 412 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$C_{e,SWB} = 306 \left(\frac{veh}{h}\right); C_{desvio,SWB} = 824 \left(\frac{veh}{h}\right);$$

$$C_{e,SEB,esq} = 711 \left(\frac{veh}{h}\right); C_{e,SEB,esq} = 731 \left(\frac{veh}{h}\right); C_{desvio,SEB,esq} = 653 \left(\frac{veh}{h}\right)$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Tem-se que a relação do volume pela capacidade para cada faixa são:

$$x_{NEB,esq} = 1,04; x_{NEB,dir} = 0,89; x_{desvio,NEB} = 0,16;$$

$$\begin{aligned}
 x_{NWB,esq} &= 0,93; x_{NWB,dir} = 0,98; \\
 x_{SWB} &= 1,17; x_{desvio,SWB} = 0,09; \\
 x_{SEB,esq} &= 0,35; x_{SEB,dir} = 0,39; x_{desvio,SEB} = 0,38
 \end{aligned}$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Os valores de controle de atraso para cada faixa são:

$$\begin{aligned}
 d_{NEB,esq} &= 70,94 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NEB,dir} = 37,75 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{desvio,NEB} = 6,42 \left(\frac{s}{veh} \right); \\
 d_{NWB,esq} &= 62,88 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB,dir} = 71,86 \left(\frac{s}{veh} \right); \\
 d_{SBW} &= 142,90 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{desvio,SBW} = 5,22 \left(\frac{s}{veh} \right); \\
 d_{SEB,esq} &= 9,58 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB,dir} = 9,95 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{desvio,SEB} = 10,71 \left(\frac{s}{veh} \right)
 \end{aligned}$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

De acordo com o tempo de atraso calculado e a tabela 7 determinou-se os seguintes níveis de serviço:

$$\begin{aligned}
 entrada_{NEB,esq} &:= F; entrada_{NEB,dir} := E; saída_{NEB} := A; \\
 entrada_{NWB,esq} &:= F; entrada_{NWB,dir} := F; \\
 entrada_{SWB} &:= F; saída_{SWB} := A; \\
 entrada_{SEB,esq} &:= A; entrada_{SEB,dir} := A; saída_{SEB} := B
 \end{aligned}$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$\begin{aligned}
 d_{NEB} &= 50,88 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB} = 67,64 \left(\frac{s}{veh} \right); \\
 d_{SWB} &= 119,99 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 10,07 \left(\frac{s}{veh} \right)
 \end{aligned}$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

$$d_{interseção} = 57,85 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

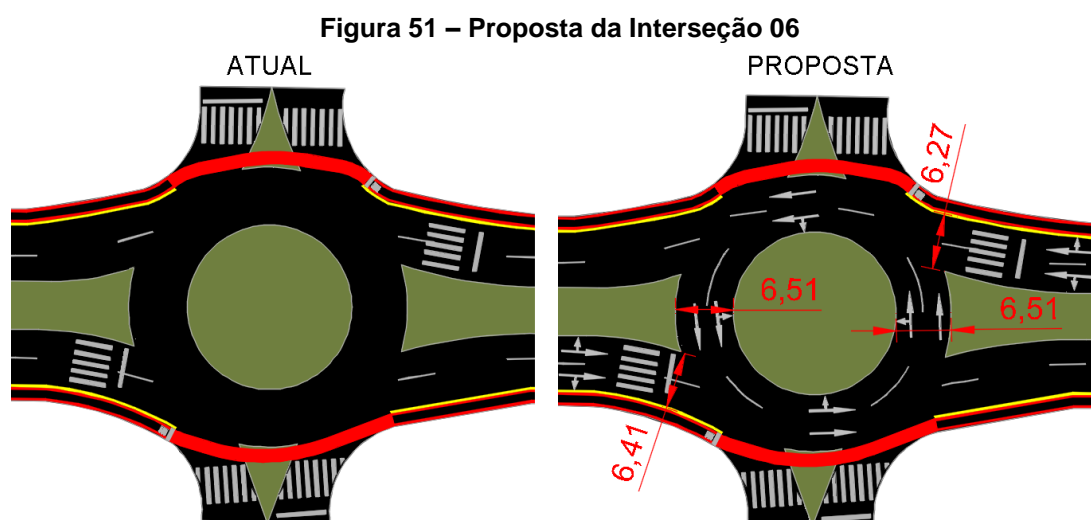
Valor que corresponde ao nível de serviço, F. Com a sugestão apresentada o controle de atraso foi de $97,90 \left(\frac{s}{veh} \right)$ para $57,85 \left(\frac{s}{veh} \right)$ e o nível de serviço F, não foi alterado.

4.3.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guaíra

Para esta interseção não verificou-se melhor situação do que a situação atual. Portanto não é apresentado desenvolvimento de cálculo neste item.

4.3.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro

A sugestão para esta interseção é aumentar o número de faixas de circulação, de uma faixa para duas faixas, intervenção que afeta diretamente a capacidade das faixas de entrada de todas as direções, pois em toda rótula há uma faixa de circulação. A proposta pode ser verificada na figura 51.



Fonte: AUTOR (2019)

O procedimento de cálculo e os valores do passo 01 ao 04 é o mesmo visto na seção 3.2.2, será mostrado a partir do passo 05, onde se alterou os valores.

Passo 05: Determinar a capacidade de cada pista de entrada.

Para a situação de duas pistas de entrada e duas pistas de circulação tem-se que os valores de capacidade são:

$$\begin{aligned}c_{NEB,esq,pce} &= 526 \left(\frac{pc}{h}\right); c_{NEB,dir,pce} = 554 \left(\frac{pc}{h}\right); \\c_{NWB,esq,pce} &= 887 \left(\frac{pc}{h}\right); c_{NWB,dir,pce} = 901 \left(\frac{pc}{h}\right); \\c_{SWB,esq,pce} &= 528 \left(\frac{pc}{h}\right); c_{SWB,dir,pce} = 556 \left(\frac{pc}{h}\right); \\c_{SEB,esq,pce} &= 560 \left(\frac{pc}{h}\right); c_{SEB,dir,pce} = 587 \left(\frac{pc}{h}\right)\end{aligned}$$

Passo 06: não realizado conforme metodologia estabelecida, pela baixa interferência de pedestres na avenida por baixa interferência nos resultados e pelo alto fluxo de veículos, possibilitando a passagem dos pedestres entre os veículos em espera.

Passo 07: Converter a taxa de fluxo e a capacidade de cada faixa em veículos por hora.

Tem-se que os valores reajustados são:

$$\begin{aligned}c_{e,NEB,esq} &= 514 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,NEB,dir} = 541 \left(\frac{veh}{h}\right); \\c_{e,NWB,esq} &= 862 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,NWB,dir} = 876 \left(\frac{veh}{h}\right); \\c_{e,SWB,esq} &= 520 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,SWB,dir} = 547 \left(\frac{veh}{h}\right); \\c_{e,SEB,esq} &= 544 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,SEB,dir} = 570 \left(\frac{veh}{h}\right)\end{aligned}$$

Passo 08: Calcular a relação do volume pela capacidade para cada faixa.

