



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

GLEND A DA SILVA COSTA  
JÉSSICA MAYS A SANTOS DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DO SEMÁFORO DO CRUZAMENTO  
DAS RUAS MATRIZ DA CONCEIÇÃO E SIQUEIRA CAMPOS EM  
TUCURUÍ-PA À LUZ DO NOVO MANUAL DE SINALIZAÇÃO  
SEMAFÓRICA DO DENATRAN**

Tucuruí – PA  
2017

GLEND A DA SILVA COSTA  
JÉSSICA MAYS A SANTOS DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DO SEMÁFORO DO CRUZAMENTO DAS RUAS  
MATRIZ DA CONCEIÇÃO E SIQUEIRA CAMPOS EM TUCURUÍ-PA À LUZ DO  
NOVO MANUAL DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA DO DENATRAN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. M. Sc. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar.

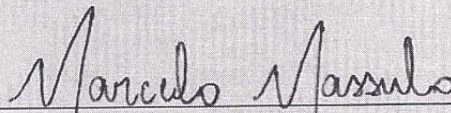
GLENDIA DA SILVA COSTA  
JÉSSICA MAYSIA SANTOS DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DO SEMÁFORO DO CRUZAMENTO DAS RUAS  
MATRIZ DA CONCEIÇÃO E SIQUEIRA CAMPOS EM TUCURUÍ-PA, À LUZ  
DO NOVO MANUAL DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA DO DENATRAN**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil, na  
Faculdade de Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Pará.

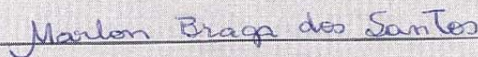
Tucuruí, 11 de janeiro de 2017

Aprovado por:



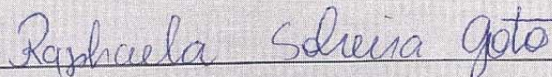
---

Prof. M. Sc. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar  
(Orientador)



---

Prof. Marlon Braga dos Santos  
(Examinador interno)



---

Eng<sup>a</sup> Raphaela Sobreira Goto  
(Examinadora externa)

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso orientador, Marcelo Massulo, pelo conhecimento transmitido, pelo apoio e pela disponibilidade de sanar nossas dúvidas durante sua paciente e valiosa orientação ao longo da execução deste trabalho, e a todos os nossos demais professores, que, com sua capacidade e dedicação, driblam as dificuldades e fazem do CAMTUC um ótimo campus.

À CTTuc (Companhia de Trânsito de Tucuruí), especialmente ao Sr. Pantoja, da companhia, por responder nossas perguntas com franqueza e disponibilizar agentes de trânsito para nos ajudar nas coletas de dados; e aos agentes Abacuque Carvalho da Silva e Iran Oliveira Araújo, pela boa disposição e paciência.

Aos colegas Eduardo Tenório, Fabiana Palheta, Joana Cardoso, João Pedro de Souza, Lucélio Silveira e Thais Valadares, que dispuseram boa parte do seu tempo para nos ajudar, tanto com suas opiniões inteligentes, como com sua fundamental colaboração durante as contagens de trânsito. Jamais esqueceremos sua boa vontade e bom humor mesmo sob sol escaldante.

### *Glenda da Silva Costa*

Eu, Glenda, agradeço a Deus, que me sustentou durante os momentos difíceis que passei durante a graduação, permitindo-me vencer cada etapa com alegria.

Aos meus pais, Adeilson e Nalva, por me guiarem pelo bom caminho, por me apoiarem nas minhas decisões e lutarem comigo pelo alcance dos meus objetivos.

Ao meu namorado, Eduardo, por me amar e por compartilhar dos meus ideais.

Aos meus amigos João Pedro, Lorena, Lucélio, Luana, Nicole, Veridiano e Thais, pelos necessários momentos de descontração e por me apoiarem e me motivarem sempre.

À professora Natasha Thomas, da Universidade de Rhode Island (URI), e à professora Débora Moreira, da UFPA – Campus de Tucuruí, que foram fundamentais para meu sucesso (e paz de espírito), durante meu período de intercâmbio e pós-intercâmbio.

À Eletrobras Eletronorte, pela enriquecedora oportunidade de estágio, e ao Sr. Walter Rocha, meu supervisor, um exemplo de liderança que marcará minha conduta ao longo de toda a minha carreira

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que, por meio do Programa Ciência sem Fronteiras, me proporcionou a inestimável experiência de estudar na querida URI.

### ***Jéssica Maysa Santos da Silva***

Eu, Jéssica, agradeço a todos aqueles que estiveram comigo me ajudando, incentivando e fazendo com que meus anos como acadêmica de engenharia fossem os melhores possíveis.

Aos meus pais e familiares que sempre deram o suporte necessário para prosseguir em todos os momentos da minha vida, que com suas lições conseguem me moldar diariamente e sempre me dão forças para alcançar os meus objetivos.

Aos meus amigos da turma de Civil 2012, Brenda Sousa, Fabiana Palheta, Luan Oliveira, Joana Cardoso, Micheli Sousa, Stephanie Leite e Vanessa Ferreira, vocês foram as melhores pessoas que eu poderia ter conhecido nestes cinco anos, me sinto muito feliz por ter compartilhado tantas experiências com vocês, momentos bons e ruins, e espero que todos possamos colher os frutos de nossos esforços o mais breve possível.

A todo o corpo docente da UFPA, que por meio do vasto conhecimento transmitido possibilitaram a realização do sonho de poder me formar em Engenharia Civil.

Aos meus colegas de estágio na DAB Projetos, os meses em que estive com vocês foram extremamente gratificantes, pude absorver um vasto conhecimento, tanto prático como teórico das nossas funções como futuros engenheiros. Também ao Engenheiro Odilson Pereira, aos mestres de obra Caetano e José Antônio, à Tec. em Segurança Domingas e aos demais funcionários, pela paciência e disponibilidade que tiveram para ensinar e sanar quaisquer dúvidas que surgissem no dia a dia da obra.

*“As consequências de nossos atos são sempre tão complexas, tão diversas, que prever o futuro é uma tarefa realmente difícil.”*

*(Alvo Dumbledore)*

## RESUMO

A cada ano, a frota de veículos vem aumentando nas cidades, causando impactos no trânsito e na qualidade de vida das pessoas. A função da Engenharia de Tráfego é minimizar esses impactos, promovendo o movimento cômodo, eficiente e seguro de pessoas e veículos na rede viária. É necessário, no entanto, que este aumento da frota seja acompanhado de estudos de tráfego e de investimentos na infraestrutura das vias. A Engenharia de Tráfego tem sua importância destacada no município de Tucuruí-PA, pois apesar de, num período de dez anos, a frota ter aumentado oito vezes mais que a população, todos os semáforos do município foram programados sem seguir quaisquer recomendações técnicas. Sabe-se que instalações indevidas ou dimensionamentos inadequados de semáforos prejudicam a fluidez do tráfego, promovem o descrédito à sinalização e, por consequência, tornam o trânsito inseguro. Por isso, buscou-se analisar a sinalização semafórica do cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos, pois neste local se observa um elevado desrespeito aos semáforos. Esta análise foi feita comparando-se o dimensionamento atual com o dimensionamento realizado seguindo as recomendações do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica. Para a realização deste último foi necessária a determinação do fluxo de saturação, um dos principais parâmetros no dimensionamento de sinalizações luminosas. Tal determinação foi feita de duas formas: por meio do método de estimativa e por meio do método de medição *in loco*. O segundo método, especialmente devido à consideração das motocicletas durante a coleta de dados, não dispunha de dados suficientes para o alcance de resultados consistentes e satisfatórios. Foi, portanto, utilizado o dimensionamento realizado com o primeiro método na comparação com o dimensionamento atual. Constatou-se que a programação semafórica existente não está adequada às condições de tráfego do cruzamento: todas as aproximações dispõem do mesmo tempo de luz verde e do mesmo tempo de luz vermelha, apesar de apresentarem fluxos de tráfego diferentes. O novo dimensionamento apresentou resultados que se mostram de acordo com as condições de tráfego do cruzamento: diminuiu-se o tempo de ciclo, o tempo de luz verde das aproximações de menor fluxo, nas quais se observa grande ocorrência de verde ocioso, e o tempo de luz vermelha das três aproximações, o que poderá evitar esperas excessivas.

Palavras-chave: Fluxo de saturação. Sinalização semafórica. Dimensionamento semafórico.

## ABSTRACT

Each year, the fleet of vehicles is increasing in cities, causing impacts on traffic and people's quality of life. The function of Traffic Engineering is to minimize these impacts by promoting the comfortable, efficient and safe movement of people and vehicles in the road network. It is necessary, however, that this increase in the fleet be accompanied by traffic studies and investments in road infrastructure. Traffic Engineering is especially important in the municipality of Tucuruí, located in the State of Pará, Brazil, for although in a period of ten years the fleet has increased eight times more than the population, the timing of all traffic signals in the municipality were defined without following any technical recommendations. It is well known that improper installations or inadequate traffic signal timing hinders the traffic flow, promotes discrediting of traffic signs and, consequently, make traffic unsafe. Therefore, it was sought to analyze the traffic signals of the crossroad of the Matriz da Conceição and Siqueira Campos streets, for in this place there is a high disrespect to the traffic signals. This analysis was made by comparing the current traffic signal timing design with a new one, which was carried out following the recommendations of the *Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica Volume V – Sinalização Semafórica*, a Brazilian manual of traffic signal. To carry out the new design, it was necessary to determine the saturation flow rate, one of the main parameters in the traffic signals timing design. This determination was made in two ways: by means of the signalized intersection methodology, and by means of the direct measurement of prevailing saturation flow rates methodology. The latter, especially due to consideration of motorcycles during recording observation, did not have sufficient data to achieve consistent and satisfactory results. Therefore, the traffic signal timing design in which the former methodology was used were compared to the current design. It was found that the current one is not adequate to the crossroad traffic conditions: all approaches have the same green time and the same red time, despite having different traffic flows. The new traffic signal timing presented adequate results to the traffic conditions of the crossroad: the cycle time, the green time of the approaches with lower flow (in which there is a large occurrence of zero flow rate during green time), and the red time from all three approaches, were decreased, which may prevent excessive waiting.

Keywords: Signalized intersection methodology. Direct measurement of prevailing saturation flow rate. Traffic signal timing design. Traffic lights.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Movimentos convergentes. ....	6
Figura 2 – Movimentos divergentes. ....	6
Figura 3 – Movimentos interceptantes. ....	7
Figura 4 – Movimentos não-interceptantes. ....	7
Figura 5 – Tipos de semáforos. ....	9
Figura 6 – Distâncias percorridas pelo veículo junto à aproximação. ....	19
Figura 7 – Vista superior do cruzamento. ....	34
Figura 8 – Movimentos permitidos nas aproximações da rua Matriz da Conceição. ....	35
Figura 9 – Movimentos permitidos na aproximação da rua Siqueira Campos. ....	36
Figura 10 – Fluxograma das etapas do trabalho. ....	37
Figura 11 – Movimentos (a) permitidos por faixa; (b) contados pelo Pesquisador 1; (c) contados pelo Pesquisador 2; (d) contados pelo Pesquisador 3. ....	39
Figura 12 – Etapas do dimensionamento. ....	43
Figura 13 – Aproximações do cruzamento das Ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos. ....	46
Figura 14 – Cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos. ....	50
Figura 15 – Diagrama de estágios do cruzamento. ....	50
Figura 16 – Diagrama de intervalos luminosos do cruzamento. ....	51
Figura 17 – Largura e greide das faixas de tráfego. ....	53
Figura 18 – Parada de ônibus e estacionamento na Aproximação 3. ....	54
Figura 19 – Comparativo entre os diagramas de intervalos luminosos (a) atual e (b) do dimensionamento com FS estimado. ....	71
Figura 20 – Comparativo entre os diagrama de intervalos luminosos (a) atual e (b) do dimensionamento com FS medido <i>in loco</i> . ....	73
Figura 21 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário A. ....	74

Figura 22 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário B.....	75
Figura 23 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário C.....	76
Figura 24 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário D. ....	77
Figura 25 – Modelo de folha de coleta de dados para medição do fluxo de saturação. ....	84
Figura 26 - Modelo de folha de coleta de dados para pesquisa direcional.....	85
Figura 27 – Modelo de folha de coleta de dados para pesquisa direcional e classificatória ....	86

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Mortes em acidentes de trânsito por tipo de usuários, no Brasil.....	12
Gráfico 2 – Crescimento da frota veicular de Tucuruí. ....	13
Gráfico 3 – Percentual por tipo de acidentes ocorridos em Tucuruí em 2015. ....	14
Gráfico 4 – Histograma de fluxo. ....	48
Gráfico 5 – Taxa de fluxo dos dias de contagem. ....	49
Gráfico 6 – Composição do tráfego do cruzamento. ....	51
Gráfico 7 – Número de infrações de cada aproximação.....	52
Gráfico 8 – Porcentagem de veículos que infringem o sinal vermelho.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos. ....	17
Tabela 2 - Definição do tempo de amarelo.....	20
Tabela 3 – Datas e horários das contagens.....	38
Tabela 4 – Tabela de contagem do Pesquisador 2.....	40
Tabela 5 – Folha de coleta de dados para FS e Tp medidos <i>in loco</i> .....	42
Tabela 6 – Dados da hora-pico.....	47
Tabela 7 – Número de ônibus que para por hora.....	54
Tabela 8 – Número de manobras no estacionamento por hora.....	54
Tabela 9 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa da Aproximação 1.....	56
Tabela 10 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa da Aproximação 2.....	57
Tabela 11 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa A da Aproximação 3.....	58
Tabela 12 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa B da Aproximação 3.....	59
Tabela 13 – Fluxos de saturação adotados para cada aproximação.....	60
Tabela 14 – Equações utilizadas nos cálculos do fluxo de saturação e tempos perdidos.....	61
Tabela 15 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da Aproximação 1. .....	62
Tabela 16 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da Aproximação 2. .....	63
Tabela 17 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da faixa A da Aproximação 3.....	64
Tabela 18 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da faixa B da Aproximação 3.....	65
Tabela 19 – Taxa de ocupação de cada aproximação.....	66
Tabela 20 – Valores de tempo perdido utilizados no dimensionamento com FS estimado.....	67

Tabela 21 – Valores de tempo perdido utilizados no dimensionamento com FS medido <i>in loco</i> .....	67
Tabela 22 – Tempos de ciclo adotados.....	68
Tabela 23 – Tempos de verde efetivo e real.....	68
Tabela 24 – Novos tempos de ciclo.....	69
Tabela 25 – Novos tempos de verde efetivo e real.....	70
Tabela 26 – Dados de tráfego da aproximação 1 (15/03/2016).....	88
Tabela 27 – Dados de tráfego da aproximação 2 (15/03/2016).....	89
Tabela 28 – Dados de tráfego da aproximação 3 (15/03/2016).....	90
Tabela 29 – Dados de tráfego da aproximação 1 (16/03/2016).....	92
Tabela 30 – Dados de tráfego da aproximação 2 (16/03/2016).....	93
Tabela 31 – Dados de tráfego da aproximação 3 (16/03/2016).....	94
Tabela 32 – Dados de tráfego da aproximação 1 (17/03/2016).....	96
Tabela 33 – Dados de tráfego da aproximação 2 (17/03/2016).....	97
Tabela 34 – Dados de tráfego da aproximação 3 (17/03/2016).....	98
Tabela 35 – Dados de tráfego da aproximação 1 (26/04/2016).....	100
Tabela 36 – Dados de tráfego da aproximação 2 (26/04/2016).....	101
Tabela 37 – Dados de tráfego da aproximação 3 (26/04/2016).....	102
Tabela 38 – Dados de tráfego da aproximação 1 (27/04/2016).....	104
Tabela 39 – Dados de tráfego da aproximação 2 (27/04/2016).....	105
Tabela 40 – Dados de tráfego da aproximação 3 (27/04/2016).....	106
Tabela 41 – Dados de tráfego da aproximação 1 (28/04/2016).....	108
Tabela 42 – Dados de tráfego da aproximação 2 (28/04/2016).....	109
Tabela 43 – Dados de tráfego da aproximação 3 (28/04/2016).....	110
Tabela 44 – Dados de tráfego da aproximação 1 (03/05/2016).....	112
Tabela 45 – Dados de tráfego da aproximação 2 (03/05/2016).....	113

Tabela 46 – Dados de tráfego da aproximação 3 (03/05/2016).....	114
Tabela 47 – Dados de tráfego da aproximação 1 (04/05/2016).....	116
Tabela 48 – Dados de tráfego da aproximação 2 (04/05/2016).....	117
Tabela 49 – Dados de tráfego da aproximação 3 (04/05/2016).....	118
Tabela 50 – Dados de tráfego da aproximação 1 (05/05/2016).....	120
Tabela 51 – Dados de tráfego da aproximação 2 (05/05/2016).....	121
Tabela 52 – Dados de tráfego da aproximação 3 (05/05/2016).....	122
Tabela 53 – Dados da medição <i>in loco</i> aproximação 1. ....	124
Tabela 54 – Dados da medição <i>in loco</i> da aproximação 2. ....	124
Tabela 55 – Dados da medição <i>in loco</i> da faixa A da aproximação 3.....	125
Tabela 56 – Dados da medição <i>in loco</i> da faixa B da aproximação 3.....	125

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
UHT	Usina Hidrelétrica de Tucuruí
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
PA	Pará
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CTTUC	Companhia de Trânsito de Tucuruí
AASHTO	<i>American Association Standard Highway and Transportation Officials</i>
NBR	Norma Brasileira
IML	Instituto Médico Legal
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
DPVAT	Danos Pessoais causados por Veículos Automotores de via Terrestre
PIB	Produto Interno Bruto
UHE	Usina Hidrelétrica
OMS	Organização Mundial de Saúde
CNI	Confederação Nacional da Indústria
UCP	Unidade de Carros de Passeio
HCM	<i>Highway Capacity Manual</i>
TBR	<i>Transportation Research Board</i>
CBM	<i>Central Business Districts</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	Objetivo Geral .....	2
1.2.2	Objetivos Específicos .....	2
1.3	JUSTIFICATIVA.....	2
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
2.1	IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO .....	5
2.2	INTERSEÇÕES .....	5
2.3	SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA .....	8
2.4	ACIDENTES DE TRÂNSITO.....	9
2.4.1	Tipos de acidentes .....	10
2.4.2	Índice de acidentes em relação à frota.....	11
2.4.3	Evolução da frota e população de Tucuruí.....	13
2.4.4	Formas de diminuir os acidentes de trânsito .....	14
2.5	ELEMENTOS DA PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA.....	15
2.5.1	Volume de tráfego .....	16
2.5.2	Volume de tráfego equivalente.....	16
2.5.3	Fluxo de saturação (FS).....	17
2.5.4	Estágio.....	18
2.5.5	Entreverdes .....	18
2.5.7	Tempo de ciclo e tempo perdido de um ciclo .....	20
2.5.8	Taxa de ocupação .....	21
2.5.9	Método de Webster .....	21
2.5.10	Tempo de verde efetivo e real .....	22
2.6	MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SATURAÇÃO .....	23
2.6.1	Método para estimativa do Fluxo de Saturação .....	23
2.6.1.1	<i>Expressão geral</i> .....	23
2.6.1.2	<i>Fluxo de saturação básico</i> .....	24
2.6.1.3	<i>Fatores de ajuste</i> .....	24
2.6.2	Método de medição <i>in loco</i> do fluxo de saturação.....	28
2.6.2.1	<i>Dados a serem coletados</i> .....	28
2.6.2.2	Procedimentos de cálculo para ciclos não saturados.....	29
2.6.2.3	Procedimentos de cálculo para ciclos saturados.....	30
2.6.2.4	Determinação do fluxo de saturação e tempo perdido para a faixa considerada .....	31
2.7	PESQUISAS DE TRÁFEGO .....	31
2.7.1	Contagem Volumétrica.....	32
2.7.2	Horário de pico.....	32
2.7.3	Pesquisa direcional.....	33
2.7.4	Pesquisa direcional e classificatória.....	33
2.8	ESTUDO DE CASO: CRUZAMENTO DAS RUAS MATRIZ DA CONCEIÇÃO E SIQUEIRA CAMPOS.....	34
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	37

3.1	COLETA DE DADOS .....	38
3.1.1	Contagem classificada de tráfego.....	38
3.1.2	Fluxo de saturação (FS).....	40
3.1.2.1	<i>Método de estimativa</i> .....	40
3.1.2.2	Fluxo de Saturação (FS) e tempo perdido (Tp) medidos “in loco”.....	41
3.2	DIMENSIONAMENTO .....	42
3.3	ANÁLISE DE CENÁRIOS.....	45
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
4.1	PESQUISA DIRECIONAL E CLASSIFICATÓRIA.....	47
4.1.1	Funcionamento atual dos semáforos .....	50
4.2	DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SATURAÇÃO PELO MÉTODO DA ESTIMATIVA.....	53
4.3	DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SATURAÇÃO PELO MÉTODO DE MEDIÇÃO <i>IN LOCO</i> .....	60
4.4	DIMENSIONAMENTO DA PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA.....	66
4.4.1	Cálculo da taxa de ocupação .....	66
4.4.2	Cálculo do tempo perdido total .....	66
4.4.3	Cálculo do tempo de ciclo .....	67
4.4.4	Cálculos dos tempos de verde efetivo e real .....	68
4.4.5	Recálculo da programação semafórica.....	69
4.5	COMPARATIVO ENTRE OS DIMENSIONAMENTOS.....	70
4.5.1	Dimensionamento utilizando FS estimado.....	70
4.5.2	Dimensionamento utilizando FS medido <i>in loco</i> .....	72
4.6	ANÁLISE DE CENÁRIOS.....	74
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>78</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	78
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	79
	REFERÊNCIAS .....	81
	ANEXO A .....	84
	ANEXO B .....	85
	ANEXO C .....	86
	APÊNDICE A .....	87
	APÊNDICE B.....	91
	APÊNDICE C.....	95
	APÊNDICE D .....	99
	APÊNDICE E.....	103
	APÊNDICE F .....	107

APÊNDICE G .....	111
APÊNDICE H .....	115
APÊNDICE I.....	119
APÊNDICE J.....	123

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil passou recentemente por um período de crescimento econômico, mais expressivamente entre os anos de 2003 e 2010 (MORA, 2015). Além dos créditos imobiliários, que permitem a expansão do núcleo urbano das cidades, foram criadas linhas de crédito especiais para financiamento de veículos que contribuíram para o aumento da frota automobilística. Esse aumento da frota gera impactos no trânsito e, por consequência, na qualidade de vida das pessoas. Dentre esses impactos, talvez o mais preocupante seja o aumento do número de acidentes.

Neste contexto, a Engenharia de Tráfego tem sua importância destacada, uma vez que visa garantir o movimento cômodo, eficiente e, sobretudo, seguro de pessoas e veículos na rede viária, minimizando os impactos causados pelo crescimento da população e da frota de veículos. Para tanto, Loch (2014) afirma que o crescimento da frota deve ser acompanhado de investimentos em infraestrutura e que os estudos viários devem ser não somente precisos, mas constantes, para que forneçam as informações necessárias para determinar quais intervenções devem ser realizadas, devendo-se dar especial atenção às interseções, onde há os maiores números de movimentos conflitantes entre veículos e pedestres, portanto, onde os problemas causados pelo aumento da frota são mais evidentes.

A realidade de Tucuruí, município do Pará, que abriga a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHT), a maior usina hidrelétrica genuinamente brasileira, não é diferente da realidade do país. De acordo com a estimativa populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município passou por um aumento populacional de cerca de 20% de 2007 a 2016 e, de acordo com dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), teve sua frota de veículos aumentada em mais de 160% nesse mesmo período. Isto é, a frota aumentou 8 vezes mais que a população, o que torna evidente a importância da Engenharia de Tráfego no município.

Neste trabalho, será apresentado um estudo realizado no cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos, por se tratar de uma das interseções mais problemáticas do município de Tucuruí, buscando propor melhorias na fluidez e segurança de veículos e

pedestres, por meio da análise do dimensionamento semafórico à luz do Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica do DENATRAN.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o dimensionamento semafórico, de acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica, no cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos, em Tucuruí-PA, buscando propor melhorias na fluidez e segurança dos usuários.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Fazer o reconhecimento das condições de operação da sinalização semafórica atual;
- Realizar o levantamento volumétrico e tipológico de veículos nos horários de pico;
- Verificar as características geométricas das vias;
- Aferir a extensão da fila veicular no período de pico, por faixa, nas vias;
- Determinar o fluxo de saturação e o tempo perdido em cada ciclo observado;
- Apresentar o redimensionamento semafórico do cruzamento;
- Apresentar a programação semafórica adequada para diferentes cenários de fluxo de tráfego no cruzamento.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

As interseções têm grande importância para o funcionamento eficiente de uma malha viária, pois, nestes locais, duas ou mais vias se cruzam ou se unificam, formando diversos movimentos conflitantes, o que as torna bastante sujeitas a acidentes de trânsito.

Nas interseções controladas por semáforos, os veículos se originam de diversas direções e se destinam a espaços comuns, em intervalos de tempo diferentes. Para que haja uma harmonia neste sistema, Loch (2014) afirma que a sinalização semafórica precisa ser precedida de estudos de tráfego para que seu dimensionamento seja, de fato, eficaz, evitando

saturações e morosidades que comprometam a fluidez e ensejem a prática de infrações como o avanço do sinal vermelho, o que compromete a segurança.

Tais estudos de tráfego são claramente explanados no novo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica. Este, porém, é bastante recente, tendo sido elaborado pelo DENATRAN apenas em 2014, em comparação ao Código de Trânsito Brasileiro (CTB), de 1997. Isso levantou a questão sobre os critérios utilizados para o dimensionamento dos semáforos do município de Tucuruí.

Segundo a Companhia de Trânsito de Tucuruí (CTTUC), não somente os tempos de cada luz dos semáforos foram definidos sem seguir quaisquer normas ou recomendações técnicas, mas até mesmo a instalação deles foi feita sem estudos prévios, o que torna relevante o estudo das sinalizações luminosas do município.

Além disso, nos últimos dez anos, Tucuruí teve um considerável aumento em sua frota de veículos. Em 2007, o município apresentava uma taxa de motorização de 12,3 veículos para cada 100 habitantes; já em 2016, apresenta mais que o dobro: 27 veículos para cada 100 habitantes. A programação semafórica precisa acompanhar esse aumento no volume de tráfego, para que a segurança dos usuários não seja comprometida.

A escolha do semáforo da interseção das ruas Siqueira Campos e Matriz da Conceição como objeto de estudo se deve (i) ao fato deste se tratar de um semáforo isolado, ou seja, não há necessidade de coordenação semafórica, o que permitiu a realização de um maior número de contagens de tráfego, portanto, a obtenção de dados mais consistentes para o dimensionamento; e (ii) ao fato desta se tratar de um local em que se observa um exacerbado desrespeito à sinalização, o que já motivou vários acidentes graves. À luz do novo Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica, deseja-se, portanto, contribuir para a melhoria da segurança e fluidez neste cruzamento.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além da presente introdução, no segundo capítulo, discorre-se sobre a importância da Engenharia de Tráfego e sua relação com a segurança no trânsito e o uso adequado dos semáforos. Por isso, serão explanados os tipos de acidentes de trânsito, bem como elementos

da programação semafórica, dando destaque a dois métodos de determinação do fluxo de saturação, um dos principais parâmetros no dimensionamento de sinalizações luminosas.

No terceiro capítulo é apresentado o método de execução do trabalho, descrevendo-se desde a forma de obtenção dos dados necessários até as etapas dos procedimentos de cálculo para se chegar à programação semafórica.

No quarto capítulo constam os resultados obtidos de cada etapa dos procedimentos de cálculo do capítulo 3, seguidos das análises das autoras, bem como de uma comparação com a programação semafórica atual do cruzamento estudado. Ainda neste capítulo, é também apresentada uma análise de diferentes cenários do cruzamento, que indica o dimensionamento adequado dos semáforos para diferentes fluxos de tráfego.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões a respeito da programação semafórica atual e dos resultados de dimensionamento obtidos. Além disso, são feitas sugestões de novas pesquisas relacionadas à Engenharia de Tráfego na cidade de Tucuruí.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão abordados os seguintes tópicos: importância da Engenharia de Tráfego, interseções, sinalização semafórica, acidentes de trânsito, evolução da frota, elementos da programação semafórica, métodos de determinação do fluxo de saturação e pesquisas de tráfego. Serão mostradas, também, as principais equações referentes ao dimensionamento semafórico, bem como os conceitos necessários para a compreensão destas.

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO

A Engenharia de Tráfego tem como objetos o planejamento, o projeto geométrico e a operação de tráfego em vias, suas redes, terminais, lotes lindeiros e relação com outros modos de transporte. Ela visa assegurar o movimento racional de bens, veículos e pessoas, ou seja, fazer com que esse movimento ocorra com eficiência, comodidade e, principalmente, segurança (PIGNATARO, 1973).

De acordo com Gold (1998), ao se fazer algumas intervenções em pontos críticos, pode-se reduzir substancialmente a ocorrência de acidentes no local da intervenção (em média 30%), quando não eliminá-los totalmente.

Na visão inicial da Engenharia de tráfego, a eficiência e a comodidade estavam relacionadas apenas à fluidez do trânsito, ideia que pode ser associada a oferecer capacidade e velocidade adequada na operação viária: quanto mais rápido o usuário chegasse ao seu destino, mais eficiente o trânsito. No entanto, o crescimento dos problemas associados à segurança provocou a ampliação dessa visão, pois, um sistema viário inseguro não pode ser considerado verdadeiramente eficiente, tampouco cômodo (LUZA & ROLDO, 2013).

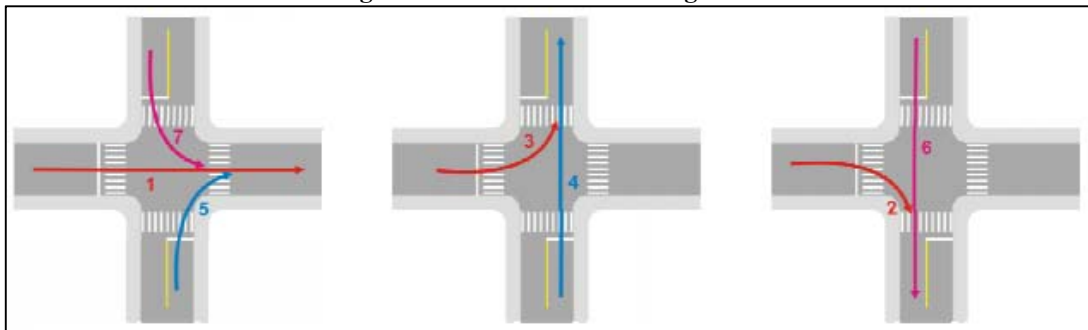
Portanto, a Engenharia de Tráfego se torna um artifício para otimizar e racionalizar o trânsito, promovendo a melhoria na qualidade de vida urbana, proporcionando maior fluidez, segurança e comodidade para os usuários das vias.

### 2.2 INTERSEÇÕES

Uma interseção, segundo AASHTO (2001), é um ponto de conflito entre veículos, pedestres e ciclistas, uma área geral onde duas ou mais vias se encontram ou se cruzam. Nessas interseções, os usuários se deslocam de um ponto a outro, podendo adotar diferentes trajetos. Esses trajetos, ou mudanças de direção, adotados pelos usuários são chamados de movimentos, os quais, no Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica (DENATRAN, 2014), são classificados como:

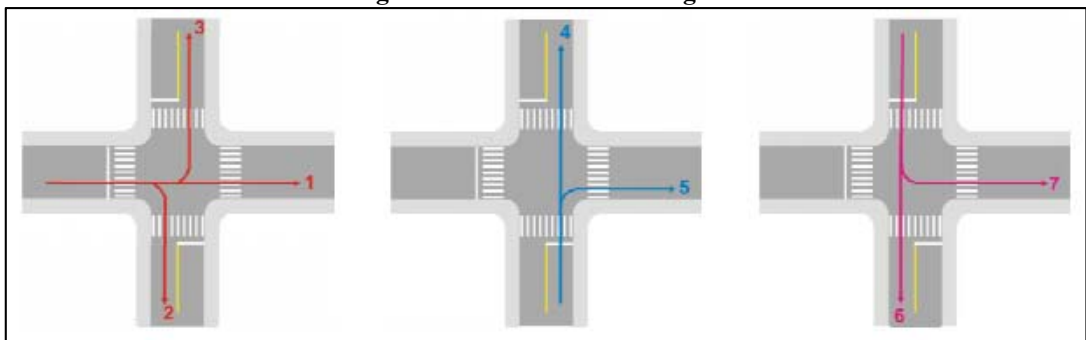
- a) convergentes: movimentos que têm origem em diferentes aproximações e possuem mesmo destino (Figura 1);
- b) divergentes: movimentos que têm origem na mesma aproximação e possuem destinos diferentes (Figura 2);
- c) interceptantes: movimentos que têm origem em aproximações diferentes e que se cruzam em algum ponto da área de conflito (Figura 3);
- d) não-interceptantes: são aqueles cujas trajetórias não se encontram em nenhum ponto da área de conflito (Figura 4).

**Figura 1 – Movimentos convergentes.**



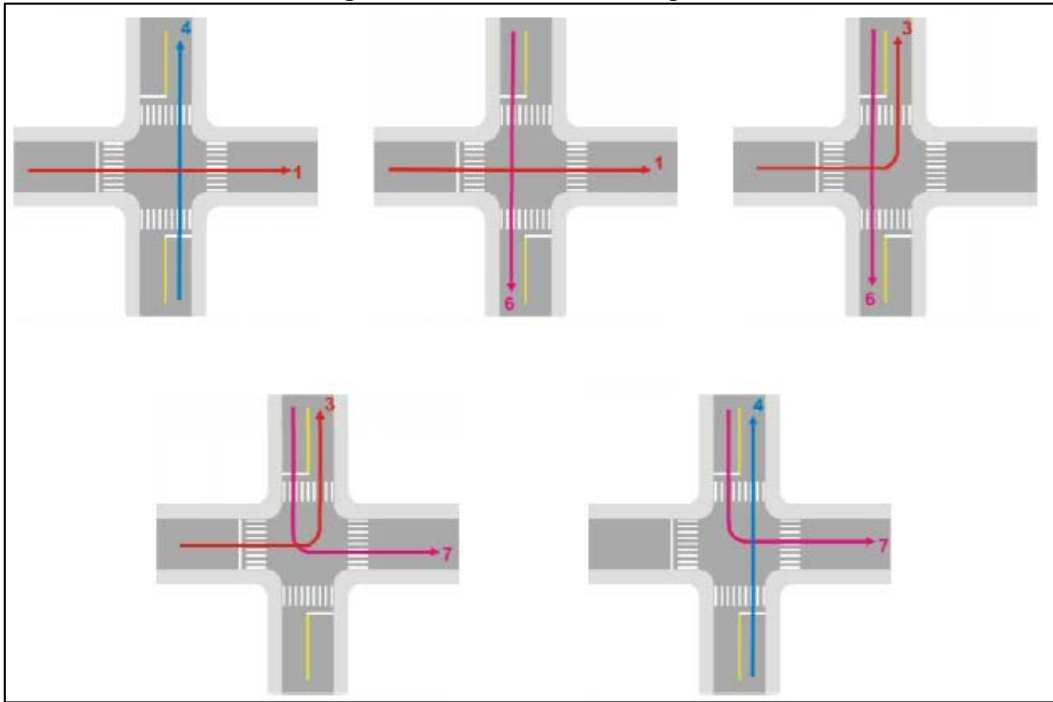
Fonte: DENATRAN (2014).

**Figura 2 – Movimentos divergentes.**



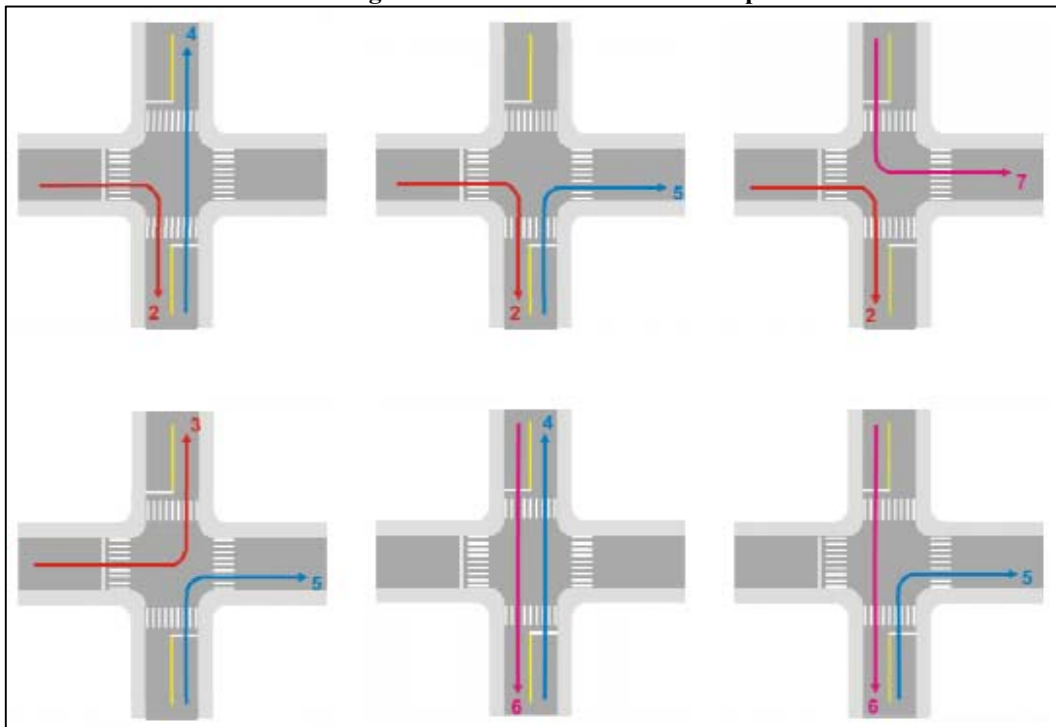
Fonte: DENATRAN (2014).

**Figura 3 – Movimentos interceptantes.**



Fonte: DENATRAN (2014).

**Figura 4 – Movimentos não-interceptantes.**



Fonte: DENATRAN (2014).

### 2.3 SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

O CTB, além de estabelecer normas de conduta, infrações e penalidades para os usuários do trânsito, também define as atribuições das autoridades e dos órgãos ligados ao trânsito e fornece diretrizes para a Engenharia de Tráfego. Dessa forma, o DENATRAN, no uso de suas atribuições legais conferidas pelo CTB, elaborou, em 2014, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, o qual, em seu volume V, trata especificamente de sinalização semafórica.

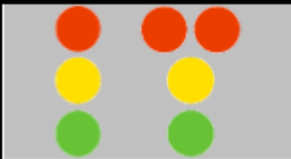


A sinalização semafórica é um subsistema de sinalização de vias que tem por finalidade transmitir informações sobre preferência de passagem de veículos e pedestres em movimentos conflitantes ou advertir os usuários sobre situações perigosas. É composta por indicações luminosas que se alternam em função do tempo, de acordo com a necessidade de liberação ou não do tráfego, podendo indicar também situações especiais da via (DENATRAN, 2014).

Para Luza & Roldo (2013), a implantação de semáforos deve ser precedida de estudos que levem em consideração alguns critérios, como a quantidade de veículos que trafegam na via por um período de tempo e a ocorrência de acidentes cuja mitigação seja possível mediante a instalação de semáforos.

Conforme Vilanova (2005), a implantação de um semáforo pode acarretar consideráveis impactos, tanto positivos, como negativos, no trânsito. Os impactos positivos se manifestam através da diminuição de acidentes e do maior conforto dos usuários (condutores e pedestres). Porém, quando a implantação é feita em um local que não requer esse tipo de sinalização, ocorre justamente o contrário: aumenta-se o desconforto dos usuários, o número de infrações e, conseqüentemente, o número de acidentes, além de implicar em gastos desnecessários.

Quanto à posição, os semáforos possuem algumas indicações de montagem que devem ser seguidas de acordo com o que recomenda o DENATRAN (2014), na Figura 5.

Figura 5 – Tipos de semáforos.

TIPO DO SEMAFORO	POSIÇÃO VERTICAL	POSIÇÃO HORIZONTAL
VEICULAR		 Obs.: Só utilizar quando projetado sobre a via.
PEDESTRE		---

Fonte: DENATRAN (2014).

## 2.4 ACIDENTES DE TRÂNSITO

A NBR 10697 (1989) define acidente de trânsito como:

“(...) eventos não premeditados que causem danos ao veículo ou à sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou aéreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículos parcialmente na via pública”.

As vias devem estar adequadamente sinalizadas, pois, por meio da sinalização, é possível transmitir aos usuários informações que serão necessárias para a fluidez e segurança do trânsito. Em locais onde há ausência de sinalização, sinalização com problemas de visibilidade ou em desacordo com as normas de trânsito, potencializa-se a ocorrência de acidentes.

Os acidentes de trânsito podem advir de fatores que influenciam de modo direto e indireto a sua ocorrência. Chama-se de fator de risco os fatores que, de maneira indireta, aumentam a probabilidade de ocorrência de acidentes (BASTOS, 2011). Dependem da exposição de seus usuários ao trânsito, severidade da legislação vigente e a fiscalização quanto ao cumprimento das leis existentes.

Muitos dos acidentes que ocorrem no trânsito estão diretamente relacionados aos componentes físicos: o ser humano, que nem sempre está apto a conduzir um veículo, seja por cansaço, conduta perigosa, ingestão de substâncias inapropriadas, entre outros (FERRAZ *et al.*, 2012). Mas nem sempre o ser humano é o único culpado pelos acidentes, as vias e veículos, quando se encontram em condições inadequadas e mal conservados, serão agentes

perigosos, podendo desencadear graves acidentes. A segurança viária também depende dos riscos associados ao meio ambiente, que muitas vezes impossibilita a total visibilidade do motorista em relação à pista de rolamento ou também pode diminuir o atrito pneu-pista, aumentando as chances de acidentes (FERRAZ *et al.*, 2012).