Tem-se que a relação do volume pela capacidade para cada faixa são:

$$x_{NEB,esq} = 0,12; x_{NEB,dir} = 0,13;$$

$$x_{NWB,esq} = 0,81; x_{NWB,dir} = 0,90;$$

$$x_{SWB,esq} = 0,82; x_{SWB,dir} = 0,88;$$

$$x_{SEB,esq} = 0,61; x_{SEB,dir} = 0,66$$

Passo 09: Calcular a média de controle de atraso para cada faixa.

Os valores de controle de atraso para cada faixa são:

$$d_{NEB,esq} = 8,62 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NEB,dir} = 8,34 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{NWB,esq} = 23,15 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB,dir} = 32,13 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SWB,esq} = 34,97 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SWB,dir} = 41,13 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SEB,esq} = 19,65 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB,dir} = 21,07 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Passo 10: Determinar o Nível de Serviço para cada faixa em cada entrada.

De acordo com o tempo de atraso calculado e a tabela 7 determinou-se os seguintes níveis de serviço:

$$entrada_{NEB,esq} := A; entrada_{NEB,dir} := A;$$

$$entrada_{NWB,esq} := C; entrada_{NWB,dir} := D;$$

$$entrada_{SWB,esq} := D; entrada_{SWB,dir} := E;$$

$$entrada_{SEB,esq} := C; entrada_{SEB,dir} := C$$

Passo 11: Determinar o Atraso Médio e o Nível de Serviço da rótula como um todo.

Tem-se que o controle de atraso para todas as entradas, são apresentados a seguir.

$$d_{NEB} = 8,47 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{NWB} = 27,91 \left(\frac{s}{veh} \right);$$

$$d_{SWB} = 38,23 \left(\frac{s}{veh} \right); d_{SEB} = 20,40 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Segue o controle de atraso para a interseção como um todo:

$$d_{interseção} = 28,33 \left(\frac{s}{veh} \right)$$

Valor que corresponde ao nível de serviço, D. Com a sugestão apresentada o controle de atraso foi de $61,54 \left(\frac{s}{veh} \right)$ para $28,33 \left(\frac{s}{veh} \right)$ e o nível de serviço foi de F para D.

4.4 ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS SUGESTÕES PROPOSTAS EM CENÁRIOS FUTUROS DE 5 E 10 ANOS

Com a projeção de veículos feita na seção 3.1 calculou-se o volume de tráfego futuro pela relação da quantidade de veículos por volume de tráfego, uma vez que é de conhecimento o volume de tráfego atual e a estimativa da população atual e futura. Após o cálculo do volume de tráfego foi feita a análise de desempenho assim como nas seções anteriores. Para as interseções com rótula foi utilizado a planilha desenvolvida para este fim e para a interseção semafórica foi utilizado o software VISSIM. Portanto como o procedimento de cálculo já foi apresentado, esta seção limita-se a apresentação dos resultados: valores de controle de atraso e sua classificação de interesse, e a comparação dos resultados com a seções anteriores.

4.4.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lensch

Segue na figura 52 todos os resultados desenvolvidos até aqui para esta interseção. Em seguida os valores são interpretados.

Figura 52 – Comparação de Resultados da Interseção 01

Av. Manoel Ribas x R. Eng. Lentsch							
CENÁRIO	NORTE (N/T2)				OESTE (W/T4)		
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA		ENTRADA	
Atual	Atraso Classif.	21.04 C	28.52 D	25.00 D	Atraso Classif.	23.93 C	
Proposta	Atraso Classif.	16.62 C	20.02 C	18.42 C	Atraso Classif.	23.93 C	
5 anos	Atraso Classif.	47.00 E	71.79 F	60.14 F	Atraso Classif.	101.25 F	
10 anos	Atraso Classif.	133.66 F	181.76 F	159.15 F	Atraso Classif.	299.56 F	
CENÁRIO	SUL (S/T1)				LESTE (E/T3)	INTERSEÇÃO	
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA		ENTRADA	GERAL
Atual	Atraso Classif.	24.13 C	34.33 D	29.54 D	Atraso Classif.	16.74 C	26.51 D
Proposta	Atraso Classif.	18.73 C	23.32 C	21.17 C	Atraso Classif.	16.74 C	20.12 C
5 anos	Atraso Classif.	59.85 F	91.35 F	76.55 F	Atraso Classif.	35.03 E	70.52 F
10 anos	Atraso Classif.	159.62 F	212.00 F	187.38 F	Atraso Classif.	90.59 F	183.29 F

Fonte: AUTOR (2019)

Observa-se que na entrada de direção Oeste mesmo após 5 anos do cenário proposto o atraso médio por veículo atinge o valor de 101,25. Resultando aproximadamente em 1 minuto e 40 segundos de espera, valor que já representa situação de congestionamento. E observando o cenário futuro de 10 anos, para a mesma entrada, verifica-se uma espera de aproximadamente 5 minutos, visualiza-se uma situação praticamente inoperante neste ramo.

Para a interseção como um todo, observa-se que o controle de atraso por veículo vai de 20,12 após a proposta para 70,52 no cenário futuro de 5 anos, representando o Nível de Serviço F, e para 183,29 no cenário futuro de 10 anos.

4.4.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas

Segue na figura 53 todos os resultados desenvolvidos até aqui para esta interseção. Em seguida os valores são interpretados.

Figura 53 – Comparação de Resultados da Interseção 02

Av. Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas								
CENÁRIO		NORTE (N/T2)			OESTE (W/T4)			
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	
Atual	Atraso	36.21	53.33	45.28	16.24	16.18	16.21	
	Classif.	E	F	E	C	C	C	
Proposta	Atraso	21.30	24.71	23.11	16.24	16.18	16.21	
	Classif.	C	C	C	C	C	C	
5 anos	Atraso	80.25	105.86	93.82	36.99	37.67	37.35	
	Classif.	F	F	F	E	E	E	
10 anos	Atraso	227.38	268.17	249.00	116.28	121.17	118.87	
	Classif.	F	F	F	F	F	F	
CENÁRIO		SUL (S/T1)			LESTE (E/T3)			INTERSEÇÃO
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	GERAL
Atual	Atraso	60.00	99.38	80.87	24.98	24.46	24.71	54.80
	Classif.	F	F	F	C	C	C	F
Proposta	Atraso	34.26	49.69	42.44	24.98	24.59	24.77	31.04
	Classif.	D	E	E	C	C	C	D
5 anos	Atraso	152.82	201.26	178.50	95.72	96.34	96.05	124.60
	Classif.	F	F	F	F	F	F	F
10 anos	Atraso	320.50	382.85	353.55	320.76	316.31	318.40	287.79
	Classif.	F	F	F	F	F	F	F

Fonte: AUTOR (2019)

Observa-se que na entrada de direção Sul após 5 anos do cenário proposto o atraso médio por veículo já atinge o valor de 178,50 e em 10 anos atinge o valor de 353,55 o que equivale em uma espera de aproximadamente 6 minutos e 30 segundos, cenário caótico.

Verifica-se a melhor situação no ramo Oeste, representado pelo valor de atraso médio por veículo de 118,87 em um cenário futuro de 10 anos.

Para a interseção como um todo, observa-se que o controle de atraso por veículo vai de 31,04 para a situação proposta para 124,60 no cenário futuro de 5 anos, representando o Nível de Serviço F, e para 287,79 no cenário futuro de 10 anos.

4.4.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná

Segue na figura 54 todos os resultados desenvolvidos até aqui para esta interseção. Em seguida os valores são interpretados.

Figura 54 – Comparação de Resultados da Interseção 03

Av. Manoel Ribas x Rua Paraná							
CENÁRIO		NOROESTE (NW/T4)			SUDOESTE (SW/T1)		
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	ENT. E.	ENTRADA	
Atual	Atraso	75.79		75.79	37.45	37.45	
	Classif.	E		E	D	D	
Proposta	Atraso	19.13	25.31	22.40	18.02	18.02	
	Classif.	C	D	C	C	C	
5 anos	Atraso	63.86	102.15	84.16	45.09	45.09	
	Classif.	F	F	F	E	E	
10 anos	Atraso	160.97	219.41	191.94	148.00	148.00	
	Classif.	F	F	F	F	F	
CENÁRIO		SUDESTE (SE/T3)			NORDESTE (NE/T2)		INTERSEÇÃO
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	ENT. E.	ENTRADA	GERAL
Atual	Atraso	33.92		33.92	46.02	46.02	61.89
	Classif.	C		C	D	D	E
Proposta	Atraso	6.30	6.60	6.46	8.38	8.38	17.52
	Classif.	A	A	A	A	A	C
5 anos	Atraso	7.60	8.06	7.85	11.80	11.80	59.17
	Classif.	A	A	A	B	B	F
10 anos	Atraso	8.95	9.62	9.30	16.65	16.65	135.08
	Classif.	A	A	A	C	C	F

Fonte: AUTOR (2019)

Tem-se que para a melhores ramos no cenário futuro de 10 anos, ramo Sudeste e Nordeste, os respectivos valores de atraso médio por veículo, 9,30 e 16,65. Valores que representam uma situação favorável mesmo para o ano de projeto. Porém deve-se considerar que os fluxos de veículos nessas entradas são pequenos, portanto o benefício dessas entradas é aproveitado por um número pequeno de veículos, tornando esses valores inexpressivos na interpretação de análise como um todo.

Para a interseção como um todo, visualiza-se que o controle de atraso por veículo vai de 17,52 na situação proposta para 59,17 no cenário futuro de 5 anos, representando o Nível de Serviço F, e para 135,08 no cenário futuro de 10 anos.

4.4.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Moacir Júlio Silvestre

Segue na figura 55 todos os resultados desenvolvidos até aqui para esta interseção. Em seguida os valores são interpretados.

Figura 55 – Comparação de Resultados da Interseção 04

Av. Manoel Ribas x Av. Pref. Moacir Júlio Silvestre / R. Elias Zacalusny

CENÁRIO	NOROESTE (NW/T4)				SUDESTE (SW/T1)					
		ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA		SAÍDA	ENTRADA	ENTRADA		
Atual	Atraso	101.87	118.77	110.83	Atraso	-	142.90	142.90		
	Classif.	F	F	F	Classif.	-	F	F		
Proposta	Atraso	62.88	71.86	67.64	Atraso	5.22	-	119.99		
	Classif.	F	F	F	Classif.	A	-	F		
5 anos	Atraso	239.71	259.88	250.40	Atraso	5.82	-	381.01		
	Classif.	F	F	F	Classif.	A	-	F		
10 anos	Atraso	560.68	579.09	570.44	Atraso	6.55	-	820.63		
	Classif.	F	F	F	Classif.	A	-	F		
CENÁRIO	SUDESTE (SE/T3)				NORDESTE (E/T2)				INTERSEÇÃO	
		SAÍDA	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	SAÍDA	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	GERAL
Atual	Atraso	-	10.42	10.92	10.68	-	146.25	79.65	114.95	97.90
	Classif.	-	B	B	B	-	F	F	F	F
Proposta	Atraso	10.71	9.58	9.95	10.07	6.42	70.94	37.75	50.88	57.85
	Classif.	B	A	A	B	A	F	E	F	F
5 anos	Atraso	14.97	12.89	13.60	13.81	7.50	221.65	132.67	164.05	190.62
	Classif.	B	B	B	B	A	F	F	F	F
10 anos	Atraso	23.74	19.05	20.81	21.16	8.90	443.01	308.19	345.68	413.85
	Classif.	C	C	C	C	A	F	F	F	F

Fonte: AUTOR (2019)

Na entrada de direção Sudeste o valor de 21,16 do controle de atraso médio por veículo é representativo pois o fluxo de veículos nessa entrada é alto, situação contrária a qual visualizou-se nas entradas de direção Sudeste e Nordeste da interseção 3. Mesmo o resultado nessa entrada sendo significativo para a interseção como um todo, os resultados nas outras entradas são representados por valores muito altos, o que resulta em um controle de atraso médio por veículo de 413,85 para a interseção com um todo. O valor pode ser aproximado a 7 minutos de espera.

Para a entrada de direção Sudoeste, visualiza-se que o controle de atraso por veículo em 5 anos é de 381,01, representando o Nível de Serviço F, e de 820,63 em 10 anos. Valores que não são tão representativos quando se observa o impacto deles na interseção total, uma vez que o fluxo de veículos nesta entrada é baixo, comparando-se com os outros fluxos.

4.4.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guáira

Segue na figura 56 todos os resultados desenvolvidos até aqui para esta interseção. Em seguida os valores são interpretados.

Figura 56 – Comparação de Resultados da Interseção 05

Av. Manoel Ribas x Av. Rua Guáira					
CENÁRIO	NOROESTE (NW/T4)			SUDOESTE (SW/T1)	
		ENTRADA	-	ENTRADA	-
Atual	Atraso	21.93	-	25.51	-
	Classif.	C	-	C	-
Proposta	Atraso	21.93	-	25.51	-
	Classif.	C	-	C	-
5 anos	Atraso	29.23	-	33.47	-
	Classif.	C	-	C	-
10 anos	Atraso	43.41	-	70.62	-
	Classif.	D	-	E	-
CENÁRIO	NORDESTE (E/T2)			INTERSEÇÃO	
		ENTRADA	-	GERAL	
Atual	Atraso	25.31	-	24.44	
	Classif.	C	-	C	
Proposta	Atraso	25.31	-	24.44	
	Classif.	C	-	C	
5 anos	Atraso	39.20	-	34.17	
	Classif.	D	-	C	
10 anos	Atraso	72.76	-	63.69	
	Classif.	E	-	E	

Fonte: AUTOR (2019)

Para a interseção 05, que é definida como interseção semafórica, apresentou-se os melhores resultados para os cenários futuros em comparação com os resultados das outras interseções. Observa-se que o valor para o atraso médio por veículo na interseção como um todo para a situação de proposta ou atual, uma vez que os cenários são os mesmos pois não apresentou-se proposta para esta interseção pelos motivos já explicados, é de 24,44. Comparando-se este valor com o valor da interseção 01, o qual é de 20,12, espera-se que o valor para o cenário futuro da interseção 05 seja maior que o da interseção 01, porém não é o que acontece, pois calcula-se o valor de 63,69 para a interseção 05 e o valor de 183,29 para a interseção 01. Primeiro deve-se destacar que não é comparado interseções com designações iguais, compara-se uma interseção semafórica com uma interseção com rotatória. E segundo pode-se explicar esta não concordância pelo fato de que o semáforo, no momento presente, já está

projetado para o cenário futuro, fazendo com que os resultados da interseção 05 não aumentem como os resultados da interseção 01. Concluindo-se que o desempenho para o cenário atual pode ainda ser melhorado.