Motociclistas, ciclistas e pedestres são as categorias mais vulneráveis aos acidentes de trânsito. Elvik & Vaa (2004, *apud* AMIN, 2012) apontam que a probabilidade de um motociclista se envolver em um acidente é três vezes maior que a de um motorista de automóvel.

A separação do tráfego evita o contato direto entre os tipos de usuários da via, dessa maneira a utilização de calçadas, passarelas, semáforos, vias exclusivas, entre outros, promove menores riscos de segurança (ELVIK & VAA, 2004 *apud* AMIN, 2012).

Aplicar punições a motoristas infratores é uma maneira de manter a ordem no trânsito, podendo ser observado que quanto maior a severidade das penalidades, menores serão as incidências de multas (FERRAZ *et al.*, 2012). Para garantir o cumprimento da legislação, esta deve ser uma aliada direta da fiscalização e de educação no trânsito de qualidade, aumentando a segurança viária.

#### 2.4.1 Tipos de acidentes

A NBR 10697 (1989) classifica os acidentes de trânsito nos seguintes tipos: colisão, abalroamento, choque, atropelamento, tombamento, capotagem, engavetamento e outros. A seguir são descritos cada um deles:

- **Colisão:** uma colisão ocorre em acidentes em que um veículo em movimento sofre impacto de outro veículo que também estava em movimento. A colisão pode ser frontal, quando dois veículos que transitam na mesma direção e sentidos opostos colidem frente a frente; uma colisão lateral dá-se por veículos que transitam na mesma direção, podendo estar no mesmo sentido ou em sentidos opostos; será transversal quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente; a colisão será traseira quando houver impacto frente contra traseira, estando os veículos no mesmo sentido ou sentidos contrários, podendo pelo menos um deles estar dando marcha a ré.

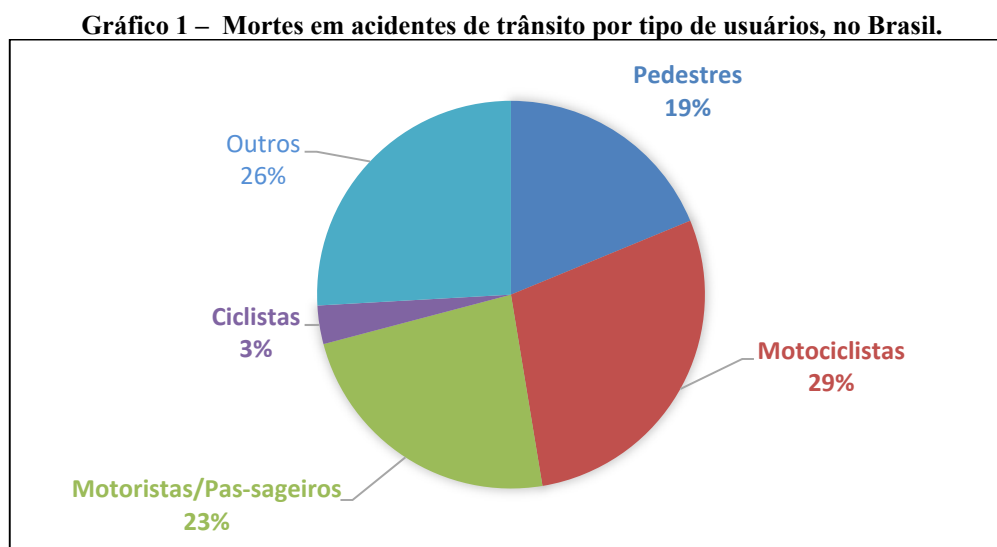
- **Choque:** diferentemente da colisão, em que ambos os veículos estariam em movimento, o choque ocorre caso um deles esteja inerte, podendo ser um objeto fixo ou móvel, mas sem movimento.
- **Atropelamento:** este é definido como um acidente em que o pedestre ou animal sofre o impacto de um veículo, estando pelo menos um em movimento.
- **Capotamento:** diz-se capotamento o acidente em que o veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido, chegando a ficar com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição.
- **Tombamento:** difere do capotamento, pois após o acidente para que haja tombamento o veículo imobiliza-se sobre uma de suas laterais, frente ou traseira, sem a premissa de ter que girar sobre si mesmo.
- **Engavetamento:** irá ocorrer quando há impacto entre três ou mais veículos, num mesmo sentido de circulação.

#### 2.4.2 Índice de acidentes em relação à frota

O número de carros e motos sofreu um aumento considerável nos últimos anos. No Brasil, esse desenvolvimento foi possível graças ao melhor desempenho da economia, permitindo o acesso da população a estes bens de serviço. A frota do país cresceu bem mais que a sua estrutura viária nos últimos anos. De acordo com pesquisa da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), de 2003 para 2012 a frota no país cresceu 92%, enquanto a extensão de ruas subiu apenas 16%. A pesquisa informou ainda que a previsão é que isso continue pelos próximos dez anos, principalmente nas cidades menores (MONTEIRO, 2014).

Com o aumento da frota no Brasil a proporção de automóveis por pessoa já chega a um automóvel para cada 4,4 habitantes. Paralelamente ao crescimento da frota está o aumento no número de acidentes de trânsito. Uma pesquisa do Instituto Avante Brasil indicou que o Brasil é o 4º país do mundo com maior número de mortes no trânsito, ficando atrás somente da Índia, China e Nigéria (GOMES, 2014). De acordo com Leal (2015), na composição do perfil dos acidentados, das 763 mil vítimas de trânsito no país, em 2014, 75% eram homens e 25% mulheres. Os jovens são os mais afetados, sendo que 24% das vítimas tinham entre 18 e 24 anos, 28% de 25 a 34 anos, 19% de 45 a 64 anos, 4% mais de 65, 1% de 0 a 7 e 5% de 8 a 17 anos, de acordo com levantamento feito pelo seguro por Danos Pessoais causados por Veículos Automotores de via Terrestre (DPVAT).

Em todo o mundo, a maioria das vítimas de acidentes no trânsito são das chamadas “categorias vulneráveis”, as quais incluem pedestres, ciclistas e motociclistas. Em 2013 essas três categorias correspondiam a 51% do total de mortes no trânsito, como indicado no Gráfico 1, sobre a porcentagem de vítimas fatais no ano de 2013, no Brasil, por tipo de usuário (WAISELFISZ, 2013).



**Fonte: Deepask (2013).**

É importante destacar que, no período entre 2002 e 2012, enquanto a mortalidade de pedestres reduziu 18%, as mortes relativas a ocupantes de automóveis e motociclistas aumentou 32% e 170% respectivamente, segundo estimativas do Mapa da Violência (WAISELFISZ, 2013). Pode-se concluir que o aumento de veículos no Brasil ocorreu devido à maior facilidade e incentivo de créditos nesse mesmo período, porém as questões de segurança não acompanharam esse crescimento, resultando no desequilíbrio entre os meios de transporte e o número de acidentes.

De acordo com o DENATRAN (2016), no último trimestre de 2016, a frota de motocicletas no país era de quase 21 milhões, representando pouco mais de 22% da frota total circulante em todo o país. Seguindo a tendência dos acidentes por faixa etária, os jovens são os mais afetados por acidentes envolvendo motocicletas.

Em meio a um panorama de crescimento da frota de motocicletas, pode-se destacar o aumento principalmente nas regiões que registram os menores índices do Produto Interno

Bruto (PIB), que é o caso da região Norte. Em 2012 o número de motos nesta região superou o de carros, enquanto a proporção da frota nacional de motos é de 26%.

Em Tucuuruí, a frota total até o último trimestre de 2016 era de 29.407 veículos, segundo dados do DENATRAN (2016), dentre os quais 60,5% correspondem a motocicletas e 24,1% ao número de automóveis.

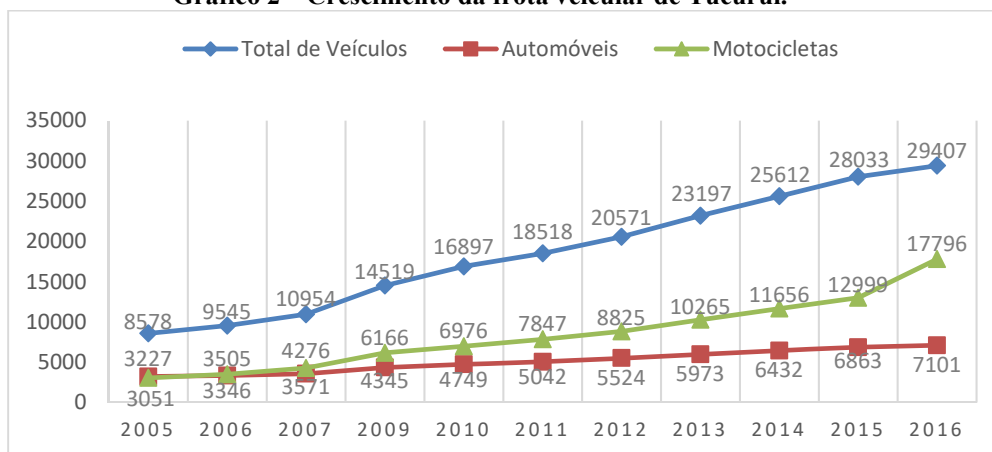
A motocicleta se tornou um meio de transporte popular, especialmente entre os adultos jovens. Ágil e mais barata que o carro, esse meio de locomoção pouco a pouco ganhou espaço não apenas para lazer e entretenimento, mas também como meio de transporte para o trabalho (ANDRADE & MELLO-JORGE, 2001).

### 2.4.3 Evolução da frota e população de Tucuuruí

O município de Tucuuruí está localizado no Pará, é banhado pelo Rio Tocantins e abriga a Usina Hidrelétrica de Tucuuruí (UHE), quarta maior usina hidrelétrica do mundo. De acordo com o IBGE, sua população em 2016 foi estimada em 108.888 habitantes e sua área territorial é de 2.086,189 km<sup>2</sup>.

A população do município era de 89 mil habitantes, em 2007. Este número subiu passando por uma elevação de mais de 22% em 2016. A frota de veículos do município, nesse mesmo período, sofreu acréscimo de quase 165%, saltando de 10.954 para mais de 29 mil veículos. O Gráfico 2, elaborado com base em dados do DENATRAN (2016), evidencia o aumento da frota veicular de Tucuuruí.

**Gráfico 2 – Crescimento da frota veicular de Tucuuruí.**

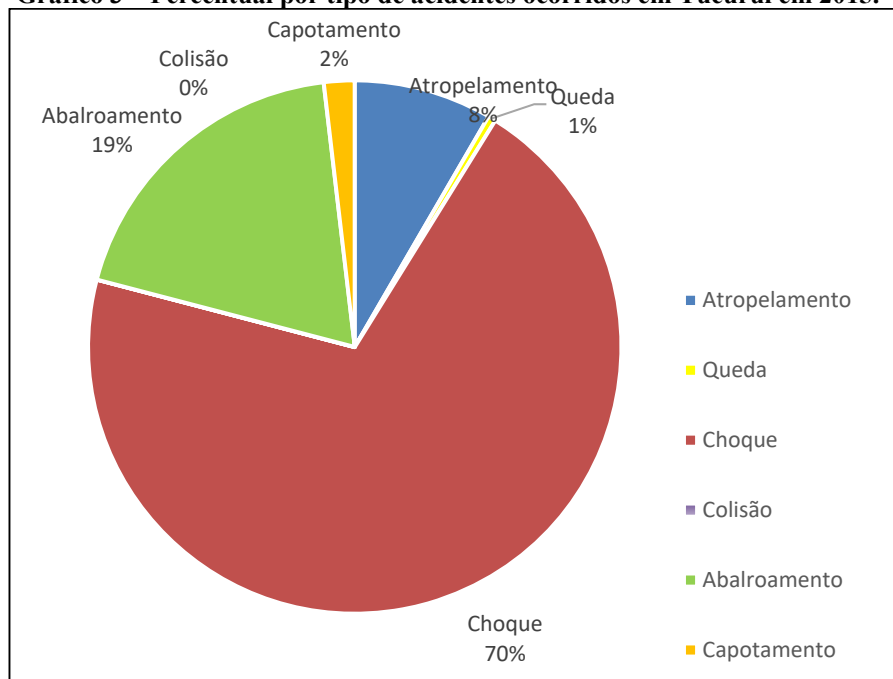


**Fonte: Criado a partir de dados do DENATRAN (2016)**

Analisando estes dados, percebe-se que a cidade de Tucuruí teve aumento substancial na sua frota de veículos. Tal crescimento nem sempre vem aliado a melhorias na infraestrutura e sinalização das vias, as quais precisam ser adequadas às condições atuais do trânsito. Sendo assim, deverão ser estudadas medidas para ordenar o tráfego de veículos e aprimorar a sinalização vigente, para obter maior segurança e fluidez no trânsito.

No ano de 2015, a CTTUC registrou 390 acidentes ocorridos em Tucuruí envolvendo condutores, passageiros e pedestres. O Gráfico 3 foi criado a partir de dados fornecidos pela CTTUC, e apresenta os tipos de acidentes e o percentual de sua ocorrência.

**Gráfico 3 – Percentual por tipo de acidentes ocorridos em Tucuruí em 2015.**



**Fonte: Criado a partir de dados da CTTUC (2015).**

Estas informações, no entanto, causam estranheza, pois é altamente improvável que em um município se registrem 0% de colisões ao longo de um ano, especialmente quando neste mesmo município registram-se 70% de choques. Isso gera dúvida em relação à qualidade do registro municipal de acidentes.

#### 2.4.4 Formas de diminuir os acidentes de trânsito

Segundo o Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), um estudo da Organização Mundial de Saúde (OMS) indicou que o fator humano é responsável por 90% dos acidentes. Especialistas relatam que excesso de velocidade, desatenção ao volante, ingestão de álcool e sonolência são os comportamentos de risco mais reportados em acidentes (ONSV, 2015). Sendo assim, o comportamento de motoristas é o principal fator de causas de acidentes.

Mesmo com a aplicação de medidas de Engenharia de Tráfego, não é possível garantir que os acidentes serão necessariamente evitados, no entanto, os riscos podem ser sensivelmente reduzidos e isso aumenta a segurança. Projetos simples podem ser implantados em locais onde se observa maior concentração de acidentes, podendo incluir medidas como: melhorias na sinalização vertical e horizontal, adoção de sonorizadores associados à sinalização de advertência, criação de áreas nos acostamentos para conversões em interseções, separação física de pedestres e veículos em áreas de travessias urbanas, criação de ciclovias ou ciclo faixas, uso de tachões refletivos para delimitação das curvas mais acentuadas, entre outros (FERRAZ *et al.* 2012).

A sinalização semaforica mostra-se como um meio efetivo para minimizar os conflitos de tráfego existentes em uma interseção. Porém a efetivação de um semáforo ou de um conjunto de semáforos deve ser bem estudada, pois a má utilização ou a não necessidade de semaforização pode trazer transtornos a uma cidade (LOCH, 2014). Se instalado em local indevido, o semáforo aumenta o número de paradas e o tempo de espera, por isso a implantação desse tipo de distribuidor de movimentos deve ser bem justificado.

O trânsito em grandes cidades brasileiras sofre constantemente com os aglomerados de veículos que podem resultar em engarrafamentos quilométricos. Pesquisa divulgada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) aponta que, em 2014, ao menos 31% dos brasileiros gastavam mais de 1 hora por dia para chegar em seus locais de trabalho ou estudo (ALVES, 2015). Em vista dessa afirmação, vê-se a necessidade de cuidados com as interseções semaforizadas para uma otimização de tempo e espaço. Se seguida a metodologia do DENATRAN, é possível que ocorra uma redução do tempo total de atraso, evitando-se assim esperas excessivas que levem ao desrespeito do semáforo, expondo os pedestres a avanços inesperados dos veículos.

## 2.5 ELEMENTOS DA PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

O Manual de Sinalização Semafórica (DENATRAN, 2014) apresenta, dentre outras coisas, considerações e critérios para implantação de semáforos, bem como características para o controle destes. Apresenta, também, detalhes sobre a obtenção dos dados que são necessários para verificar a necessidade de implantação ou mesmo remoção desse tipo de sinalização.

A determinação da implementação de um semáforo deve ser precedida de estudos específicos de cada local, que levem em conta o fluxo, a composição do tráfego, volume de pedestres e a capacidade (ou fluxo de saturação) das vias. Este tópico tratará exatamente dos elementos que o manual supracitado julga necessários para a realização desses estudos.

### 2.5.1 Volume de tráfego

O número de veículos ou pedestres que passa por uma dada seção de via durante o período em que é feita a contagem desses elementos é chamado de volume de tráfego ou fluxo de tráfego. Quando essa contagem é feita para definição da programação semafórica, leva-se em conta o sentido (direita, esquerda, direto) de circulação dos veículos e os tipos de veículos (leves, pesados, motos).

O volume de tráfego é expresso em veículos por hora (veic/h). Ele representa a demanda da via, ou seja, quantos veículos a solicitam em dado momento, conforme a Equação 1.

$$\text{Fluxo} = \text{número de veículos} / \text{tempo} \quad (1)$$

Uma vez que o volume de tráfego é variável, o DENATRAN (2014) recomenda que “as contagens sejam feitas, pelo menos, ao longo de um dia útil típico”. Pois, a partir disso, pode-se determinar quantos planos semafóricos deverão ser calculados e o período do dia e dia da semana em que cada um desses planos será implementado.

### 2.5.2 Volume de tráfego equivalente

O volume de tráfego equivalente nada mais é que o volume de tráfego veicular expresso em termos de unidades de carros de passeio (ucp). Isso é importante para se compor

o volume de tráfego de uma via numa base única. Portanto, depois de feita a contagem em uma determinada seção de via, o número de cada tipo de veículo é multiplicado por seu respectivo fator de equivalência (conforme a Tabela 1) para, assim, obter-se o volume de tráfego equivalente.

**Tabela 1 – Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos.**

<b>Tipo</b>	<b>Fator de equivalência</b>
Automóvel	1,00
Moto	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

**Fonte: DENATRAN (2014).**

### 2.5.3 Fluxo de saturação (FS)

O fluxo de saturação representa a máxima capacidade da via. Representa a oferta da via, ou seja, quantos veículos ela consegue receber em dado período de tempo, normalmente expresso em veículos por hora (veic/h).

Tanto as condições da via como as condições do tráfego têm influência no fluxo de saturação. Os fatores mais importantes, quanto às condições da via, são a topografia, o número de faixas e a largura destas, e o estado do pavimento (relação no Quadro 1). Quanto às condições do tráfego, pode-se dizer que o fluxo de saturação é afetado pelo volume e tipos de veículos que compõem o tráfego, pelo volume de pedestres e por interferências como pontos de ônibus ou estacionamentos.

**Quadro 1 - Relação entre fatores de condição da vias e a capacidade**

<b>Fator</b>	<b>Capacidade da via</b>
Topografia plana	Aumenta
Grande largura de faixa	Aumenta
Pavimento em más condições	Diminui
Pequeno número de faixas	Diminui

#### 2.5.4 Estágio

Estágio é o intervalo de tempo no qual a configuração das indicações luminosas de uma interseção dá direito de passagem a determinados movimentos compatíveis, isto é, movimentos cujos fluxos de veículos podem ocorrer simultaneamente.

#### 2.5.5 Entreverdes

O período entreverdes é um tempo de segurança, previsto para evitar acidentes entre os usuários que estão perdendo seu direito de passagem e aqueles que vão passar a adquiri-lo no estágio subsequente. O período entreverdes é, portanto, compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente, e pode ser calculado, para os veículos, por meio da Equação 2.

$$t_{ent} = t_{pr} + \frac{v}{2(a_{ad} \pm ig)} + \frac{d_2 + c}{v} \quad (2)$$

Em que:

$t_{ent}$  = tempo de entreverdes, em s;

$t_{pr}$  = tempo de percepção e reação do condutor, em s;

$v$  = velocidade do veículo, em m/s;

$a_{ad}$  = máxima taxa de frenagem admissível em via plana, em m/s<sup>2</sup>;

$i$  = inclinação da via na aproximação, sendo positivo em rampas ascendentes e negativos em rampas descendentes (m/m);

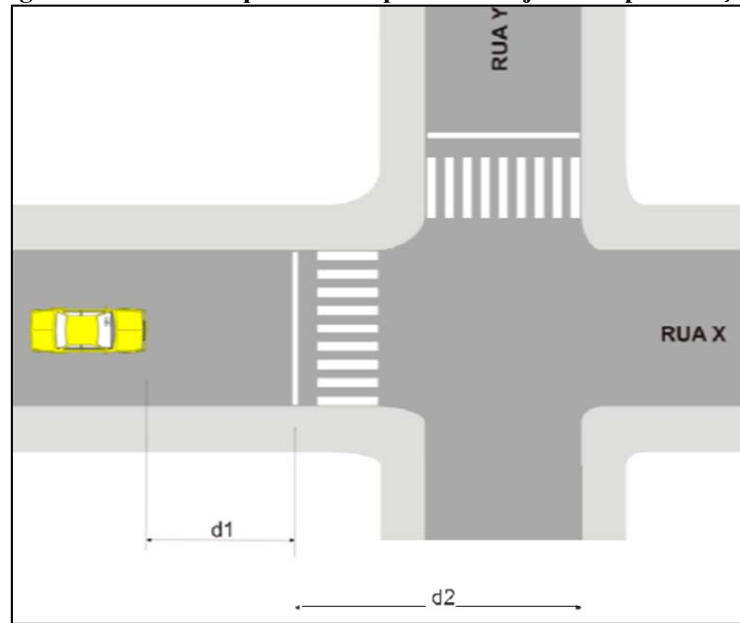
$g$  = aceleração da gravidade (9,8 m/s<sup>2</sup>);

$d_2$  = extensão da trajetória do veículo entre a linha de retenção e o término da área de conflito, em metros;

$c$  = comprimento do veículo, em metros.

A extensão  $d_2$  pode ser melhor compreendida através da Figura 7.

**Figura 6 – Distâncias percorridas pelo veículo junto à aproximação.**



Fonte: DENATRAN (2014).

Ao determinar o tempo de entreverdes, o tempo de vermelho geral, que é o intervalo de tempo entre o final do amarelo (ou do vermelho intermitente) de um estágio e o início do verde do próximo estágio, será igual à última parcela da Equação 2, portanto (Equação 3):

$$t_{vg} = \frac{d_2 + c}{v} \quad (3)$$

Quanto ao tempo de amarelo, este será igual à soma das duas primeiras parcelas da Equação 2, portanto (Equação 4):

$$t_{am} = t_{pr} + \frac{v}{2(a_{ad} \pm ig)} \quad (4)$$

O DENATRAN (2014) diz que usualmente adota-se 1 s, para  $t_{pr}$ ; a velocidade regulamentada da via, para  $v$ ; 3 m/s<sup>2</sup>, para  $a_{ad}$ ; e 5 m para  $c = 5$  m, quando o fluxo for predominantemente composto por automóveis.

Ainda sobre a determinação do tempo de amarelo, o DENATRAN (2014) fornece as recomendações da Tabela 2, que relacionam este tempo à velocidade máxima regulamentada da via:

Tabela 2 - Definição do tempo de amarelo.

Tempo de amarelo	Velocidade máxima da via
≤ 3 s	Até 40 Km/h
≤ 4 s	50 Km/h - 60 Km/h
5 s	≤ 70 Km/h

Fonte: DENATRAN (2014).

### 2.5.6 Tempo de verde de segurança

Os tempos de verde de segurança são valores mínimos admissíveis para a duração dos tempos de verde, pois verdes excessivamente curtos podem levar a situações com alto potencial de acidentes.

A definição da duração desse elemento para veículos é função da hierarquia da via, do volume de veículos, da largura da transversal, da composição do tráfego e da presença de pedestres. Segundo o DENATRAN (2014), os valores típicos observados na prática são de 10 a 20 segundos.

### 2.5.7 Tempo de ciclo e tempo perdido de um ciclo

O tempo de ciclo é o tempo que leva para que se repitam as três cores do semáforo para uma determinada aproximação. Portanto, o tempo perdido de um ciclo é, basicamente, a parte do ciclo que não é efetivamente utilizada pelos veículos. Essa perda, na prática, varia entre 2 a 4 segundos em cada fase e ocorre pois: (i) há o tempo de percepção e reação dos motoristas quando da abertura do sinal verde; (ii) há o fato de que nem todos os motoristas utilizam o sinal amarelo para cruzar a interseção e; (iii) em alguns cruzamentos ocorre o vermelho total. O tempo perdido total pode ser calculado por meio da Equação 5.

$$Tp = t_{ep} + \sum_{i=1}^n (t_{pin_i} + t_{pf n_i}) \quad (5)$$

Em que:

$Tp$  = tempo perdido total, em s;

$t_{ep}$  = tempo de estágio exclusivo para pedestres, caso existente, em s;

$n$  = número de estágios veiculares existentes;

$t_{pin_i}$  = tempo perdido no início do estágio  $i$ , em s;

$t_{pfni}$  = tempo perdido no final do estágio  $i$ , em segundos.

### 2.5.8 Taxa de ocupação

A taxa de ocupação reflete uma relação entre a demanda de tráfego ( $F$ ) e a oferta de tráfego ( $FS$ ), conforme a Equação 6.

$$y = F/FS \quad (6)$$

Em que:

$y$  = taxa de ocupação;

$F$  = taxa de fluxo, em veíc/h ou ucp/h;

$FS$  = fluxo de saturação, em veíc/h ou ucp/h.

### 2.5.9 Método de Webster

O Engenheiro Webster elaborou, durante a década de 1950, no Reino Unido, um método para a determinação do tempo de ciclo, chamado por ele de tempo de ciclo ótimo, que busca minimizar o atraso médio total dos fluxos de tráfego que se dirigem ao cruzamento. Este método é aplicável somente a cruzamentos isolados, isto é, com chegadas aleatórias nas aproximações. O tempo de ciclo ótimo pode ser calculado por meio da Equação 7.

$$t_{co} = \frac{1,5 \times Tp + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_i} \quad (7)$$

Sendo que:

$t_{co}$  = tempo de ciclo ótimo, em s;

$Tp$  = tempo perdido total, em s;

$y$  = taxa de ocupação do grupo de movimentos crítico do estágio  $i$ ;

$n$  = número de estágios.

#### 2.5.10 Tempo de verde efetivo e real

O tempo de verde efetivo é o tempo que está efetivamente disponível para o movimento dos veículos de um determinado grupo de faixas. Quando o tempo de ciclo é determinado pelo método de Webster, a Equação 8 pode ser utilizada para a determinação do tempo de verde efetivo.

Já o tempo de verde real de um estágio é, simplesmente, o tempo em que o sinal permanece com a luz verde, e sua determinação pode ser dada pela Equação 9.

$$t_{v,ef,i} = (t_c - T_p) \times \frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad (8)$$

Sendo que:

$t_{v,ef,i}$  = tempo de verde efetivo do estágio  $i$ , em s;

$t_c$  = tempo de ciclo, em s;

$T_p$  = tempo perdido total, em s;

$y_i$  = taxa de ocupação do estágio  $i$ ;

$n$  = número de estágios.

$$t_{v,real} = t_{v,ef} - t_{ent} + t_{pin} + t_{pfin} \quad (9)$$

Sendo que:

$t_{v,real}$  = tempo de verde real, em s;

$t_{v,ef}$  = tempo de verde efetivo, em s;

$t_{ent}$  = tempo de entreverdes, em s;

$t_{pin}$  = tempo perdido no início, em s;

$t_{pfin}$  = tempo perdido no final, em s.

## 2.6 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SATURAÇÃO

### 2.6.1 Método para estimativa do Fluxo de Saturação

O *Highway Capacity Manual* (HCM) apresentou um método para estimativa do Fluxo de Saturação que vem sendo empregado internacionalmente. O HCM foi publicado pelo *Transportation Research Board* (TRB) e vem sendo aperfeiçoado desde sua primeira edição, em 1950. A versão mais recente do manual foi publicada em 2010, mas no Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica (DENATRAN, 2014) foi utilizada a versão publicada em 2000 (TRB, 2000), sendo esse documento usualmente referido como HCM 2000. Neste tópico, será apresentado o método básico do HCM 2000 para estimar o Fluxo de Saturação de uma via.

#### 2.6.1.1 Expressão geral

Por meio da Equação 10, o fluxo de saturação é estimado para um determinado número de faixas de trânsito. Nessa expressão, um fluxo básico por faixa, expresso em ucp/h, é ajustado por fatores que refletem as condições gerais das faixas de trânsito a serem analisadas em conjunto.

$$s = s_0 \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad (10)$$

Em que:

$s$  = fluxo de saturação para o conjunto de faixas, expresso em vph;

$s_0$  = fluxo de saturação básico por faixa, expresso em ucp/h;

$N$  = número de faixas no conjunto de faixas;

$f_w$  = fator de ajuste para largura da faixa;

$f_{HV}$  = fator de ajuste para presença de veículos pesados;

$f_g$  = fator de ajuste para o greide da aproximação;

$f_p$  = fator de ajuste para presença/atividade de estacionamento;

$f_{bb}$  = fator de ajuste para parada de ônibus junto à interseção;

$f_a$  = fator de ajuste para tipo de área onde a interseção se localiza;

$f_{LU}$  = fator de ajuste para utilização de faixa de trânsito;

$f_{LT}$  = fator de ajuste para conversões à esquerda;

$f_{RT}$  = fator de ajuste para conversões à direita;

$f_{Lpb}$  = fator de ajuste para o impacto da presença de pedestres/ciclistas sobre conversões à esquerda;

$f_{Rpb}$  = fator de ajuste para o impacto da presença de pedestres/ciclistas sobre conversões à direita.

### 2.6.1.2 Fluxo de saturação básico

Segundo DENATRAN (2014), o HCM 2000 recomenda que seja adotado o valor de 1900 ucp/h para o fluxo de saturação básico ( $s_0$ ). Assim, o fluxo de saturação básico para o conjunto considerado de faixas de trânsito é obtido pela multiplicação desse valor pelo número de faixas do conjunto ( $N$ ).

### 2.6.1.3 Fatores de ajuste

Os fatores de ajuste são adimensionais e irão influenciar na redução ou no aumento do fluxo de saturação básico de 1900 ucp/h, de acordo com características próprias das vias analisadas. A seguir serão apresentados a forma de cálculo de cada um desses fatores.

- **Fator de ajuste para largura da faixa ( $f_w$ ):** para largura de faixas maior ou igual a 2,4m, é determinado pela Equação 11. Quando uma faixa tiver largura superior a 4,8m, o HCM 2000 recomenda tratá-la como duas faixas.

$$f_w = 1 + \frac{(W-3,6)}{9} \quad (11)$$

Sendo que  $W$  é a largura da faixa em metros.

- **Fator de ajuste para presença de veículos pesados ( $f_{HV}$ ):** este fator é calculado pela Equação 12.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + HV(E_T - 1)} \quad (12)$$

Em que:

$HV$  = percentagem de veículos pesados no grupo de movimentos que utiliza o conjunto de faixas;

$E_T$  = fator de equivalência para veículos pesados ( $E_T = 2,0$  ucp/veículo pesado).

- **Fator de ajuste para o greide da aproximação ( $f_g$ ):** segundo o DENATRAN (2014), o HCM 2000 considera que o greide afeta tanto o comportamento dos carros de passeio quanto dos veículos pesados. Este fator é determinado pela Equação 13.

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} \quad (13)$$

Sendo que  $G$  é o greide do conjunto de faixas de trânsito que atende o grupo de movimentos considerado, expresso em percentagem. Adotam-se sinais positivos ou negativos de  $G$  em função de aclave ou declive, respectivamente

- **Fator de ajuste para presença/atividade de estacionamento ( $f_p$ ):** Este fator é calculado pela Equação 14.

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N} \quad (14)$$

Em que:

$N$  = número de faixas de trânsito do conjunto de faixas que atende o grupo de movimentos considerado;

$N_m$  = número de manobras de estacionamento por hora, que deve ser observado na faixa destinada a estacionamento adjacente ao conjunto de faixas analisado, e a uma distância de até 75m a montante da linha de retenção. Quando  $N_m > 180$ , adotar 180.

O valor de  $f_p$  deve ser sempre maior ou igual a 0,050. No caso de não haver presença/atividade de estacionamento, adotar  $f_p$  igual a 1,00.

- **Fator de ajuste para parada de ônibus junto à interseção ( $f_{bb}$ ):** este fator deve ser calculado quando haver presença de parada de ônibus até 75m, à montante ou à jusante, da aproximação que bloqueie o tráfego na faixa adjacente à parada durante as operações de embarque/desembarque de passageiros.

O fator  $f_{bb}$  é calculado pela Equação 15 e deve ser maior ou igual a 0,05.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 N_B}{3600}}{N} \quad (15)$$

Em que:

$N$  = número de faixas no conjunto de faixas que serve o grupo de movimentos considerado;

$N_B$  = número de ônibus que para por hora. Se  $N_B > 250$ , adotar este valor como limite superior prático.

- **Fator de ajuste para tipo de área onde a interseção se localiza ( $f_a$ ):** este fator indica que as interseções localizadas nos *Central Business Districts* (CBD), isto é, nos centros comerciais das áreas urbanas, têm operação menos eficiente do que as localizadas nas demais áreas. Assim, para interseções localizadas em CBD, o valor adotado para  $f_a$  é 0,90 e, para as interseções situadas nas demais áreas, 1,00.

- **Fator de ajuste para utilização de faixa de trânsito ( $f_{LU}$ ):** este fator procura representar o efeito do uso diferenciado das faixas que atendem ao grupo de movimentos considerado sobre o respectivo fluxo de saturação e é determinado pela Equação 16.

$$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1}N)} \quad (16)$$

Em que:

$V_g$  = taxa de fluxo global observado em todas as faixas de trânsito que servem o grupo de movimentos considerado, em veículos por hora;

$V_{g1}$  = taxa de fluxo observada na faixa mais carregada, em veículos por hora;

$N$  = número de faixas de trânsito que atende ao grupo de movimentos considerado.

Em locais onde o grupo de movimentos considerado utiliza apenas uma faixa, ou em situações em que a demanda se aproxima da capacidade, pode ser adotado  $f_{LU} = 1,0$ .

- **Fator de ajuste para conversões à esquerda ( $f_{LT}$ ):** a determinação deste fator se dá pela Equação 17. Mas, caso as conversões à esquerda sejam protegidas em um dado estágio e ocorram em faixas exclusivas, deve ser adotado o valor de 0,95 para  $f_{LT}$  e, no caso de ausência de conversões à esquerda, 1,0.

$$f_{LT} = \frac{1}{1+0,05P_{LT}} \quad (17)$$

Sendo que  $P_{LT}$  é a proporção de veículos da faixa compartilhada que faz o movimento de conversão à esquerda.

- **Fator de ajuste para conversões à direita ( $f_{RT}$ ):** a determinação deste fator depende do tipo de faixa onde a conversão à direita é realizada. Quando essa conversão é feita em faixa exclusiva, adota-se o valor de 0,85 para  $f_{RT}$ . Quando em faixa compartilhada, leva-se em consideração a proporção de veículos que realiza a conversão à direita ( $P_{RT}$ ), devendo-se utilizar a Equação 18, quando a faixa compartilhada é parte integrante de um conjunto de faixas e, a Equação 19, quando a faixa compartilhada for a única faixa disponível para o grupo de movimentos considerado.

$$f_{RT} = 1 - 0,15 P_{RT} \quad (18)$$

$$f_{RT} = 1 - 0,135 P_{RT} \quad (19)$$

Em qualquer uma dessas situações, o valor adotado para  $f_{RT}$  deve ser maior ou igual a 0,05. E, caso não ocorram conversões à direita no grupo de movimentos considerado, esse fator é igual a 1,0.

- **Fatores de ajuste para o impacto da presença de pedestres/ciclistas sobre conversões à esquerda ( $f_{Lpb}$ ) e à direita ( $f_{Rpb}$ ):** estes fatores devem ser calculados caso os veículos que recebem indicação verde para realizar o movimento de conversão precisem dar preferência de passagem a pedestres e/ou ciclistas em movimento conflitante, durante todo ou parte do tempo de verde. Quando os movimentos veiculares de conversão forem protegidos, esses fatores são iguais a 1,0, caso contrário, deve-se seguir as recomendações do Apêndice D do Capítulo 16 do HCM 2000 (DENATRAN, 2014).

## 2.6.2 Método de medição *in loco* do fluxo de saturação

O método de medição *in loco* do fluxo de saturação é derivado do método original do HCM 2000 e permite também a determinação dos tempos perdidos inicial e final de cada estágio. Neste método, a fila de veículos é observada em separado para cada faixa de trânsito, e não na aproximação como um todo.

### 2.6.2.1 Dados a serem coletados

O DENATRAN (2014) apresenta um modelo de folha de coleta de dados (Anexo A), que reúne observações a serem realizadas em uma única faixa de trânsito. Nessa folha, “HF” representa o tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do último veículo da fila a passar sobre a linha de retenção. A posição deste veículo na fila é “f”. Em ciclos não saturados, o *f-ésimo* veículo é efetivamente o último veículo da fila. Em ciclos saturados ele é o último veículo da fila que é servido no estágio (após o término do tempo de verde).

Por instrução do DENATRAN (2014), a coleta de dados não deve ser realizada quando a fila presente na faixa no início do verde for inferior a 6 veículos, ou quando o trecho a jusante não tiver capacidade de absorver os veículos que cruzam a linha de retenção.

### 2.6.2.2 Procedimentos de cálculo para ciclos não saturados

Para o cálculo do fluxo de saturação (Equação 20), é necessário primeiro calcular o *headway* médio ( $Hm$ ), o qual é também necessário para o cálculo do tempo perdido. Para estes dois últimos, existem dois procedimentos de cálculo: um para situações em que o tempo de verde do semáforo é maior que 25 segundos, outro para situações em que esse tempo é menor ou igual a 25 segundos.

$$FS = \frac{3600}{Hm} \quad (20)$$

- **Para tempo de verde > 25 segundos:** calcula-se o *headway* médio por meio da Esquação 21. A Equação 22 determina o tempo perdido inicial.

$$Hm = \frac{Hf - H4}{f - 4} \quad (21)$$

$$t_{pin} = H4 - (4 \times Hm) \quad (22)$$

Em que:

$Hm$  = *headway* médio para a faixa, no ciclo considerado (em segundos);

$FS$  = fluxo de saturação (em veículos por hora de tempo verde);  $t_{pi}$  = tempo perdido inicial (em segundos);

$H4$  = tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do quarto veículo da fila (em segundos);

$Hf$  = tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do último veículo proveniente da fila que passa sobre a linha de retenção (em segundos);

$f$  = posição do último veículo da fila que passa sobre a linha de retenção. Quando menor que 8, é conveniente descartar o ciclo.

• **Para tempo de verde  $\leq 25$  segundos:** neste caso, o ciclo deve ser descartado quando  $f$  for menor que 6. O *headway* médio ( $Hm$ ) e o tempo perdido inicial ( $t_{pin}$ ) são calculados pelas Equações 23 e 24, respectivamente.

$$Hm = \frac{Hf - H3}{f - 3} \quad (23)$$

$$t_{pin} = H3 - (3 \times Hm) \quad (24)$$

Em que  $H3$  é o tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do terceiro veículo da fila (em segundos).

### 2.6.2.3 Procedimentos de cálculo para ciclos saturados

Em ciclos saturados, além do parâmetros anteriores (*headway* médio – Equação 25 – e tempo perdido inicial – Equação 24), calcula-se, também, a duração do último intervalo de observação (Equação 26), para, por fim, calcular o tempo perdido final (Equação 27). O cálculo do fluxo de saturação, neste caso, se dá também pela Equação 20.

$$Hm = \frac{Hfs - H4}{fs - 4} \quad (25)$$

$$T_f = (t_{v,real} + t_{ent}) - Hfs \quad (26)$$

$$t_{pfn} = Tf - [(f - fs) \times Hm] \quad (27)$$

Em que:

$Hfs$  = tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do último veículo proveniente da fila ( $fs$ ) que passa sobre a linha de retenção durante o verde (em segundos);

$T_f$  = duração do último intervalo de observação, que vai da passagem das rodas traseiras do veículo  $fs$  até o final do estágio (em segundos);

$t_{v,real}$  = duração do tempo de verde do estágio considerado (em segundos);

$t_{ent}$  = duração do tempo de entreverdes do estágio considerado (em segundos);

$f$  = posição do último veículo da fila que passa sobre a linha de retenção.

Quando, porém,  $fs$  for menor que 10, em aproximações com tempo de verde inferior a 25 segundos, o DENATRAN (2014) recomenda a utilização das Equações 28, para o cálculo do *headway* médio, e a Equação 24, para o cálculo do tempo perdido inicial. O DENATRAN (2014) ainda acrescenta que “em qualquer caso, o ciclo deve ser descartado para  $fs < 8$ ”.

$$Hm = \frac{Hfs - H3}{fs - 3} \quad (28)$$

Em que  $H3$  o tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do terceiro veículo da fila (em segundos).

#### 2.6.2.4 Determinação do fluxo de saturação e tempo perdido para a faixa considerada

Por fim, o fluxo de saturação e tempos perdidos para a faixa considerada são determinados pela média aritmética dos valores obtidos para cada ciclo. O DENATRAN (2014) não estabelece um número mínimo de ciclos a serem observados. Recomenda, porém, que a coleta de dados seja realizada no maior número possível de ciclos saturados, uma vez que o tempo perdido final só pode ser determinado nesta condição.