4.4.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro

Segue na figura 57 todos os resultados desenvolvidos até aqui para esta interseção. Em seguida os valores são interpretados.

Figura 57 – Comparação de Resultados da Interseção 06

Av. Manoel Ribas x Rua XV de Novembro

CENÁRIO	NOROESTE (NW/T4)			SUDOESTE (SW/T1)				
	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA		
Atual	Atraso Classif.	31.56 D	51.51 F	42.13 E	91.88 F	136.91 F	115.75 F	
Proposta	Atraso Classif.	23.15 C	32.13 D	27.91 D	34.97 D	41.13 E	38.23 E	
5 anos	Atraso Classif.	89.61 F	133.48 F	112.86 F	183.52 F	211.66 F	198.43 F	
10 anos	Atraso Classif.	210.60 F	271.41 F	242.83 F	435.89 F	469.54 F	453.73 F	
CENÁRIO	SUDESTE (SE/T3)			NORDESTE (E/T2)			INTERSEÇÃO	
	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	ENT. E.	ENT. D.	ENTRADA	GERAL	
Atual	Atraso Classif.	35.72 E	48.49 E	42.49 E	11.56 B	11.92 B	11.75 B	61.54 F
Proposta	Atraso Classif.	19.65 C	21.07 C	20.40 C	8.62 A	8.34 A	8.47 A	28.33 D
5 anos	Atraso Classif.	65.72 F	78.76 F	72.63 F	11.89 B	11.40 B	11.63 B	123.72 F
10 anos	Atraso Classif.	213.17 F	238.95 F	226.83 F	16.20 C	15.39 C	15.77 C	288.81 F

Fonte: AUTOR (2019)

Pode-se interpretar os resultados desta interseção da mesma maneira que foi feito na interseção 03. O controle de atraso na entrada de direção Nordeste não é representativo, pois o fluxo de veículos nessa entrada não é expressivo. E no cenário futuro de 5 anos a interseção já atinge o Nível de Serviço F, que é correspondido pelo controle de atraso de valor de 123,72 e para o cenário futuro atinge-se o valor de 288,81, aproximadamente 5 minutos de espera.

4.4.7 Análise da Proposta

Pode-se concluir que as alterações propostas surtem um efeito imediato positivo, conforme as planilhas verificadas no apêndice, mas quando verifica-se o horizonte futuro, as interseções atingem o colapso já nos primeiros 5 anos, com exceção da interseção 05. Portanto nas próximas seções será avaliado uma proposta complementar para a problemática futura.

4.5 ANÁLISE DE CAPACIDADE E DEMANDA MEDIDA EM PESSOAS

Para a busca de uma proposta resolutive no cenário futuro, trabalhou-se os números, que antes eram medidos em veículos por hora, em pessoas por hora. Esta forma diferente de visualização nos permite solucionar o problema através de intervenções que possibilitem a melhor disposição das pessoas nos veículos que trafegam o ambiente de estudo e não através de interferências que melhorem a circulação destes veículos.

4.5.1 Interseção 01 – Avenida Manoel Ribas x Rua Engenheiro Lensch

Nesta seção avaliou-se os fluxos de entrada somente da Avenida Manoel Ribas, pois é o objeto de estudo deste trabalho.

Para o tráfego de projeto, a capacidade por ramo é a soma da capacidade das faixas de entrada, do mesmo modo calcula-se a taxa de fluxo da demanda. Logo a capacidade e a taxa de fluxo da demanda de cada ramo ainda medidas em veículos por hora da Avenida Manoel Ribas é:

$$C_{e,NB} = C_{NB,esq} + C_{NB,dir} = 705 + 725 = 1430 \left(\frac{veh}{h} \right);$$

De igual modo para as outras situações tem-se:

$$C_{e,SB} = 1396 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,NB} = 1836 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SB} = 1886 \left(\frac{veh}{h} \right)$$

Considerando a porcentagem de tipos de veículos (carros, ônibus e caminhão) de cada interseção, e a quantidade média de pessoas por tipo de

veículos calculou-se a capacidade de cada segmento medida em pessoas por hora. Seguem os valores das porcentagens de cada tipo de veículos.

$$PT_{NB,oni} = 1,88\%; PT_{NB,veh} = 98,12\%;$$

$$PT_{SB,oni} = 2,1\%; PT_{SB,veh} = 87,9\%;$$

Considerou-se que cada carro e caminhão transporta 1,2 pessoas (k_{veh}) de acordo com a média de São Paulo, como estudo realizado pela Folha de São Paulo (2015) E como a análise está sendo realizada para o horário de pico, a quantidade de pessoas por ônibus corresponderá a capacidade de lotação do ônibus convencional leve que é de 70 (k_{oni}) pessoas conforme números estabelecidos pela norma NBR 15575:2009. O município de Guarapuava utilizada o ônibus convencional do tipo leve conforme dado obtido através do site da prefeitura CONCIDADE. Portanto o cálculo da capacidade é representado pela soma da quantidade de veículos do transporte coletivo vezes a capacidade total de pessoas para um veículo deste tipo de transporte e da quantidade de veículos do transporte autônomo vezes a média de pessoas que utilizam um veículo deste tipo de transporte. É considerado a média pois a real utilização da capacidade para este tipo de transporte depende de diversos outros fatores, uma vez que se trata de veículo particular, situação que é diferente para o transporte coletivo, pois sua aplicação é possível. Segue exemplo de cálculo para a entrada de direção Norte e o resultado da entrada de direção Sul.

$$C_{e,NB,pes} = C_{e,NB} * PT_{NB,oni} * k_{oni} + C_{e,NB} * PT_{NB,veh} * k_{veh};$$

$$C_{e,NB,pes} = 1430 * 0,0188 * 70 + 1430 * 0,9812 * 1,2 = 3561 \left(\frac{pes}{h}\right);$$

$$C_{e,SB,pes} = 3694 \left(\frac{pes}{h}\right)$$

Para o cálculo da demanda desenvolveu-se a mesma ideia e o mesmo valor de k_{oni} , pois como o estudo é realizado para o horário de pico, considera-se que os valores aproximem-se da capacidade do transporte. Segue os valores calculados.

$$v_{e,NB,pes} = 4573 \left(\frac{pes}{h}\right); v_{e,SB,pes} = 4991 \left(\frac{pes}{h}\right);$$

A quantidade de pessoas que ultrapassa a capacidade de entrada de ambas as direções é dada pela diferença da demanda e da capacidade, logo:

$$v_{ult,NB,pes} = v_{e,NB,pes} - c_{e,NB,pes} = 4573 - 3561 = 1012 \left(\frac{pes}{h} \right);$$

Do mesmo modo: $v_{ult,SB,pes} = 1296 \left(\frac{pes}{h} \right)$.