## 2.7 PESQUISAS DE TRÁFEGO

As pesquisas de tráfego têm como objetivo identificar as características gerais de funcionamento das vias em estudo. O DNIT (2006) informa que, na engenharia de tráfego, a observação direta é o método de pesquisa de tráfego normalmente utilizado, o qual consiste em registrar os acontecimentos do trânsito sem ocasionar interferências, tendo como objetivo realizar a contagem volumétrica dos veículos ou pessoas que circulam em um determinado ponto da via num determinado intervalo de tempo.

As informações alcançadas através das contagens são de fundamental importância para determinar a capacidade da via, as razões dos congestionamentos, os índices de acidentes, dimensionamento da via e outras melhorias (DNIT, 2006).

### 2.7.1 Contagem Volumétrica

A contagem volumétrica tem por finalidade determinar a quantidade, o sentido e a composição de veículos que passam por um determinado local definido para o estudo durante um período de tempo, podendo ser classificadas, de acordo com o DNIT (2006), da seguinte forma:

- **Contagens globais:** registra-se o número total de veículos que circulam num trecho da via, independente do sentido. São utilizadas para cálculos de volumes diários e determinação de tendências do tráfego;
- **Contagens direcionais:** registra-se o número de veículos por sentido de fluxo, com a finalidade de calcular a capacidade, intervalos de sinais, controles de trânsito, estudo de acidentes e faixas adicionais;
- **Contagem classificatória:** registra-se o volume para cada classe de veículo com a função de dimensionar um projeto geométrico de rodovias e interseções.

Akishino (2011) apresenta dois métodos utilizados para se realizar as contagens:

- **Contagens manuais:** necessárias em casos em que se necessita da determinação dos movimentos de virada (contagens direcionais), contagens de classificação por tipo de veículo, de passageiros, de pedestres e contagens em auto-estradas. Estas contagens chegam a obter 95% de precisão e são mais caras que as contagens mecanizadas;
- **Contagens mecânicas:** utilizadas em casos de contagens de longa duração. São realizadas por meio de dispositivos mecânicos que coletam os dados pertinentes.

### 2.7.2 Horário de pico

O melhores horários para a execução das contagens, segundo o DNIT (2006), são durante os horários de pico, isto é, quando ocorrem os maiores fluxos nas vias de estudo. Nestes horários se tornam mais notórios os problemas de trânsito, portanto, é para estes horários que geralmente são analisadas soluções de tráfego.

Akishino (2011) comenta que, para a determinação do horário de pico de uma via, deve-se saber a variação do volume de tráfego ao longo de um dia típico, para então se determinar o horário de maior fluxo.

### 2.7.3 Pesquisa direcional

A pesquisa direcional apresenta o volume de tráfego detalhado no cruzamento, considerando cada tipo de movimento, expresso em veículos por hora. Seus dados são utilizados para a programação semafórica quando o fluxo de saturação também for obtido nesta unidade (DENATRAN, 2014).

Os pesquisadores devem anotar os movimentos realizados pelos veículos em intervalos de 15 em 15 minutos em pranchetas. O DENATRAN (2014) ainda recomenda um pesquisador para cada aproximação, a fim de que cada um seja responsável pela coleta de dados de, no máximo, 3 movimentos. O modelo de folha para coleta de dados apresentado pelo (DENATRAN, 2014) pode ser consultado no Anexo B.

### 2.7.4 Pesquisa direcional e classificatória

A pesquisa direcional e classificatória é realizada quando se necessita saber a composição do tráfego no cruzamento. Ela permite fazer a determinação do volume de tráfego equivalente, que é o volume de tráfego coletado expresso em unidades de carro de passeio (ucp), que será utilizado para a programação semafórica quando o fluxo de saturação for determinado também nesta unidade (DENATRAN, 2014).

Os dados devem ser coletados também em intervalos de 15 minutos, sendo anotado não somente o movimento realizado por cada veículo, mas também o seu tipo. O modelo de folha para coleta de dados apresentado pelo DENATRAN (2014) pode ser consultado no Anexo C.

## 2.8 ESTUDO DE CASO: CRUZAMENTO DAS RUAS MATRIZ DA CONCEIÇÃO E SIQUEIRA CAMPOS

Localizado entre os bairros Jaqueira, Jardim Paraíso e Mangal, o cruzamento entre as ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos dá acesso a quem deseja ir para estes bairros e a quem deseja ir em direção ao centro da cidade. Ambas são vias coletoras, portanto, seu limite de velocidade é de 40 Km/h.

A Figura 7 mostra a vista superior do cruzamento. A linha roxa representa a extensão da rua Matriz da Conceição, que tem seu início no bairro da Jaqueira e seu término no bairro Jardim Paraíso. A linha alaranjada representa parte da extensão da rua Siqueira Campos, que tem seu início no bairro Beira Rio e, seu término, no bairro Colinas.

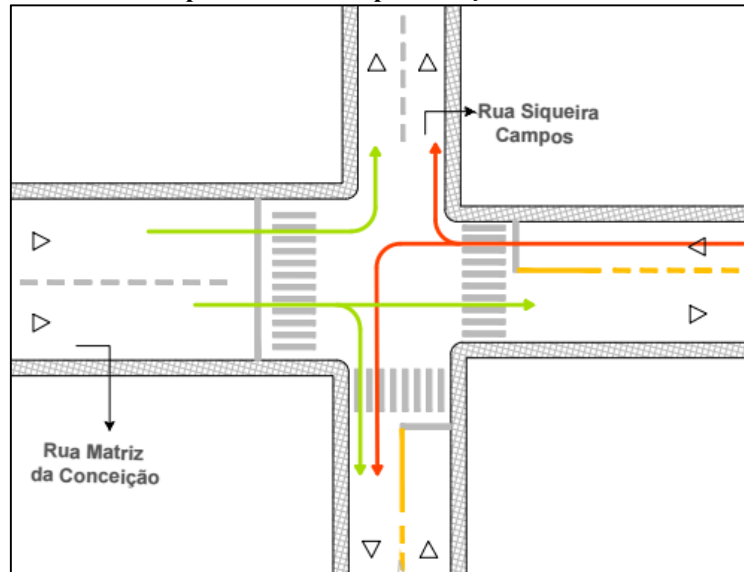
**Figura 7 – Vista superior do cruzamento.**



Fonte: Adaptado de Google Maps.

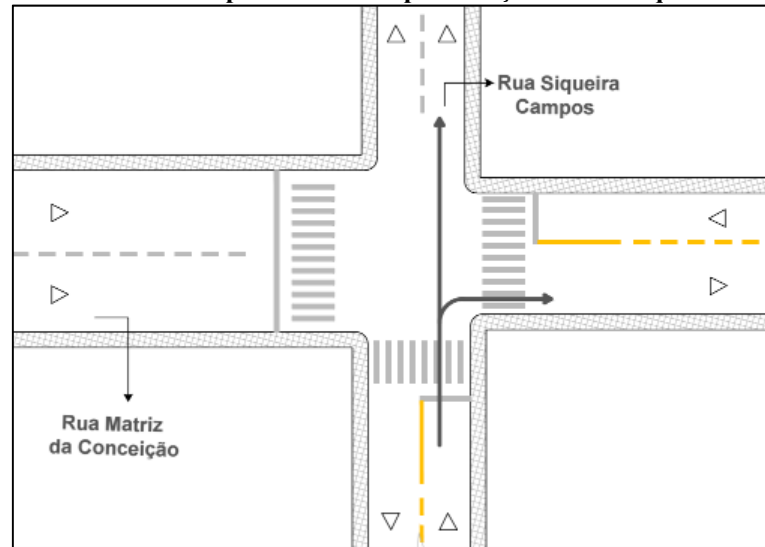
A rua Matriz da Conceição possui 350 m de extensão, sendo a principal rua que possibilita o acesso de outras localidades ao bairro Jardim Paraíso. Indo em direção a este bairro, a rua é de mão única e, ao passar pelo cruzamento, passa a ter mão dupla, como mostra a Figura 8, que também mostra os movimentos permitidos nas duas aproximações da via.

**Figura 8 – Movimentos permitidos nas aproximações da rua Matriz da Conceição.**



A rua Siqueira Campos é uma das mais extensas da cidade, possui 1,44 km de extensão. Vindo do bairro Mangal, a rua é de mão dupla e, ao passar pelo cruzamento, indo em direção ao centro da cidade, passa a ter mão dupla, como mostra a Figura 9, que também mostra os movimentos permitidos na aproximação da via.

**Figura 9 – Movimentos permitidos na aproximação da rua Siqueira Campos.**

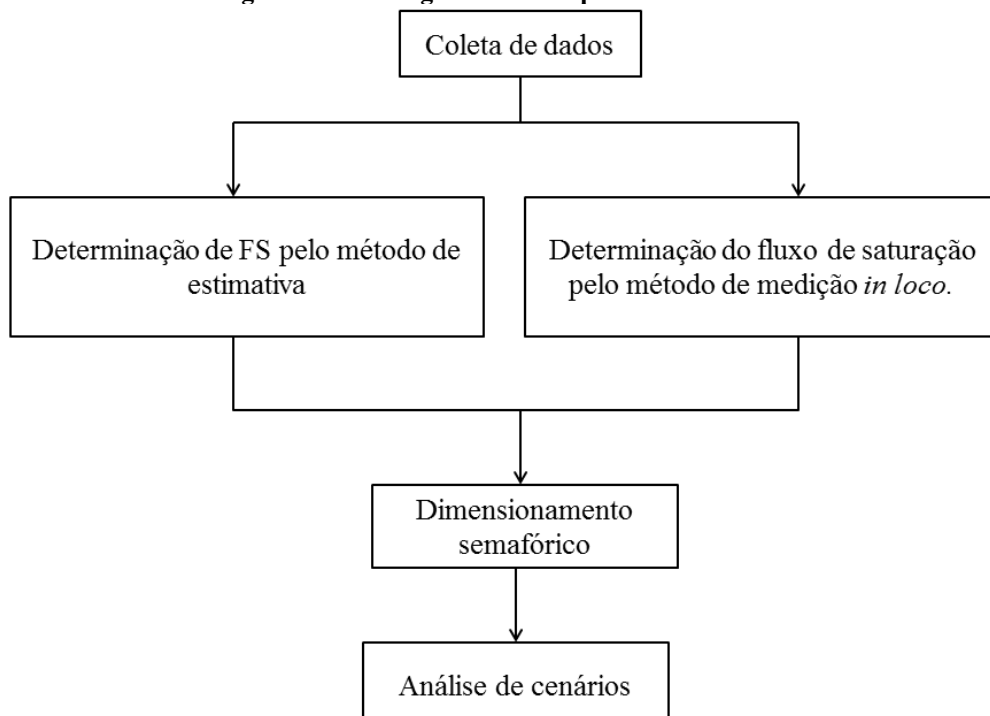


### 3 MÉTODO

Para a realização deste trabalho, foram utilizados conceitos e métodos do Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica (DENATRAN, 2014), o qual se baseia na definição de um tempo de ciclo ótimo calculado pelo método de Webster. Portanto, foi necessária a realização de coletas dos dados necessários para o cálculo do tempo perdido no ciclo ( $T_p$ ) e da taxa de ocupação ( $y$ ), que, por sua vez, é a relação entre a taxa de fluxo ( $F$ ) e o fluxo de saturação ( $FS$ ). A verificação sobre a necessidade do semáforo não foi realizada, pois, uma vez que este já estava instalado, assumiu-se que esta avaliação já havia sido feita pela prefeitura do município.

Buscou-se determinar o fluxo de saturação e o tempo perdido de duas maneiras distintas: pelo método de estimativa do *Highway Capacity Manual* (HCM) e pelo método de medição *in loco*. De maneira geral, a pesquisa ocorreu seguindo-se as etapas apresentadas no Fluxograma da Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma das etapas do trabalho.



### 3.1 COLETA DE DADOS

#### 3.1.1 Contagem classificada de tráfego

Foram realizadas nove contagens direcionais classificatórias divididas entre os meses de março, abril e maio, conforme organização apresentada pela Tabela 3, nos horários em que se observa haver os maiores fluxos de veículos.

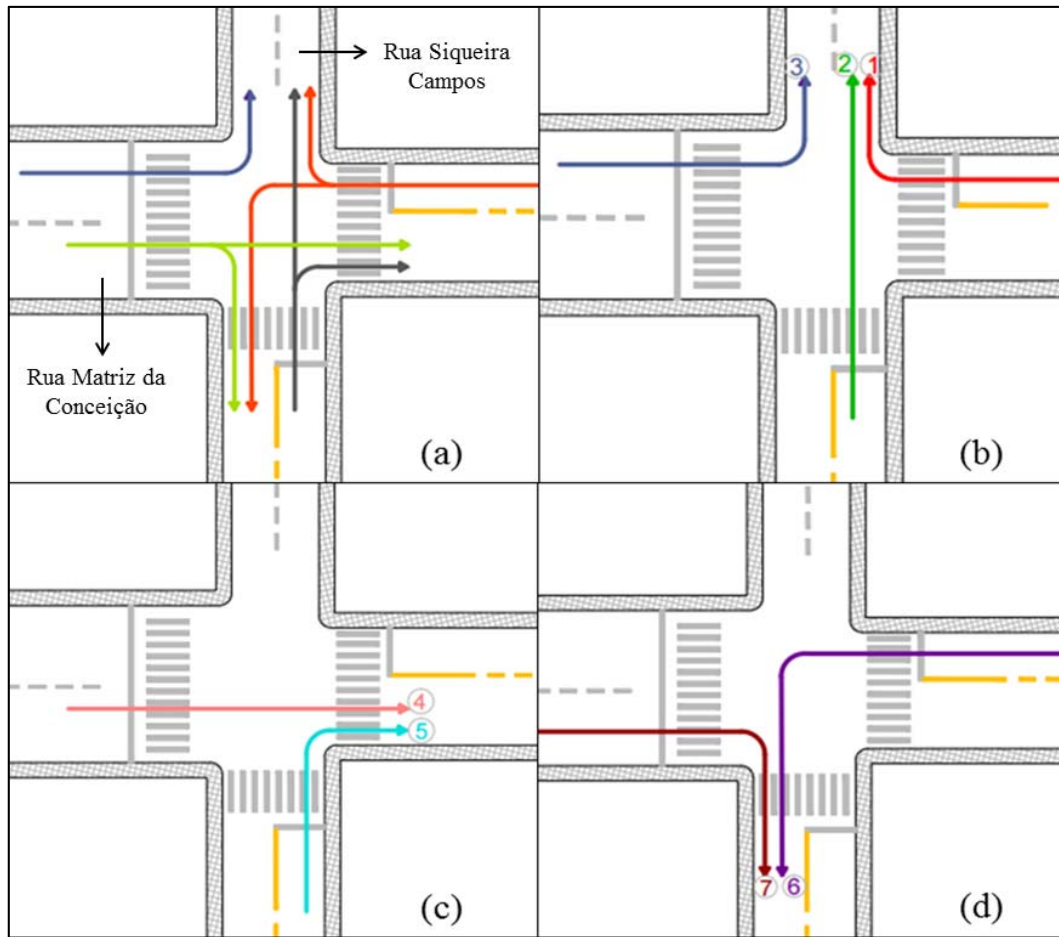
**Tabela 3 – Datas e horários das contagens.**

<b>MARÇO</b>		
	<b>Data/Dia</b>	<b>Horário</b>
15	Terça-feira	07:00h - 08:30h
16	Quarta-feira	11:45h - 14:15h
17	Quinta-feira	17:00h - 18:30h
<b>ABRIL</b>		
	<b>Data/Dia</b>	<b>Horário</b>
26	Terça-feira	11:45h - 14:15h
27	Quarta-feira	17:00h - 18:30h
28	Quinta-feira	07:00h - 08:30h
<b>MAIO</b>		
	<b>Data/Dia</b>	<b>Horário</b>
3	Terça-feira	17:00h - 18:30h
4	Quarta-feira	07:00h - 08:30h
5	Quinta-feira	11:45h - 14:15h

Todas as contagens foram realizadas em dias típicos, ou seja, dias que representam a situação normal das vias, conforme recomendação do DENATRAN (2014). Buscando atender a esta recomendação, decidiu-se realizar as contagens somente durante terças, quartas e quintas-feiras, para se evitar quaisquer fluxos não-típicos nas segundas e sextas-feiras (início e final de semana); e, também, a escolha dos meses de março, abril e maio se deu devido ao fato de não haver férias escolares. Optou-se por realizar as contagens no início, meio e fim do mês para tentar identificar qualquer variação relevante no fluxo de veículos.

Para realização das contagens, foram necessários três pesquisadores. A Figura 11 mostra todos os movimentos permitidos por faixa (a), sendo o Pesquisador 1 responsável por contar todos os veículos a realizarem os movimentos 1, 2 e 3 (b); o Pesquisador 2, os movimentos 4 e 5 (c); e o Pesquisador 3, os movimentos 6 e 7 (d).

**Figura 11 – Movimentos (a) permitidos por faixa; (b) contados pelo Pesquisador 1; (c) contados pelo Pesquisador 2; (d) contados pelo Pesquisador 3.**



A Tabela 4 mostra uma das tabelas utilizadas nas contagens, as quais foram elaboradas com base no modelo de folha de coleta de dados para pesquisa direcional e classificatória do DENATRAN (2014) – Anexo C. Portanto, ela organiza as contagens de 15 em 15 minutos, contando-se quatro categorias de veículos: motos, automóveis, veículos pesados de 2 eixos (VP 2) e veículos pesados de 3 ou mais eixos (VP 3), sendo que cada categoria possui seu respectivo peso (ver Tabela 1, pág. 19). Nas contagens do mês de março decidiu-se contar também as infrações (avanço do sinal vermelho), para se ter uma maior noção do nível de desrespeito ao semáforo.

Tabela 4 – Tabela de contagem do Pesquisador 2.

<b>Movimentos que se destinam à rua Siqueira Campos (sentido bairro Mangal)</b>						
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2</b>	<b>VP 3</b>	<b>Total de Veículos</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15						
07:15-07:30						
07:30-07:45						
07:45-08:00						
08:00-08:15						
08:15-08:30						
<b>Total</b>						
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2</b>	<b>VP 3</b>	<b>Total de Veículos</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15						
07:15-07:30						
07:30-07:45						
07:45-08:00						
08:00-08:15						
08:15-08:30						
<b>Total</b>						

### 3.1.2 Fluxo de saturação (FS)

#### 3.1.2.1 Método de estimativa

O fluxo de saturação, pelo método de estimativa do HCM 2000, foi determinado por meio da Equação 10 (pág. 25), que leva em consideração diversos fatores de ajuste. Para o cálculo de alguns destes fatores (citados abaixo) foi necessária a coleta de alguns dados, que se deu da seguinte forma:

- **Fator de ajuste para largura da faixa ( $f_w$ ):** a largura de cada faixa foi medida utilizando-se uma trena;
- **Fator de ajuste para o greide da aproximação ( $f_g$ ):** foi medido o nível em cada aproximação utilizando-se uma mangueira com água, para, então, calcular-se o greide pelo princípio dos vasos comunicantes.

- **Fator de ajuste para presença/atividade de estacionamento ( $f_p$ ):** em uma das aproximações há o estacionamento da Secretaria Municipal de Educação. Foi, então, realizada uma contagem do número de manobras neste estacionamento. Optou-se por fazer a contagem durante o horário de pico do almoço (11:45h a 14:15h), pois é quando ocorre o maior número de manobras, pois tal horário compreende a saída dos servidores do período da manhã e entrada dos servidores do período da tarde.

- **Fator de ajuste para parada de ônibus junto à interseção ( $f_{bb}$ ):** com o auxílio do Google Maps, verificou-se que apenas uma parada de ônibus se localiza a menos de 75m de uma aproximação do cruzamento em estudo. Feita esta verificação, realizou-se uma contagem do número de ônibus que para por hora no ponto de ônibus em questão. Buscando atender aos mesmos critérios das contagens de tráfego, esta contagem foi feita a cada 15 minutos num dia típico em horário de pico.

Os dados necessários para o cálculo dos demais fatores foram obtidos das contagens de tráfego.

### 3.1.2.2 Fluxo de Saturação ( $FS$ ) e tempo perdido ( $Tp$ ) medidos “*in loco*”

O fluxo de saturação e tempos perdidos medidos *in loco* são calculados utilizando-se as Equações de 20 a 28 (pág. 31 a 33). Antes, porém, foi necessário realizar coleta dos dados exigidos por estas equações. Para isso, com base no modelo apresentado pelo DENATRAN (2014) – Anexo A –, foi elaborada a Tabela 5, que foi uma das tabelas usadas na coleta de dados e reúne as observações a serem realizadas em uma única faixa de trânsito.

Na Tabela 5, “fs” representa a posição do último veículo na fila cujas rodas traseiras passam sobre a linha de retenção durante o tempo de verde e, “f”, o último veículo na fila cujas rodas traseiras passam sobre a linha de retenção durante o tempo de amarelo.

O objetivo era realizar a coleta durante três dias, coletando os dados de cinco ciclos em cada faixa, somando-se quinze ciclos por faixa, conforme exemplo apresentado pelo DENATRAN (2014). No entanto, antes da coleta do terceiro dia, os semáforos foram desabilitados devido a problemas técnicos e, segundo a CTTUC, não há previsão de retorno de funcionamento. Portanto, os cálculos foram feitos com dados referentes a dez ciclos por faixa.