4.5.2 Interseção 02 – Avenida Manoel Ribas x Av. Sebastião de Camargo Ribas

Realizando o mesmo procedimento feito no item anterior, tem-se que para as capacidades em veículos por hora e porcentagens de tipo de veículos, obteve-se as seguintes capacidades em pessoas por hora.

$$\begin{aligned} c_{e,NB} &= 999 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SB} = 1266 \left(\frac{veh}{h} \right); \\ v_{e,NB} &= 1478 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SB} = 2190 \left(\frac{veh}{h} \right); \\ PT_{NB,oni} &= 1,9\%; PT_{NB,veh} = 98,1\%; \\ PT_{SB,oni} &= 1,74\%; PT_{SB,veh} = 98,26\%; \\ c_{NB,pes} &= 2511 \left(\frac{pes}{h} \right); c_{SB,pes} = 3035 \left(\frac{pes}{h} \right); \\ v_{e,NB,pes} &= 3714 \left(\frac{pes}{h} \right); v_{e,SB} = 5251 \left(\frac{pes}{h} \right) \end{aligned}$$

Como realizado anteriormente a quantidade de pessoas que ultrapassa a capacidade de entrada de ambas as direções é dada pela diferença da demanda e da capacidade, logo:

$$v_{ult,NB,pes} = 1203 \left(\frac{pes}{h} \right); v_{ult,SB,pes} = 2216 \left(\frac{pes}{h} \right)$$

4.5.3 Interseção 03 – Avenida Manoel Ribas x Rua Paraná

Realizando o mesmo procedimento feito nos itens anteriores, tem-se que para as capacidades em veículos por hora e porcentagens de tipo de veículos, obteve-se as seguintes capacidades em pessoas por hora.

$$\begin{aligned}
 c_{e,NWB} &= 1629 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SEB} = 1739 \left(\frac{veh}{h} \right); \\
 v_{e,NWB} &= 2229 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SEB} = 738 \left(\frac{veh}{h} \right); \\
 PT_{NWB,oni} &= 1,74\%; PT_{NWB,veh} = 98,26\%; \\
 PT_{SEB,oni} &= 1,88\%; PT_{SEB,veh} = 98,12\%; \\
 c_{NWB,pes} &= 3908 \left(\frac{pes}{h} \right); c_{SEB,pes} = 4332 \left(\frac{pes}{h} \right) \\
 v_{NWB,pes} &= 5347 \left(\frac{pes}{h} \right); v_{SEB,pes} = 1838 \left(\frac{pes}{h} \right)
 \end{aligned}$$

Quantidade de pessoas que ultrapassa a capacidade de entrada:

$$v_{ult,NWB,pes} = 1439 \left(\frac{pes}{h} \right); v_{ult,SEB,pes} = -2494 \left(\frac{pes}{h} \right)$$

OBS: o valor negativo de $v_{ult,SEB,pes}$ representa que o fluxo de demanda não ultrapassou a capacidade.

4.5.4 Interseção 04 – Avenida Manoel Ribas x Av. Prefeito Moacir Júlio Silvestre

Realizando o mesmo procedimento feito nos itens anteriores, tem-se que para as capacidades em veículos por hora e porcentagens de tipo de veículos, obteve-se as seguintes capacidades em pessoas por hora.

$$\begin{aligned}
 c_{e,NWB} &= 511 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SEB} = 1193 \left(\frac{veh}{h} \right); \\
 v_{e,NWB} &= 1108 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SEB} = 778 \left(\frac{veh}{h} \right); \\
 PT_{NWB,oni} &= 0,91\%; PT_{NWB,veh} = 99,1\%;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PT_{SEB,oni} &= 5,38\%; PT_{SEB,veh} = 94,62\%; \\
 c_{NWB,pes} &= 933 \left(\frac{pes}{h}\right); c_{SEB,pes} = 5849 \left(\frac{pes}{h}\right); \\
 v_{NWB,pes} &= 2025 \left(\frac{pes}{h}\right); v_{SEB,pes} = 3816 \left(\frac{pes}{h}\right)
 \end{aligned}$$

Quantidade de pessoas que ultrapassa a capacidade de entrada:

$$v_{ult,NWB,pes} = 1092 \left(\frac{pes}{h}\right); v_{ult,SEB,pes} = -2033 \left(\frac{pes}{h}\right)$$

OBS: o valor negativo de $v_{ult,SEB,pes}$ representa que o fluxo de demanda não ultrapassou a capacidade.

4.5.5 Interseção 05 – Avenida Manoel Ribas x Rua Guaíra

Como está interseção é semafórica, os volumes de capacidade e taxa de fluxo de veículos foram obtidos pelo software, a partir disso, o procedimento foi realizado conforme os itens anteriores.

$$\begin{aligned}
 c_{e,NWB} &= 785 \left(\frac{veh}{h}\right); c_{e,SEB} = 785 \left(\frac{veh}{h}\right); \\
 v_{e,NWB} &= 1291 \left(\frac{veh}{h}\right); v_{e,SEB} = 1529 \left(\frac{veh}{h}\right); \\
 PT_{NWB,oni} &= 1,74\%; PT_{NWB,veh} = 98,26\%; \\
 PT_{SEB,oni} &= 1,88\%; PT_{SEB,veh} = 98,12\%; \\
 c_{NWB,pes} &= 1922 \left(\frac{pes}{h}\right); c_{SEB,pes} = 1384 \left(\frac{pes}{h}\right); \\
 v_{NWB,pes} &= 3162 \left(\frac{pes}{h}\right); v_{SEB,pes} = 2695 \left(\frac{pes}{h}\right)
 \end{aligned}$$

Quantidade de pessoas que ultrapassa a capacidade de entrada:

$$v_{ult,NWB,pes} = 1311 \left(\frac{pes}{h}\right); v_{ult,SEB,pes} = 1240 \left(\frac{pes}{h}\right)$$

4.5.6 Interseção 06 – Avenida Manoel Ribas x Rua XV de Novembro

Realizando o mesmo procedimento feito nos itens anteriores, tem-se que para as capacidades em veículos por hora e porcentagens de tipo de veículos, obteve-se as seguintes capacidades em pessoas por hora.

$$\begin{aligned}
 c_{e,NWB} &= 1533 \left(\frac{veh}{h} \right); c_{e,SEB} = 774 \left(\frac{veh}{h} \right); \\
 v_{e,NWB} &= 2276 \left(\frac{veh}{h} \right); v_{e,SEB} = 1091 \left(\frac{veh}{h} \right); \\
 PT_{NWB,oni} &= 1,23\%; PT_{NWB,veh} = 98,78\%; \\
 PT_{SEB,oni} &= 0,51\%; PT_{SEB,veh} = 99,49\%; \\
 c_{e,NWB,pes} &= 3132 \left(\frac{pes}{h} \right); c_{e,SEB,pes} = 1203 \left(\frac{pes}{h} \right); \\
 v_{e,NWB,pes} &= 4649 \left(\frac{pes}{h} \right); v_{e,SEB,pes} = 1695 \left(\frac{pes}{h} \right)
 \end{aligned}$$

Quantidade de pessoas que ultrapassa a capacidade de entrada:

$$v_{ult,NWB,pes} = 1517 \left(\frac{pes}{h} \right); v_{ult,SEB,pes} = 493 \left(\frac{pes}{h} \right)$$

4.6 PROPOSTA PARA MELHORIA DA CAPACIDADE PARA O ANO DE PROJETO

Para resolver o problema de fluxo de pessoas que excedem a capacidade, fluxos estes que foram calculados na seção anterior e podem ser visualizados na tabela 24, foi levantado através do site MOOVIT a rota de Ônibus que trafegam as vias da Manoel Ribas para verificar em quais linhas de Ônibus uma possível solução interferiria na capacidade de pessoas nas interseções em estudo. Estas linhas de Ônibus são apresentadas na tabela 25.