A medição do tempo perdido final só pode ser realizada em ciclos saturados, mas, pela observação das autoras, era improvável que tal situação ocorresse em todas as aproximações do cruzamento. Decidiu-se, então, induzir a saturação nas faixas com a ajuda de um agente de trânsito da CTTUC, que impedia o direito de passagem dos veículos até que se formasse uma fila.

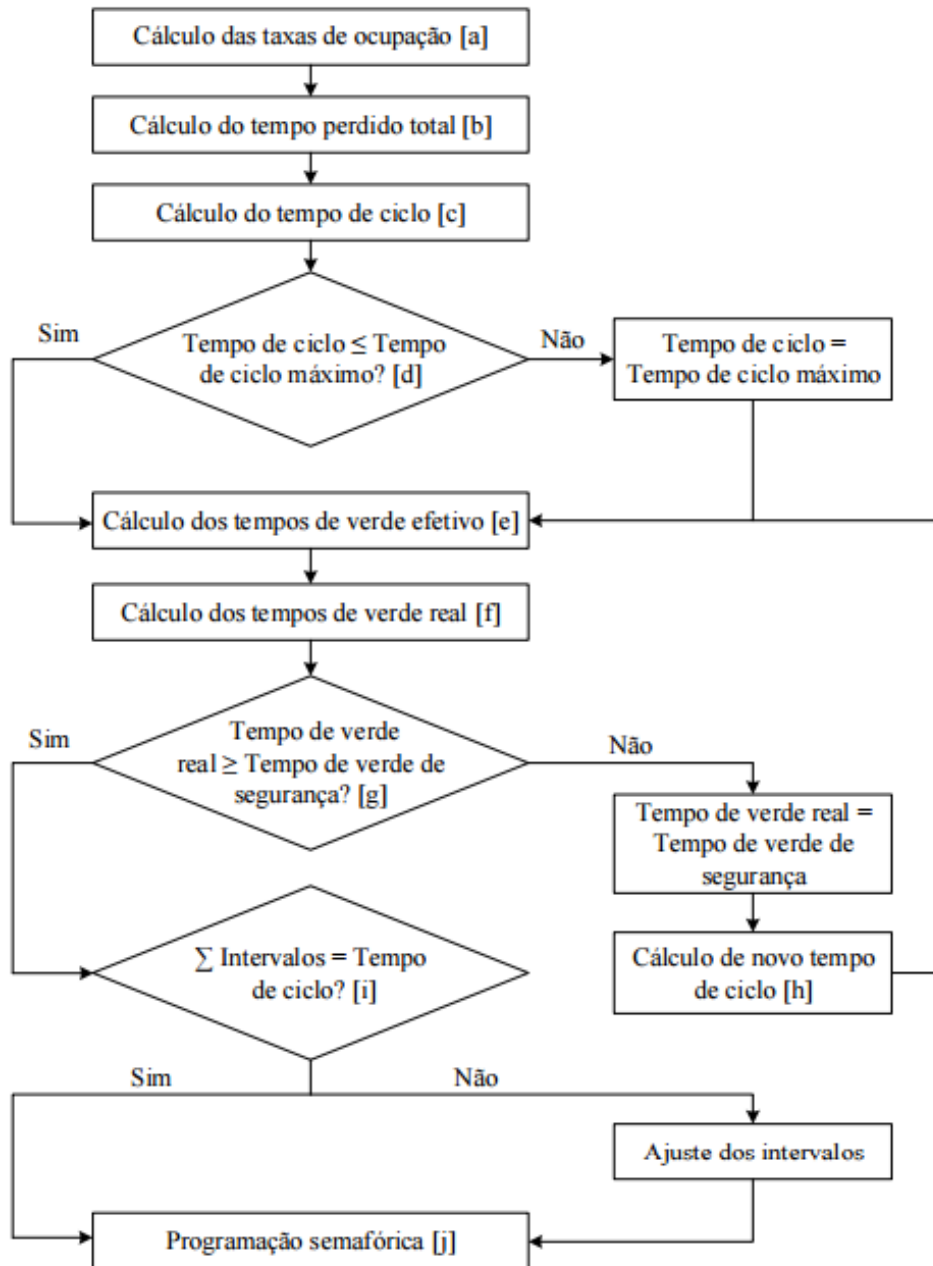
**Tabela 5 – Folha de coleta de dados para FS e Tp medidos *in loco*.**

<b>RUA MATRIZ DA CONCEIÇÃO (APROXIMAÇÃO 1)</b>					
<b>Posição do veículo na fila</b>	<b>Ciclo 1</b>	<b>Ciclo 2</b>	<b>Ciclo 3</b>	<b>Ciclo 4</b>	<b>Ciclo 5</b>
	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>
<b>3</b>					
<b>4</b>					
<b>fs</b>	fs=	fs=	fs=	fs=	fs=
<b>f</b>	f=	f=	f=	f=	f=

### 3.2 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento dos semáforos seguiu o método do DENATRAN (2014) e foi feito sob duas condições: (i) considerando fluxos de saturação e tempos perdidos estimados e (ii) considerando os valores de fluxo de saturação e tempos perdidos medidos em campo. Todos os cálculos necessários ao dimensionamento foram feitos em planilha de *Excel* e seguiram as etapas expressas no fluxograma da Figura 12.

Figura 12 – Etapas do dimensionamento.



Fonte: Adaptado de DENATRAN (2014).

[a] **Cálculo das taxas de ocupação:** o cálculo da taxa de ocupação de cada grupo de movimentos foi feito de acordo com a Equação 6 (pág. 23).

[b] **Cálculo do tempo perdido total:** foi realizado utilizando-se a Equação 5 (pág. 22).

[c] **Cálculo do tempo de ciclo:** foi feito por meio da Equação 7 (pág. 23).

**[d] Tempo de ciclo  $\leq$  tempo de ciclo máximo?:** verificação da condição de que o tempo de ciclo deve ser igual ou inferior ao tempo de ciclo máximo, que é de 120 segundos. Quando isso não ocorrer, o tempo de ciclo adotado deve ser igual ao tempo de ciclo máximo.

**[e] Cálculo dos tempos de verde efetivo:** foi feito para cada estágio utilizando-se a Equação 8 (pág. 24).

**[f] Cálculo dos tempos de verde real:** foi feito para cada estágio utilizando-se a Equação 9 (pág. 24).

**[g] Tempos de verde real  $\geq$  tempos de verde de segurança?:** verificação da condição de que os tempos de verde atribuídos a cada grupo de movimentos, definidos a partir dos tempos de verde de cada estágio, devem ser iguais ou superiores aos respectivos tempos de verde de segurança. Quando isso não ocorre, o tempo do estágio que redundou na insuficiência do verde para algum grupo de movimentos tem que ser aumentado para que o referido grupo passe a dispor de um verde igual ao seu tempo de verde de segurança.

Segundo o DENATRAN (2014), os tempos de verde de segurança típicos observados na prática são de 10 a 20 segundos. Vilanova [200-?], porém, afirma que esta não é uma “faixa intocável”, e diz que “existem lugares que podem trabalhar com 8 segundos e outros que precisam de valores bem superiores a 20 segundos (como, por exemplo, é o caso de vias com alta porcentagem de caminhões)”. Assim, baseando-se no raciocínio do autor, nos fluxos das aproximações estudadas e na composição do tráfego, decidiu-se adotar o valores de 8 segundos de tempo de verde de segurança para as aproximações 1 e 2, e de 10 segundos para a aproximação 3.

**[h] Cálculo do novo tempo de ciclo:** o tempo de ciclo deve ser recalculado, através de métodos específicos para atender o(s) novo(s) tempo(s) de verde imposto(s).

**[i]  $\sum$  Intervalos = tempo de ciclo?:** verificação da condição de que a soma de todos os intervalos luminosos de um ciclo deve ser igual ao tempo de ciclo. Devido à questão dos arredondamentos nos cálculos intermediários, pode ser que tal condição não seja cumprida. Caso isso não ocorra, o(s) tempo(s) de algum(ns) intervalo(s) deve(m) ser ajustados a fim de coincidir sua soma com o tempo de ciclo, garantindo-se a não alteração dos tempos de entreverdes.

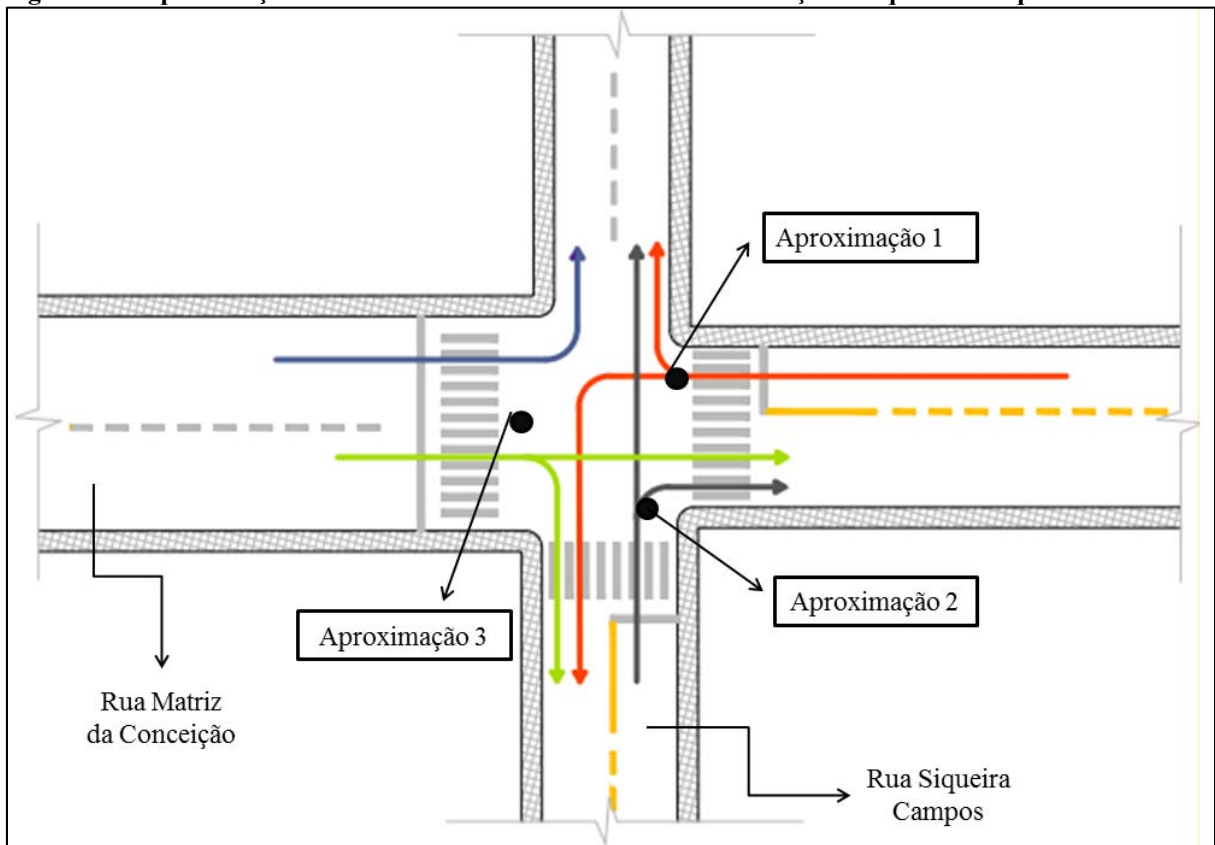
[j] **Programação semafórica:** os passos anteriores culminaram na programação semafórica pretendida.

### 3.3 ANÁLISE DE CENÁRIOS

O fluxo de veículos no cruzamento é muito baixo, ao ponto de, talvez, não justificar a instalação do semáforo. Por isso, foram feitas análises de diferentes cenários de aumento de volume de tráfego no cruzamento. O aumento considerado foi de 50%, por ser um valor redondo e um percentual expressivo. Inicialmente foi feita uma comparação do dimensionamento feito com os dados estimados e medidos *in loco* do fluxo de saturação e tempo perdido. Considerando que os cálculos foram feitos em *Excel*, ou seja, uma vez programada a rotina de cálculo, basta inserir valores nas células para que seja feito o dimensionamento. As simulações foram as seguintes:

- A) dimensionamento do semáforo, considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, simultaneamente, nas três aproximações;
- B) dimensionamento do semáforo, considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, na aproximação da Matriz da Conceição (Aproximação 1 – Figura 13), somente;
- C) dimensionamento do semáforo, considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, na aproximação da Siqueira Campos (Aproximação 2 – Figura 13), somente;
- D) dimensionamento do semáforo, considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, na aproximação da Matriz da Conceição (Aproximação 3 – Figura 13), somente.

Figura 13 – Aproximações do cruzamento das Ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos.



## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados de todos os cálculos necessários ao dimensionamento semaforico, bem como todas as considerações feitas para a realização desses cálculos. Para facilitar a leitura e a compreensão, equações já apresentadas no segundo capítulo serão aqui novamente exibidas.

### 4.1 PESQUISA DIRECIONAL E CLASSIFICATÓRIA

Ao término das contagens de trânsito, cujos resultados podem ser consultados nos Apêndices de A a I, verificou-se qual foi o momento de maior volume de tráfego equivalente do cruzamento. Tal verificação foi feita da seguinte forma:

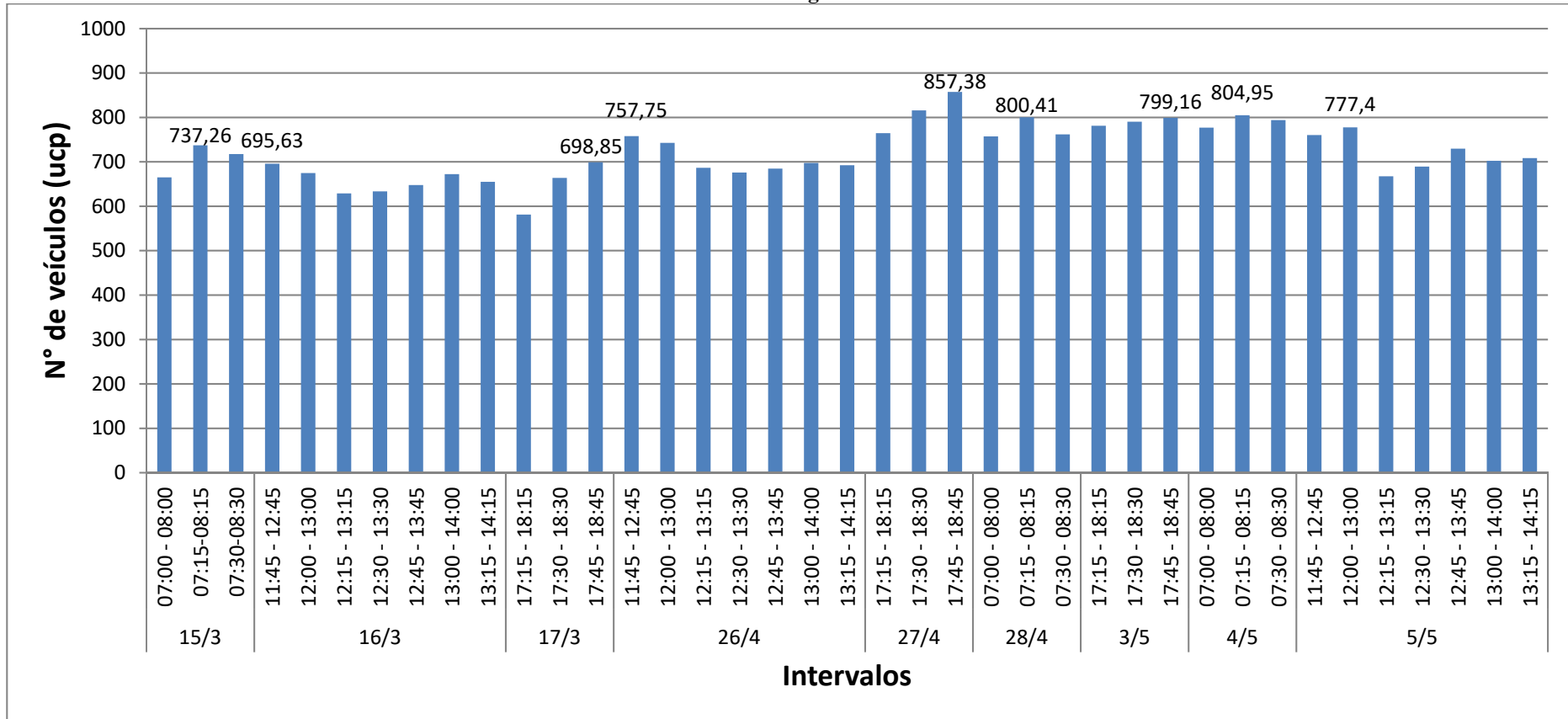
- 1) obteve-se o volume de tráfego equivalente de cada aproximação, em ucp, por meio da multiplicação do tipo de veículo por seu respectivo fator de equivalência, conforme a Tabela 1 (pág. 19);
- 2) determinou-se a taxa de fluxo (ucp/hora) de cada aproximação, somando-se o número de veículos que passou por esta (independentemente de seus movimentos) para cada hora de observação;
- 3) realizou-se o somatório das taxas de fluxo de cada aproximação, obtendo-se a taxa de fluxo do cruzamento.

Tais procedimentos foram realizados com os dados das nove contagens. O histograma do Gráfico 4 mostra os fluxos de cada contagem, destacando o horário de maior movimento de cada uma. Nota-se que o horário de 17:45h – 18:45h do dia 27 de abril (dados no Apêndice E) foi o que apresentou maior fluxo (857,38 ucp). O dimensionamento, portanto, foi feito para esta hora-pico. A Tabela 6 mostra como se chegou a este valor de 857,38 ucp.

**Tabela 6 – Dados da hora-pico.**

<b>Horário</b>	<b>Motos</b>	<b>Peso</b>	<b>Automóveis</b>	<b>Peso</b>	<b>VP 2</b>	<b>Peso</b>	<b>VP3</b>	<b>Peso</b>	<b>Total</b>
17:45 - 18:45	986	0,33	450	1,00	32	2,00	6	3,00	857,38

Gráfico 4 – Histograma de fluxo.



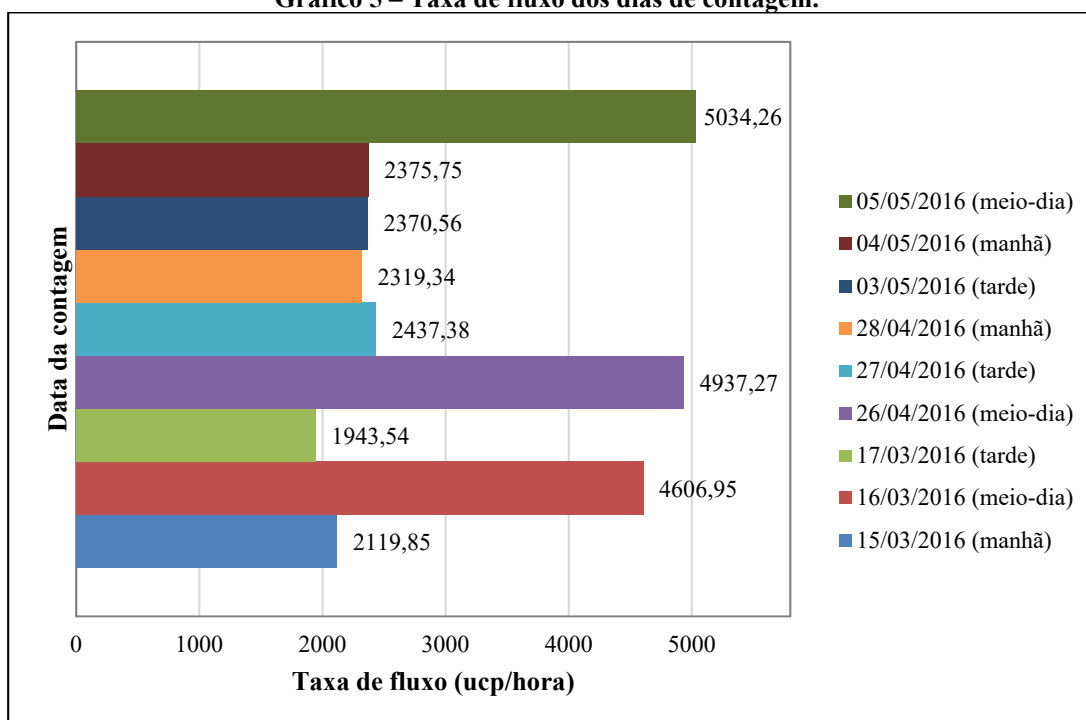
Ainda analisando o Gráfico 4, nota-se que:

- no período de pico da manhã, o menor fluxo ocorre das 07:00h às 08:00h e, o maior, das 07:15h às 08:15h;
- as contagens feitas no período de pico do meio-dia apresentaram seu menor e maior fluxo em horários diferentes, mas que estes ocorrem entre 12:15h e 13:30h e entre 11:45h e 13:00h, respectivamente;
- no período de pico da tarde, o menor fluxo ocorre das 17:45h às 18:45h e, o maior, das 17:15h às 18:15h.