Deve-se destacar que a proposta resolutive aqui apresentada é o desenvolvimento de uma modelo matemático baseado em interpretações teóricas. A real aplicabilidade prática do cenário proposto deve ser estudado e analisado pelos órgãos competentes no estudo de mobilidade da cidade. Uma vez que o estudo para este fim compreende outras áreas de estudo, fugindo da temática aqui estudada.

Tabela 24 – Excesso de Pessoas à Capacidade Permitida (pessoas/hora)

Fluxo	Int. 01		Int. 02		Int. 03		Int. 04		Int. 05		Int. 06	
	Direção		Direção		Direção		Direção		Direção		Direção	
	N	S	N	S	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
Excesso	1012	1296	1203	2216	1439	2494	1092	2033	1311	1240	1517	493

Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 25 – Entradas nas Interseções por onde as linhas de Ônibus Trafegam

Linhas	Int. 01		Int. 02		Int. 03		Int. 04		Int. 05		Int. 06	
	Direção		Direção		Direção		Direção		Direção		Direção	
	N	S	N	S	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
04/1	X	X	X	X	X		X		X			
04/2*	X	X	X	X	X		X		X			
14	X	X	X	X	X		X		X			
50	X	X	X	X	X		X		X			
2000										X		X
03										X		X
26										X		X
14.400			X									
13.400			X									

Fonte: AUTOR (2019)

OBS: * Está linha possui 2 ônibus que fazem o trajeto

Como nenhuma das linhas de Guarapuava percorrem a entrada com direção Noroeste da interseção 06, é apresentado aqui, alternativa de solução como medida de visualização de propostas resolutivas para a problemática. Porém deve-se destacar que os órgãos competentes no estudo da mobilidade da cidade devem pesquisar e analisar o desenvolvimento do trajeto de veículos que trafegam esta entrada, para que, amparados de subsídios e informações das quais abrangem outras perspectivas de estudo, se obtenha a real efetividade de aplicação prática da proposta aqui apresentada.

A sugestão baseia-se na alteração de rota das linhas 04/1, 04/2, 14 e 50, conforme representado na figura 58. Este procedimento é realizado com o objetivo de atender o fluxo de entrada.

para entendimento dos valores apresentados na tabela 27. A subtração realizada na conta que segue é explicada porque já havia 1 linha trafegando a entrada.

$$c_{adc,NB,pes} = 70 * (n_{prop} - n_{exis}) = 70 * (8 - 1) = 490 \left(\frac{pes}{h} \right)$$

Tabela 27 – Capacidade Adicional por Linha de Ônibus (pessoas/hora)

Linhas	Int. 01		Int. 02		Int. 03		Int. 04		Int. 05		Int. 06	
	Direção		Direção		Direção		Direção		Direção		Direção	
	N	S	N	S	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
04/1	490	490	490	490	490		490		490		490	
04/2*	490	490	490	490	490		490		490		490	
14	490	490	490	490	490		490		490		490	
50	490	490	490	490	490		490		490		490	
2000										420		420
03										420		420
26										420		420
14.400				280								
13.400				280								

Fonte: AUTOR (2019)

Verifica-se que na tabela 28 o fluxo de excesso, já apresentado e comentado na tabela 24, e a soma da capacidade adicionada para cada entrada.

Tabela 28 – Fluxo de Excesso e Fluxo de Capacidade Adicionada

Fluxo	Int. 01		Int. 02		Int. 03		Int. 04		Int. 05		Int. 06	
	Direção		Direção		Direção		Direção		Direção		Direção	
	N	S	N	S	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
Excesso	1012	1296	1203	2216	1439	-	1092	-	1103	950	1517	493
Adicional	1960	1960	1960	2520	1960	-	1960	-	1960	1260	1960	1260

Fonte: AUTOR (2019)

Para que a proposta funcione uma porcentagem de pessoas devem migrar do transporte particular para o modal de transporte coletivo. É calculado a porcentagem mínima e máxima de pessoas que devem migrar de modal para cada interseção.

A porcentagem máxima leva em consideração a capacidade adicionada e a demanda de pessoas que utilizam o transporte autônomo, ambas medidas

em pessoas por hora. O primeiro passo a ser feito é calcular a demanda de pessoas que utilizam o transporte autônomo. Cálculo já realizado como pode ser visto na seção 4.5.1 quando foi convertido veículos por hora em pessoas por hora.

$$v_{e,NB,pes,veh} = v_{e,NB} * PT_{NB,veh} * k_{veh} = 1836 * 0,9812 * 1,2 = 2162 \left(\frac{pes}{veh} \right)$$

Onde:

$v_{e,NB,pes,veh} :=$ *fluxo de demanda para veículos autônomos de direção Norte;*

O número de pessoas que migrarem do transporte autônomo para o transporte coletivo não deve exceder a capacidade adicionada ($\%_{m\acute{a}x} * v_{e,NB,pes,veh} \leq c_{adic,NB}$). Logo a porcentagem máxima é calculada através da equação apresentada a seguir. E segue o cálculo da entrada de direção Norte da interseção 01 como exemplo.

$$\%_{m\acute{a}x} \leq \frac{c_{adic,NB}}{v_{e,NB,pes,veh}} \leq \frac{1960}{2162} \leq 0,9064 \leq 90,64 \%$$

Caso mais de 90,64% das pessoas que utilizam transporte autônomo migrar para o transporte coletivo, a capacidade do transporte coletivo não irá atender a demanda.

E a porcentagem mínima é representada pela razão entre a quantidade mínima de pessoas que devem migrar de modalidade pela demanda de pessoas que utilizam o transporte autônomo. Esta quantidade mínima de pessoas deverá gerar como consequência uma demanda recalculada de fluxo de veículos menor que a capacidade de veículos. Logo o parâmetro a ser respeitado é representado por: $c_{e,NB} \geq v_{e,NB,rec}$. E a demanda é a soma de número de veículos autônomos e do número de veículos coletivos. O processo para obtenção da demanda de veículos é o inverso do processo realizado na seção 4.5.1, o qual objetivava converter veículos por hora em pessoas por hora e pode ser observado a seguir:

$$v_{e,NB,rec} = \left(\frac{v_{e,NB,veh} - x}{k_{veh}} \right) + \left(\frac{v_{e,NB,oni} + x}{k_{oni}} \right)$$

Onde:

$v_{e,NB,rec}$:= demanda de fluxo recalculada da entrada de direção Norte;

x := número mínimo de pessoas que devem migrar de veículo (incógnita)

Como migra-se pessoas que utilizam veículos autônomos para veículos do transporte coletivo, subtrai-se o número "x" da demanda de pessoas que utilizam o transporte autônomo e soma-se da demanda de pessoas que utilizam o transporte coletivo.