O Gráfico 5 mostra o somatório das taxas de fluxo de cada dia de contagem. Nota-se:

- os dias 16 de março, 26 de abril e 05 de maio apresentam fluxos bem maiores que os demais. Isto se deu, basicamente, devido ao fato de que o tempo de observação destas contagens foi de duas horas e meia, enquanto que o das outras foi de uma hora e meia;
- as contagens do período da manhã e do meio-dia apresentaram maior fluxo em início de mês e menor fluxo em meio de mês;
- as contagens do período da tarde apresentaram maior fluxo em final de mês e menor fluxo também em meio de mês.

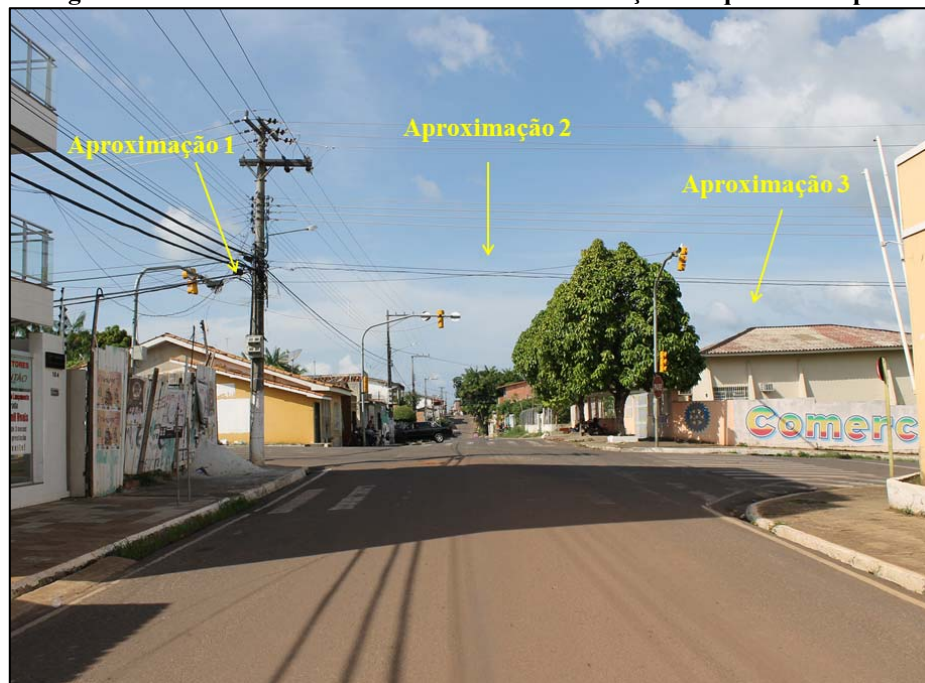
**Gráfico 5 – Taxa de fluxo dos dias de contagem.**



#### 4.1.1 Funcionamento atual dos semáforos

Durante a contagem de tráfego, avaliaram-se as condições atuais do cruzamento (Figura 14). A Figura 15 mostra os estágios programados para o controle do tráfego no local e, o Gráfico 6 (gerado com os dados das nove contagens), sua composição. Nota-se que o controle semafórico trabalha com três estágios que controlam um fluxo composto majoritariamente por motocicletas.

**Figura 14 – Cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos.**



**Figura 15 – Diagrama de estágios do cruzamento.**

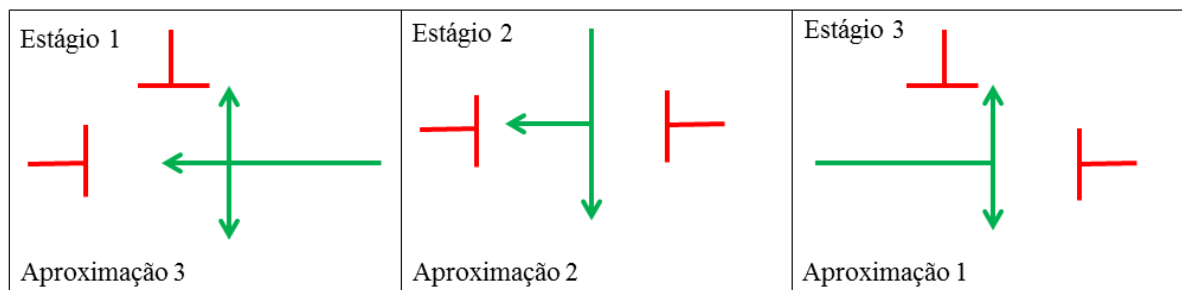
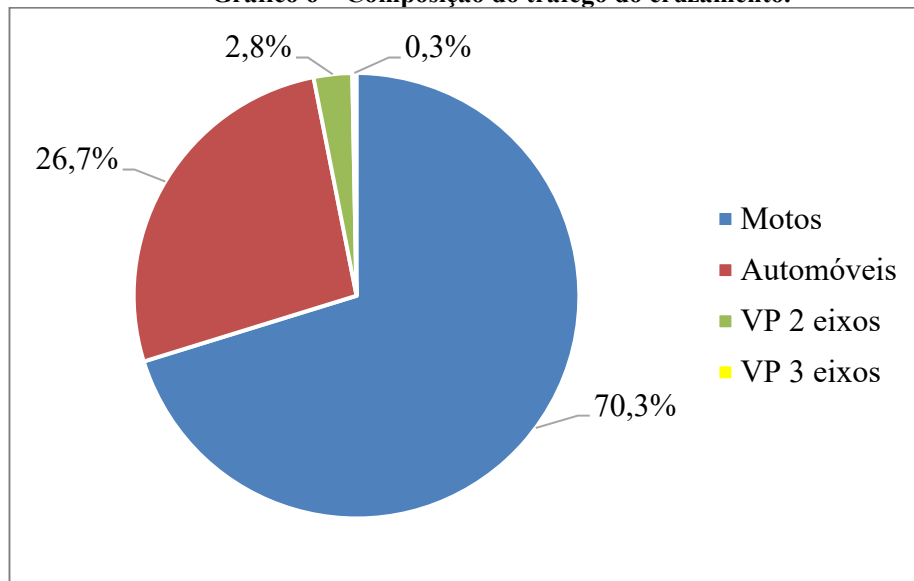
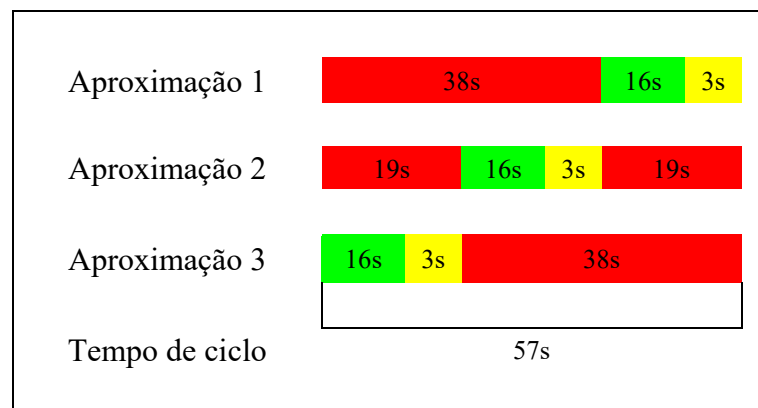


Gráfico 6 – Composição do tráfego do cruzamento.



A Figura 16 mostra o diagrama de intervalos luminosos do cruzamento. O tempo de ciclo é de 57 segundos. Nota-se que, embora as aproximações tenham fluxos de tráfego diferentes, as três apresentam tempos de luz verde, amarela e vermelha iguais. Trata-se de forte indício de que o semáforo não esteja corretamente dimensionado.

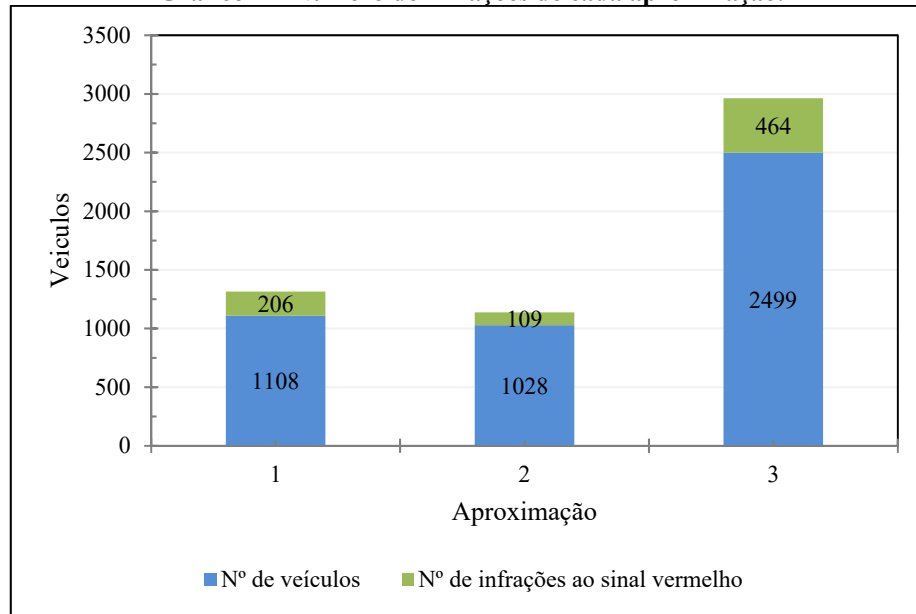
Figura 16 – Diagrama de intervalos luminosos do cruzamento.



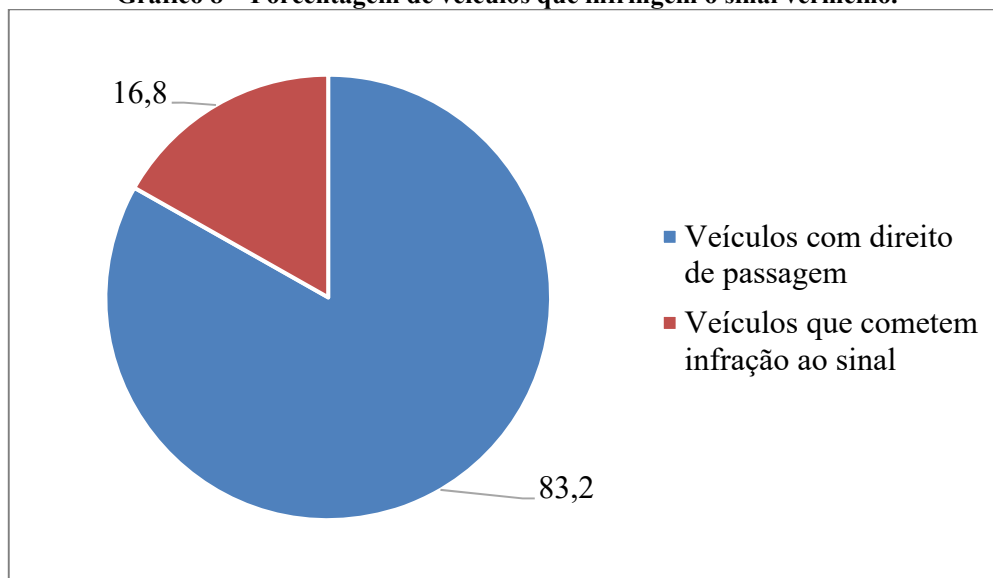
O Gráfico 7 foi criado com os dados das contagens dos dias 16 e 17 de março (no dia 15, o semáforo da aproximação 3 não estava funcionando) e mostra o número de infrações ao sinal vermelho de cada aproximação. Nota-se que, a cada 100 veículos que passa pelo cruzamento, 16,8 infringem o sinal. Acredita-se, no entanto, que este número pode ser maior, pois observou-se que muitos condutores deixavam de avançar o sinal vermelho ao notarem as

pranchetas dos pesquisadores. Acredita-se, por isso, que a porcentagem de infrações no cruzamento seja maior do que a apresentada no Gráfico 8.

**Gráfico 7 – Número de infrações de cada aproximação.**



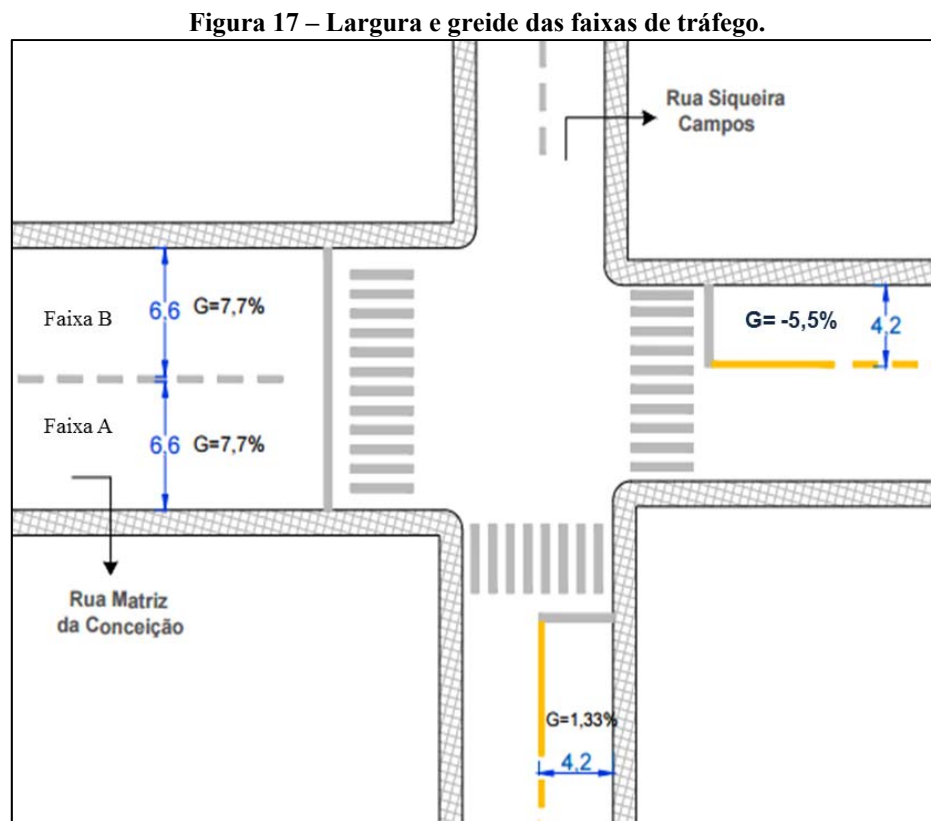
**Gráfico 8 – Porcentagem de veículos que infringem o sinal vermelho.**



#### 4.2 DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SATURAÇÃO PELO MÉTODO DA ESTIMATIVA

O fator de ajuste para presença veículos pesados não foi calculado, pois desejava-se obter o fluxo de saturação na mesma unidade do fluxo de saturação básico ( $s_0$ ) de 1900 ucp e, neste caso, o DENATRAN (2014) diz que esse fator não deve ser incluído no cálculo. Os fatores de ajuste para conversões à esquerda e à direita foram determinados utilizando-se os dados da contagem do dia 27 de março (dia da hora-pico).

A Figura 17 mostra a largura e o greide de cada faixa, medidos no local, que são necessários para o cálculo dos fatores de ajuste de largura da faixa ( $f_w$ ) e de greide ( $f_g$ ).



Na faixa A da Rua Matriz da Conceição, há presença de uma parada de ônibus a menos de 75m da aproximação (Figura 18). Portanto, para o cálculo do fator de ajuste para parada de ônibus ( $f_{bb}$ ) foi verificado o número de ônibus que para por hora, resultando na Tabela 7.

Na faixa B da Rua Matriz da Conceição, há presença de estacionamento (Figura 18). Portanto, para o cálculo do fator de ajuste para presença de estacionamento ( $f_p$ ), foi verificado o número de manobras ocorridas por hora no estacionamento, resultando na Tabela 8.

Figura 18 – Parada de ônibus e estacionamento na Aproximação 3.



Fonte: Google Maps (2016).

Tabela 7 – Número de ônibus que para por hora.

Horário	Nº de paradas
11:45 - 12:45	7
12:00 - 13:00	8
12:15 - 13:15	9
12:30 - 13:30	12
12:45 - 13:45	10
13:00 - 14:00	8
13:15 - 14:15	5

Tabela 8 – Número de manobras no estacionamento por hora.

Horário	Veículos
11:45 - 12:45	11
12:00 - 13:00	7
12:15 - 13:15	7
12:30 - 13:30	3
12:45 - 13:45	2
13:00 - 14:00	3
13:15 - 14:15	13

As Tabelas de 9 a 12 reúnem os fatores necessários à determinação do fluxo de saturação, suas respectivas fórmulas e os valores atribuídos às variáveis destas. Ao se analisar o fator de ajuste para conversões à esquerda ( $f_{LT}$ ) da aproximação 1, por exemplo, nota-se que há 4,51% de veículos que doam à esquerda provenientes desta aproximação, e que,

portanto, ao inserir este valor na fórmula, obtém-se o valor de 0,9977 para este fator, ou seja, essa quantidade de veículos que faz conversão à esquerda reduz a capacidade da via em 0,23%.

Tabela 9 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa da Aproximação 1.

Fator	Fórmula	Valores das variáveis	Determinação do fator
Largura da faixa	$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9}$	W = 4,2 m	1,0667
Veículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + HV (E_T - 1)}$		
Greide	$f_g = 1 - \frac{G}{200}$	G = -5,5 %	1,0275
Estacionamento	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N}$	Não há presença de estacionamento	1,0000
Parada de ônibus	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 N_B}{3600}}{N}$	Não há presença de parada de ônibus há menos de 75m.	1,0000
Tipo de área	$f_a = 0,90$ em CBD; $f_a = 1,00$ nas demais áreas.		1,0000
Utilização de faixa	$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1} N)}$	O grupo de movimentos considerado utiliza apenas 1 faixa	1,0000
Conversão à esquerda	$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 P_{LT}}$	PLT = 0,0451	0,9977
Conversão à direita	$f_{RT} = 1 - 0,15 P_{RT}$	PRT = 0,9549	0,8711

Tabela 10 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa da Aproximação 2.

Fator de ajuste	Fórmula	Valores das variáveis	Determinação do fator
Largura da faixa	$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9}$	W = 4,2 m	1,0667
Veículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + HV (E_T - 1)}$		
Greide	$f_g = 1 - \frac{G}{200}$	G = 1,33 %	0,9935
Estacionamento	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N}$	Não há presença de estacionamento	1,0000
Parada de ônibus	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 N_B}{3600}}{N}$	Não há presença de parada de ônibus há menos de 75 m.	1,0000
Tipo de área	$f_a = 0,90$ em CBD; $f_a = 1,00$ nas demais áreas.		1,0000
Utilização de faixa	$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1} N)}$	O grupo de movimentos considerado utiliza apenas 1 faixa	1,0000
Conversão à esquerda	$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 P_{LT}}$	Ausência de conversões a esquerda	1,0000
Conversão à direita	$f_{RT} = 1 - 0,15 P_{RT}$	PRT = 0,0138	0,9981

Tabela 11 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa A da Aproximação 3.

Fator de ajuste	Fórmula	Valores das variáveis	Determinação do fator
Largura da faixa	$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9}$	W = 4,8 m	1,3500
Veículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + HV (E_T - 1)}$		
Greide	$f_g = 1 - \frac{G}{200}$	G = 7,7 %	0,9615
Estacionamento	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N}$	Não há presença de estacionamento	1,0000
Parada de ônibus	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 N_B}{3600}}{N}$	N = 1; NB = 12	0,9520
Tipo de área	$f_a = 0,90$ em CBD; $f_a = 1,00$ nas demais áreas.		1,0000
Utilização de faixa	$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1} N)}$	O grupo de movimentos considerado utiliza apenas 1 faixa	1,0000
Conversão à esquerda	$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 P_{LT}}$	Ausência de conversões a esquerda	1,0000
Conversão à direita	$f_{RT} = 1 - 0,15 P_{RT}$	PRT = 0,3425	0,9486

Tabela 12 – Determinação dos fatores de ajuste da faixa B da Aproximação 3.