Inserindo a expressão da demanda de fluxo de veículos equação que deve ser verificada, obtém-se:

$$c_{e,NB} \geq \left(\frac{v_{e,NB,veh} - x}{k_{veh}} \right) + \left(\frac{v_{e,NB,oni} + x}{k_{oni}} \right)$$

Isolando a incógnita obtém-se a seguinte expressão:

$$x \geq \frac{\frac{v_{e,NB,veh}}{k_{veh}} + \frac{v_{e,NB,oni}}{k_{oni}} - c_{e,NB}}{\left(\frac{1}{k_{veh}} - \frac{1}{k_{oni}} \right)}$$

E substituindo $v_{e,NB,veh} = PT_{NB,veh} * v_{e,NB} * k_{veh}$ e $v_{e,NB,oni} = PT_{NB,oni} * v_{e,NB} * k_{oni}$ na equação, obtém-se a seguinte expressão:

$$x \geq \frac{v_{e,NB} * (PT_{NB,veh} + PT_{NB,oni}) - c_{e,NB}}{\left(\frac{1}{k_{veh}} - \frac{1}{k_{oni}} \right)}$$

Como a soma das porcentagens é igual a 1 ($PT_{NB,veh} + PT_{NB,oni} = 1$) a expressão resume-se em:

$$x \geq \frac{v_{e,NB} - c_{e,NB}}{\left(\frac{1}{k_{veh}} - \frac{1}{k_{oni}}\right)}$$

E como a porcentagem mínima é a relação entre a quantidade mínima de pessoas que devem migrar de modalidade pela demanda de pessoas que utilizam o transporte autônomo.

$$\%_{min} = \frac{x}{v_{e,NB,veh}}$$

Substituindo x e $v_{e,NB,veh}$ na expressão da porcentagem mínima obtém-se expressão final a seguir. E substituindo os valores para o exemplo, obtém-se:

$$\%_{min} \geq \frac{v_{e,NB} - c_{e,NB}}{\left(\frac{1}{k_{veh}} - \frac{1}{k_{oni}}\right) * PT_{NB,veh} * v_{e,NB} * k_{veh}}$$

$$\%_{min} \geq \frac{1836 - 1430}{\left(\frac{1}{1,2} - \frac{1}{70}\right) * 0,9812 * 1836 * 1,2} = 0,2295 = 22,95\%$$

$$\%_{min} \geq 22,95\%$$

Caso menos de 22,95% pessoas que utilizam transporte autônomo migrar para o transporte coletivo, a capacidade de veículos permanecerá excedida pela demanda do fluxo de veículos. Como o procedimento de cálculo para as outras interseções é o mesmo, segue na tabela 29 todos os resultados.

Tabela 29 – Porcentagem Máxima e Mínima de Transição de Pessoas de Modalidade (%)

Porcentagem	Int. 01		Int. 02		Int. 03		Int. 04		Int. 05		Int. 06	
	Direção		Direção		Direção		Direção		Direção		Direção	
	N	S	N	S	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
Mínima	22,95	26,99	33,60	43,70	27,87	-	55,35	-	41,98	31,15	33,61	29,71
Máxima	90,65	88,45	113,7	97,59	74,59	-	148,8	-	107,7	128,8	72,66	150,5

Fonte: AUTOR (2019)

Verificando a média da porcentagem mínima, calcula-se um valor próximo de 35%, ou seja, pouco mais de um terço da população deve migrar do transporte particular para o transporte coletivo, para que a cenário proposto obtenha-se resultados positivos.

5 CONCLUSÃO

O projeto foi desenvolvido para avaliar o desempenho da Avenida Manoel Ribas e apresentar sugestão a fim de melhorar o desempenho de tráfego atual e futuro. Pôde-se observar que o desempenho da Avenida Manoel Ribas para as demandas no horário de pico atuais de tráfego viário é deficitário e medidas imediatas devem ser tomadas.

Com as sugestões de sinalização apresentadas melhorou-se o desempenho das interseções, porém apenas para um curto período de tempo, apresentando novamente os mesmos problemas em menos de cinco anos e mais agravantes ainda para o ano de projeto.

Sabe-se que intervenções no sistema de tráfego de veículos é complexa, uma vez que as execuções de obras de arte são de custos muito alto e desenvolvimento e execução de projeto muito demorado. Porém mesmo tendo conhecimento deste fato, pode-se afirmar que as sugestões aqui apresentadas são de aplicação conveniente, pois apresentam baixos custos. Afirmativa explicada pelo fato de que as medidas de intervenção são de sinalização e não medidas de intervenção na geometria das interseções, uma vez que as medidas geométricas da via suportam as hipóteses sugeridas.

Como as propostas de sinalização não geraram resultados positivos para o ano de projeto, desenvolveu-se uma proposta complementar para atingir o objetivo do trabalho. Desta vez a interferência atuou no transporte coletivo e não mais no aprimoramento do sistema de tráfego de veículos. Com a proposta apresentada alterou-se a capacidade de pessoas que trafegam as entradas das interseções da Avenida estudada, para que esta nova capacidade fosse capaz de assistir a demanda de tráfego de pessoas.

Por último verificou-se quais implicações deveriam ocorrer para que o cenário proposto obtivesse êxito. E calculou-se que aproximadamente 35% das pessoas que utilizam o transporte particular devem migrar para a utilização do transporte coletivo. Para que isso ocorra deve ser realizado no município políticas de mobilidade urbana para efetividade da proposta.

Tendo em vista os aspectos apresentados, as medidas resolutivas mais eficientes à mobilidade urbana são as que dizem respeito ao transporte coletivo, pois a capacidade de transporte do veículo coletivo é bem maior que a do veículo

particular e também porque as medidas de intervenção no melhoramento do sistema de tráfego de veículos, geram como consequência um estímulo para a utilização do transporte de veículos particulares, pois facilita-se o fluxo de tráfego de veículos e o usuário irá optar pela possibilidade mais confortável, que é a de veículos particulares.

Portanto com o estudo de um melhor fluxo de tráfego de veículos, melhora-se o desempenho das interseções para um curto período de tempo e permite afirmar com segurança que a problemática irá surgir novamente em um futuro próximo, posto que o melhoramento no fluxo de veículos é considerado um estímulo para a utilização do transporte particular, o que resulta em um aumento do número de veículo. Como as implicações das medidas resolutivas do transporte coletivo, são representadas pelo aumento do número de usuários que utilizam este transporte, o melhoramento do fluxo de veículos vai contra esta necessária consequência para efetivação dos resultados. Além deste tipo de alternativa não solucionar o problema futuro ela atrapalha os resultados de outras alternativas que poderiam resolver o problema.

REFERÊNCIAS

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 353 p.

ZAGUINI, Juliana Corrêa. **A questão da mobilidade urbana: o estudo de caso do centro da cidade de Rio Claro -SP**. Dissertação de mestrado 2014. 87 p. Universidade Estadual Paulista: Rio Claro, 2014.

RANGEL, Isaque. **Apostila direção defensiva**: Material Bibliográfico utilizado no curso de direção defensiva pelo Instituto Nacional de Aprendizagem no Trânsito. Itaperuna - RJ.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte). **Manual de Projeto de Interseção**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte). **Manual de Projeto de Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte). **Manual de Estudo de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2010.

CTB (Código de Trânsito Brasileiro). **Manual de Projeto de Geométrico de Travessias Urbanas**. 5. ed. Brasília, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em 16 mai. 2018

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama: População**, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/guarapuava/panorama> >. Acesso em 10 dez 2019

IPANGUACU. **Prefeitura intensifica serviços de recuperação de estradas vicinais**, 2017. Disponível em: <<http://ipanguacu.rn.gov.br/prefeitura-intensifica-servicos-de-recuperacao-de-estradas-vicinais/>> Acesso em 04 de Julho 2018

RADAR NACIONAL. **Empresas disputam exploração de rodovias que ligam Paraná a Santa Catarina**, 2015. Disponível em:

<<http://www.radarnacional.com.br/empresas-disputam-exploracao-de-rodovias-que-ligam-parana-a-santa-catarina-2/>> Acesso em 04 de Julho 2018

CUIABAMT300. **Prefeitura deve instalar semáforos ‘inteligentes’ que abrem de acordo com o trânsito em Cuiabá**, 2017. Disponível em:

<<http://cuiabamt300.com.br/prefeitura-deve-instalar-semaforos-inteligentes-que-abrem-de-acordo-com-o-transito-em-cuiaba/>> Acesso em 04 de Julho 2018

ALBANO, João. **Noções sobre interseções**, 2007. Disponível em:

<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14-intersecoes_apresentacao.pdf> Acesso em 17 de Junho 2018

MACEDO, J. M. G. **Seleção da Tipologia de Cruzamentos em Função da Procura**, 2005. 274 p. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017.

COELHO, A.H; GOLDNER L.G. **Engenharia de tráfego – Módulo I**, 2016: Apostila utilizada na disciplina de Engenharia do Tráfego pelo Departamento de Engenharia Civil. 80 p.

HOEL, L. A. et. al. **Engenharia de infraestrutura de transporte – Uma integração multimodal**. São Paulo: São Paulo, 2017. 596 p.

DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Vol.5 - Sinalização Semafórica**, 2014.

DENATRAN. **Estatísticas – Frota de Veículos**. Disponível em:<<https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estatisticas-frota-de-veiculos-denatran.html>>. Acesso em: 15 out. 2019.

CONCIDADE. **Planos municipais**. Disponível

em:<http://concidade.com.br/concidade/pages/planos_municipais>. Acesso em: 07 out. 2019.

MOOVIT. **O App do transporte público**. Disponível

em:<<https://company.moovit.com/pt/>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15570**: Transporte — Especificações técnicas para fabricação de veículos de características urbanas para transporte coletivo de passageiros. Rio de Janeiro, 2009.

TDR (Transportation Research Board). **HCM**: Highway Capacity Manual: Vol. 3. Washington, 2010.

DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**: Vol.5: Sinalização Semafórica. Brasília, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Campo Largo, 2013.

CASSILHA, G. A.; CASSILHA S. A. **Planejamento Urbano e Meio Ambiente**: 1. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2012.

CNM (Confederação Nacional dos Municípios). **Desenvolvimento Urbano: Gestão Territorial Responsável**: Vol. 10. Brasília, 2008.

SAMPAIO, A. C. F. **Planejamento Urbano e Meio Ambiente**. Maringá: UniCesumar, 2017.

DETRAN. **Legislação de Trânsito – Vias Terrestres**. Disponível em:<<http://www.rubensguimaraes.com.br/detran/aceas/index.php>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

DENATRAN. **Frota de veículos – 2018**. Disponível em:<<https://www.denatran.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8558-frota-de-veiculos-2018.html>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Experiência em SP mostra que carros usam 17 vezes mais espaço para levar mesmo número de gente que um ônibus – 2015**. Disponível em:<<http://arte.folha.uol.com.br/cotidiano/2016/01/24/sp-se-move/>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

ANEXO A - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 01

Fluxo	Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Total	17:15/17:30	213	211	8	13	49	17	14	38	24	51	1	24	1	16	0	0
	17:30/17:45	246	217	9	12	50	15	14	40	17	38	1	14	0	28	0	0
	17:45/18:00	213	236	6	16	49	9	25	30	18	33	4	32	0	11	0	0
	18:00/18:15	215	204	5	10	57	1	19	43	20	48	6	13	1	7	0	0
Veículos pesados	17:15/18:15	62	50	4	8	39	12	9	7	16	8	2	12	0	1	0	0
Ônibus	17:15/18:15	14	16	3	3	2	8	7	1	6	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO B - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 02

Fluxo	Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Total	17:30/17:45	263	198	41	36	76	19	41	40	28	17	15	12	11	1	0	0
	17:45/18:00	230	164	33	55	49	11	50	23	35	16	12	14	29	17	0	0
	18:00/18:15	223	187	40	62	57	25	41	29	25	19	13	13	19	4	0	0
	18:15/18:30	232	197	43	55	52	30	45	35	25	12	11	10	8	2	0	0
Veículos pesados	17:30/18:30	33	36	3	5	12	3	9	3	6	3	1	3	2	0	0	1
Ônibus	17:30/18:30	14	14	0	1	6	0	3	1	5	2	1	2	1	0	0	0

ANEXO D - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 04

Fluxo	Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Total	17:15/17:30	50	53	115	128	51	231	0	50	5	55	13	29	0	1	6	0
	17:30/17:45	41	72	95	133	21	176	1	35	3	63	19	24	0	0	10	0
	17:45/18:00	32	71	104	115	19	197	1	68	3	46	8	31	0	0	5	0
	18:00/18:15	53	85	137	137	46	228	1	23	0	65	24	26	0	0	9	0
Veículos pesados	17:15/18:15	7	8	13	18	2	51	1	10	0	7	5	6	0	1	2	30
Ônibus	17:15/18:15	0	2	3	9	1	15	0	2	0	0	2	2	0	0	0	30

ANEXO E - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 05

Fluxo	Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Total	13:00/13:15	194	149		145		34		9	26			60				
	13:15/13:30	181	164		99		41		5	30			59				
	13:30/13:45	186	136		68		36		7	27			45				
	13:45/14:00	181	128		76		28		5	30			39				
Veículos pesados	13:00/14:30	20	26	0	5	0	3	0	2	7	0	0	10	0	0	0	0
Ônibus	13:00/14:30	3	11	0	2	0	2	0	0	4	0	0	3	0	0	0	0

ANEXO F - Volumes de Veículos no Horário de Pico para a Interseção 06

Fluxo	Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)
Total	12:45/13:00	86	12	99	186	89	5	38	34	33	5	18	128	0	0	0	0
	13:00/13:15	107	25	90	212	85	10	53	48	33	6	20	116	0	0	1	2
	13:15/13:30	81	16	96	152	95	2	50	22	44	9	30	98	2	8	0	0
	13:30/13:45	70	18	93	182	74	2	43	36	31	5	22	144	2	2	0	2
Veículos pesados	12:45/13:45	1	2	8	20	9	0	12	0	3	1	0	10	0	0	0	9
Ônibus	12:45/13:45	0	0	2	4	1	0	6	0	2	0	0	2	0	0	0	1