Fator de ajuste	Fórmula	Valores das variáveis	Determinação do fator
Largura da faixa	$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9}$	W = 4,8 m	1,3500
Veículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + HV (E_T - 1)}$		
Greide	$f_g = 1 - \frac{G}{200}$	G = 7,7 %	0,9615
Estacionamento	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N}$	N= 1; Nm= 13	0,8350
Parada de ônibus	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 N_B}{3600}}{N}$	Não há presença de parada de ônibus há menos de 75 m.	1,0000
Tipo de área	$f_a = 0,90$ em CBD; $f_a = 1,00$ nas demais áreas.		1,0000
Utilização de faixa	$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1} N)}$	O grupo de movimentos considerado utiliza apenas 1 faixa	1,0000
Conversão à esquerda	$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 P_{LT}}$	As conversões ocorrem em faixas exclusivas	0,9500
Conversão à direita	$f_{RT} = 1 - 0,15 P_{RT}$	Ausência de conversões à direita	1,0000

Calculados os fatores de ajuste, partiu-se para a determinação do fluxo de saturação de cada aproximação, por meio da Equação 10. O valor adotado para a aproximação 3 é uma soma dos fluxos de saturação das duas faixas, A e B. A Tabela 13 apresenta os valores adotados para cada aproximação.

$$s = s_0 \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad (10)$$

**Tabela 13 – Fluxos de saturação adotados para cada aproximação.**

Aproximação	Faixa	Fluxo de saturação (ucp/h)	Fluxo de saturação adotado (ucp/h)
1	Compartilhada	1809,88	1809,88
2	Compartilhada	2009,73	2009,73
3	A	2227,23	4183,58
	B	1956,35	

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SATURAÇÃO PELO MÉTODO DE MEDIÇÃO *IN LOCO*

Os valores obtidos nas coletas de dados para determinação do fluxo de saturação medido *in loco* podem ser consultados no Apêndice J.

Uma vez que o tempo de luz verde dos semáforos do cruzamento é menor que 25 segundos, foram utilizadas as equações relacionadas na Tabela 14 para a determinação não somente do fluxo de saturação, mas também dos tempos perdidos inicial e final, sendo que, para a determinação deste último, foi antes necessário o cálculo da duração do último intervalo de observação, que vai da passagem das rodas traseiras do veículo “fs” até o final do estágio ( $T_f$ ), o qual foi feito utilizando-se a Equação 26.

$$T_f = (t_{v,real} + t_{ent}) - Hfs \quad (26)$$

**Tabela 14 – Equações utilizadas nos cálculos do fluxo de saturação e tempos perdidos.**

<b>Parâmetro</b>	<b>Ciclos não saturados</b>	<b>Ciclos saturados</b>
<i>Headway</i> médio	$Hm = \frac{Hf - H3}{f - 3}$	$Hm = \frac{Hfs - H3}{fs - 3}$
Tempo perdido inicial	$t_{pin} = H3 - (3 \times Hm)$	$t_{pin} = H3 - (3 \times Hm)$
Tempo perdido final	-	$t_{pfn} = Tf - [(f - fs) \times Hm]$
Fluxo de saturação	$3600/Hm$	$3600/Hm$

As Tabelas de 15 a 18 apresentam um resumo dos valores observados em cada uma das aproximações. Seguindo recomendações do DENATRAN (2014), os ciclos em que “f” foi menor que 8 foram descartados; também foram descartados, para efeito do cálculo do tempo perdido final, os ciclos em que “Hf” foi maior que a soma dos tempos de luz verde e amarela do semáforo, neste caso, maior que 19 segundos (16 segundos de tempo de verde e 3 segundos de tempo de amarelo), pois constituem infração ao sinal vermelho; e, também, para efeito do cálculo dos tempos perdidos inicial e final, foram descartados os ciclos em que esses tempos foram menores que zero.

Tabela 15 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da Aproximação 1.

Ciclo	Situação	Hm	FS (veic/h)	tpin (s)	tpfn (s)	Observação
1	Saturado	1,63	2210,28	-3,20	-1,98	Tempos perdidos < 0
2	Não saturado	2,96	1217,86	-3,40		Tempo perdido inicial < 0
3	Saturado	1,01	3556,23	-1,59	-1,64	Tempos perdidos < 0
4	Saturado	0,75	4821,43	1,10	-0,78	Tempo perdido final < 0
5	Saturado	1,35	2673,27	-2,66	-0,20	Tempos perdidos < 0
6	Saturado	2,79	1291,48	-3,89	-2,41	Tempos perdidos < 0
7	Saturado	1,49	2420,75	-1,50	-3,32	Tempos perdidos < 0
8	Saturado	3,70	972,97	-6,10	-3,80	f < 8
9	Não saturado	1,32	2725,40	-0,56		Tempo perdido inicial < 0
10	Não saturado	1,96	1834,06	-0,87		Tempo perdido inicial < 0
<b>MÉDIA</b>			<b>2372,37</b>	<b>1,10</b>	<b>0,00</b>	

Tabela 16 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da Aproximação 2.

Ciclo	Situação	Hm	FS (veic/h)	tpin (s)	tpfn (s)	Observação
1	Não saturado	1,97	1824,32	1,04		
2	Saturado	1,33	2706,77	<del>1,51</del>	<del>1,11</del>	Tempos perdidos < 0
3	Não saturado	1,79	2014,93	2,05		
4	Saturado	1,21	2971,11	3,84	0,05	
5	Saturado	1,93	1865,28	<del>2,27</del>	<del>1,03</del>	Tempos perdidos < 0
6	Saturado	2,79	1291,48	<del>3,89</del>	<del>2,41</del>	Tempos perdidos < 0
7	Saturado	2,15	1678,32	<del>0,56</del>	<del>0,61</del>	Tempos perdidos < 0
8	Não saturado	1,27	2830,19	1,46		
9	Não saturado	1,85	1951,22	<del>1,75</del>		Tempo perdido inicial < 0
10	Não saturado	1,29	2796,89	1,68	<del>2,41</del>	Tempo perdido final < 0
<b>MÉDIA</b>			<b>2193,05</b>	<b>2,01</b>	<b>0,05</b>	

Tabela 17 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da faixa A da Aproximação 3.

Ciclo	Situação	Hm	FS (veic/h)	tpin (s)	tpfn (s)	Observação
1	Saturado	1,52	2370,37	-2,23	-3,04	Infração ao sinal vermelho
2	Saturado	0,75	4821,43	1,10	-0,78	Tempo perdido final < 0
3	Saturado	1,01	3556,23	-1,59	-1,64	Tempos perdidos < 0
4	Saturado	2,82	1277,73	-4,72	-1,82	Infração ao sinal vermelho
5	Saturado	0,78	4594,59	-0,75	-1,27	Infração ao sinal vermelho
6	Não saturado	1,06	3393,94	0,46		
7	Saturado	0,78	4600,64	1,97	-0,06	Tempo perdido final < 0
8	Saturado	2,53	1421,05	0,66	-2,39	f < 8
9	Saturado	3,02	1193,04	-6,31	-1,83	Tempos perdidos < 0
10	Saturado	0,92	3904,56	0,28	0,04	
<b>MÉDIA</b>			<b>3301,39</b>	<b>0,95</b>	<b>0,04</b>	

Tabela 18 – Resumo dos valores observados para os dez ciclos calculados da faixa B da Aproximação 3.

Ciclo	Situação	Hm	FS (veic/h)	tpin (s)	tpfn (s)	Observação
1	Saturado	1,62	2228,12	<del>-3,13</del>	<del>-1,87</del>	Infração ao sinal vermelho
2	<del>Saturado</del>	<del>3,25</del>	<del>1106,56</del>	<del>-4,29</del>	<del>-2,48</del>	f < 8
3	Não saturado	1,63	2203,18	5,83		
4	Saturado	1,49	2423,08	<del>-1,50</del>	<del>-0,69</del>	Tempos perdidos < 0
5	Não saturado	2,21	1630,01	<del>-3,11</del>		Tempo perdido inicial < 0
6	Não saturado	1,96	1836,73	1,07		
7	Saturado	3,68	978,26	<del>-4,53</del>	<del>-16,27</del>	Tempos perdidos < 0
8	Não saturado	2,01	1794,87	<del>-2,04</del>		Tempo perdido inicial < 0
9	Não saturado	2,72	1323,53	<del>-4,01</del>		Tempo perdido inicial < 0
<del>10</del>	<del>Não saturado</del>	<del>3,48</del>	<del>1035,97</del>	<del>-6,93</del>		f < 8
<b>MÉDIA</b>			<b>1802,22</b>	<b>1,07</b>	<b>0,00</b>	

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DA PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

##### 4.4.1 Cálculo da taxa de ocupação

Para determinar a taxa de ocupação, foi utilizada a Equação 6.

$$y = F/FS \quad (6)$$

A Tabela 19 apresenta os resultados da taxa de ocupação de cada uma das aproximações, tanto utilizando o fluxo de saturação determinado pelo método da estimativa, como utilizando o fluxo de saturação medido *in loco*.

**Tabela 19 – Taxa de ocupação de cada aproximação.**

Aproxi- mação	F (ucp/hora)	F (veíc/hora)	FS estimado (ucp/hora)	FS medido <i>in loco</i> (veíc/hora)	y por FS estimado	y por FS medido <i>in loco</i>
1	124,28	196	1809,88	2372,37	0,0687	0,0826
2	188,27	327	2009,73	2193,05	0,0937	0,1491
3	544,83	951	4183,58	5103,62	0,1302	0,1863

##### 4.4.2 Cálculo do tempo perdido total

O cálculo do tempo perdido total foi feito utilizando-se a Equação 5.

$$Tp = t_{ep} + \sum_{i=1}^n (t_{pin_i} + t_{pfn_i}) \quad (5)$$

Para o dimensionamento com fluxo de saturação estimado, considerou-se a afirmação de Ferraz (2002), que diz que os valores típicos observados na prática, para  $t_{pin_i}$ , estão entre 2 – 4 segundos e, para,  $t_{pfn_i}$ , entre 0 – 4 segundos. Adotou-se, então, o valor de 3 segundos para o tempo perdido, conforme a Tabela 20.

**Tabela 20 – Valores de tempo perdido utilizados no dimensionamento com FS estimado.**

Aproximação	Tempo perdido inicial (s)	Tempo perdido final (s)	Tempo perdido na fase (s)
1	2	1	3
2	2	1	3
3	2	1	3
<b>Tempo perdido total</b>			<b>9</b>

Para o dimensionamento com fluxo de saturação medido *in loco*, foram utilizados os valores coletados (item 4.3). A Tabela 21 apresenta os valores adotados para os tempos perdidos por fase e tempo perdido total.

**Tabela 21 – Valores de tempo perdido utilizados no dimensionamento com FS medido *in loco*.**

Aproximação	Tempo perdido inicial (s)	Tempo perdido final (s)	Tempo perdido na fase (s)
1	1,10	0,00	1,10
2	2,01	0,05	2,06
3	2,02	0,04	2,07
<b>Tempo perdido total</b>			<b>5</b>

#### 4.4.3 Cálculo do tempo de ciclo

O tempo de ciclo foi determinado utilizando-se a Equação 7.

$$t_{co} = \frac{1,5 \times Tp + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \gamma_i} \quad (7)$$

A Tabela 22 apresenta os valores de tempo de ciclo encontrados, determinados tanto utilizando-se os valores de tempo perdido ( $Tp$ ) e o somatório das taxas de ocupação ( $\gamma$ ) de cada estágio calculados com o método do fluxo de saturação estimado, como utilizando-se estes mesmos parâmetros calculados com o método do fluxo de saturação medido *in loco*.

Tabela 22 – Tempos de ciclo adotados.

Pelo método de FS estimado				Pelo método de FS medido <i>in loco</i>			
Y	Tp (s)	tco calculado (s)	tco adotado (s)	Y	Tp (s)	tco calculado (s)	tco adotado (s)
0,2926	9	26,15	26	0,4181	5	22,08	22

#### 4.4.4 Cálculos dos tempos de verde efetivo e real

O cálculo do tempo de verde efetivo foi realizado utilizando-se a Equação 8 e, do tempo de verde real, a Equação 9.

$$t_{v,ef,i} = (t_c - T_p) \times \frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad (8)$$

$$t_{v,real} = t_{v,ef} - t_{ent} + t_{pin} + t_{pfin} \quad (9)$$

O tempo de entreverdes ( $t_{ent}$ ) é determinado pela soma dos tempos de amarelo e vermelho geral. O tempo de amarelo foi determinado pela Tabela 2 (pág. 22), portanto, uma vez que a velocidade recomendada da via é de 40 km/h, o tempo de amarelo adotado foi de 3 segundos; quanto ao vermelho geral, uma vez que o DENATRAN (2014) não torna obrigatório seu uso, buscou-se recomendações na literatura e adotou-se a consideração de Vilanova (1985), que diz que “em uma via típica de 9 metros não é necessário o tempo de vermelho geral”. Portanto, determinou-se que o tempo de entreverdes é igual ao tempo de amarelo, o qual é 3 segundos.

A Tabela 23 apresenta os valores de tempos de verde efetivo e real definidos com os parâmetros determinados pelos métodos de fluxo de saturação estimado e medido *in loco*.

Tabela 23 – Tempos de verde efetivo e real.

Aproximação	Pelo método de FS estimado		Pelo método de FS medido <i>in loco</i>	
	Verde efetivo (s)	Verde real (s)	Verde efetivo (s)	Verde real (s)
1	4	4	3	1
2	5	5	6	5
3	8	8	8	7

Definidos os tempos de verde real, verificou-se que estes não atendiam à condição [g] do fluxograma da Figura 10 (pág. 42), isto é, o tempo de verde real de cada aproximação é menor que seus respectivos tempos de segurança. Foi necessário, então, recalcular a programação semafórica.

Os baixos tempos de verde calculados indicam que talvez o semáforo do cruzamento não seja tecnicamente recomendável do ponto de vista do volume de tráfego, pois não são formadas filas de veículos grandes o suficiente para comprometer a fluidez do trânsito quando da ausência de sinalização luminosa. Porém, pode ser recomendado por questões de segurança, devido ao número de movimentos conflitantes.

#### 4.4.5 Recálculo da programação semafórica

##### 4.4.5.1 Cálculo do novo tempo de ciclo

Para o recálculo da programação semafórica, utilizou-se a Equação 31, a qual impõe a condição de que o tempo de verde real do estágio  $j$  (Equação 30) é igual ao seu tempo de verde de segurança.

$$tc = \left( \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{y_j} \right) \times (t_{v,real} + t_{ent} - t_{pin} - t_{pfn}) + Tp \quad (30)$$

$$tc = \left( \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{y_j} \right) \times (t_{v,seg,j} + t_{ent,j} - t_{pin,j} - t_{pfn,j}) + Tp \quad (31)$$

Para o cálculo foi utilizado o estágio 3 (aproximação 1), por ter apresentado o menor tempo de verde real. A Tabela 24 apresenta os valores dos novos tempos ciclo.

**Tabela 24 – Novos tempos de ciclo.**

Pelo método de FS estimado		Pelo método de FS medido <i>in loco</i>	
tco calculado (s)	tco adotado (s)	tco calculado (s)	tco adotado (s)
43,08	43	55,08	55

#### 4.4.5.2 Cálculo dos novos tempos de verde efetivo real

O cálculo dos novos tempos de verde efetivo e real foi realizado pelo mesmo procedimento do item 4.4.4. A Tabela 25 apresenta os valores calculados.

**Tabela 25 – Novos tempos de verde efetivo e real.**

Aproximação	Pelo método de FS estimado		Pelo método de FS medido <i>in loco</i>	
	Verde efetivo (s)	Verde real (s)	Verde efetivo (s)	Verde real (s)
1	8	8	10	8
2	11	11	18	17
3	15	15	22	21

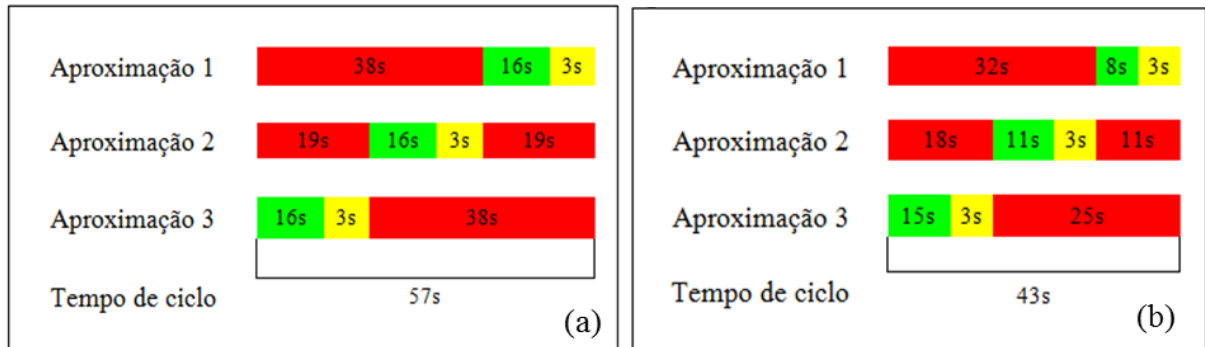
## 4.5 COMPARATIVO ENTRE OS DIMENSIONAMENTOS

### 4.5.1 Dimensionamento utilizando FS estimado

A estimativa do fluxo de saturação não apresentou dificuldades. Uma parte dos dados necessários para o cálculo dos fatores de ajuste já havia sido obtida durante as contagens de tráfego e, a outra parte, foi facilmente coletada, pois tratava-se de levantamento das características geométricas (largura das faixas e greide) e de novas contagens (de ônibus e manobras no estacionamento). Estes dados são de coleta simples, portanto, era improvável que causassem estranheza. Isso confere confiabilidade aos dados e, portanto, ao resultado da estimativa do fluxo de saturação e, conseqüentemente, ao dimensionamento, uma vez que o fluxo de saturação, conforme afirma Luna (2003), é o principal parâmetro para a determinação dos tempos semafóricos.

A Figura 19 mostra uma comparação entre os diagramas de intervalos luminosos atual e o proposto para o cruzamento em estudo.

**Figura 19 – Comparativo entre os diagramas de intervalos luminosos (a) atual e (b) do dimensionamento com FS estimado.**



Nota-se que:

- houve uma redução de 14 segundos no tempo de ciclo;
- o tempo de amarelo se manteve em todas as aproximações;
- na aproximação 1, o tempo de verde foi reduzido pela metade e, o de vermelho, teve uma redução de 6 segundos;
- na aproximação 2, o tempo de verde teve uma redução de 5 segundos e, o de vermelho, de 9 segundos;
- na aproximação 3, o tempo de verde teve uma redução de apenas 1 segundo, no entanto, o de vermelho teve uma redução de 13 segundos.
- na aproximação 1, hoje, há 33,3% de verde + amarelo e 66,7% de vermelho. No novo dimensionamento há 25,6% de verde + amarelo e 74,4% de vermelho. Ou seja, proporcionalmente a via com menor volume de tráfego e com a menor relação Y ficaria com 74,4% do tempo do ciclo fechada e apenas com 25,6% do tempo aberta. Isso permitiria um maior acúmulo de veículos durante o sinal vermelho, fazendo com que no tempo de verde + amarelo houvesse uma quantidade adequada de veículos para passar no cruzamento, diminuindo a ociosidade que leva ao avanço de sinal;
- na aproximação 2, hoje, há 33,3% de verde + amarelo e 66,7% de vermelho. No novo dimensionamento há 32,6% de verde + amarelo e 67,4% de vermelho. Ou seja, proporcionalmente a via com menor volume de tráfego e com a relação Y intermediária ficaria com 67,4% do tempo do ciclo fechada e apenas com 32,6% do tempo aberta. Isso permitiria um maior acúmulo de veículos durante o sinal vermelho, fazendo com que no

tempo de verde + amarelo houvesse uma quantidade adequada de veículos para passar no cruzamento, diminuindo a ociosidade que leva ao avanço de sinal;

- na aproximação 3, hoje, há 33,3% de verde + amarelo e 66,7% de vermelho. No novo dimensionamento há 41,9% de verde + amarelo e apenas 58,1% de vermelho. Ou seja, proporcionalmente a via com maior volume de tráfego e com a maior relação Y ficaria com 58,1% do tempo do ciclo fechada e com 41,9% do tempo aberta. Assim haveria menor espera no sinal vermelho para os veículos da via mais movimentada.

Com isso, constata-se que a programação semaforica atual não está adequada às condições de tráfego do cruzamento. Embora cada aproximação possua diferentes fluxos de veículos e diferentes relações Y, portanto, diferentes exigências quanto ao tempo das indicações luminosas, todas dispõem do mesmo tempo de passagem (tempo de luz verde) e de espera (tempo de vermelho). Esta situação tem causado um “efeito dominó”: imposição de atrasos excessivos, que provocam indução ao desrespeito ao semáforo, que promovem o descrédito dos usuários em relação à sinalização. Tudo isso culmina na falta de segurança. Pode-se dizer, portanto, que a programação semaforica atual não tem contribuído de forma efetiva com a fluidez nem com a segurança no cruzamento.

#### 4.5.2 Dimensionamento utilizando FS medido *in loco*

A coleta de dados para a medição *in loco* do fluxo de saturação apresentou algumas dificuldades. Devido ao pequeno fluxo de veículos e ao extenso (para tal fluxo) tempo de verde, foi impossível realizar a coleta de dados sem o auxílio de um agente de trânsito, pois, não somente as filas de veículos precisavam conter mais que seis veículos, como era necessária a condição de saturação, em alguns ciclos, para que a medição do tempo perdido final pudesse ser feita. Isso causou muito estresse aos condutores, pois foi necessário que o agente impedisse o direito de passagem durante três, ou até mesmo seis, ciclos, isto é, os condutores precisaram esperar, algumas vezes, até mais de cinco minutos para seguir destino.

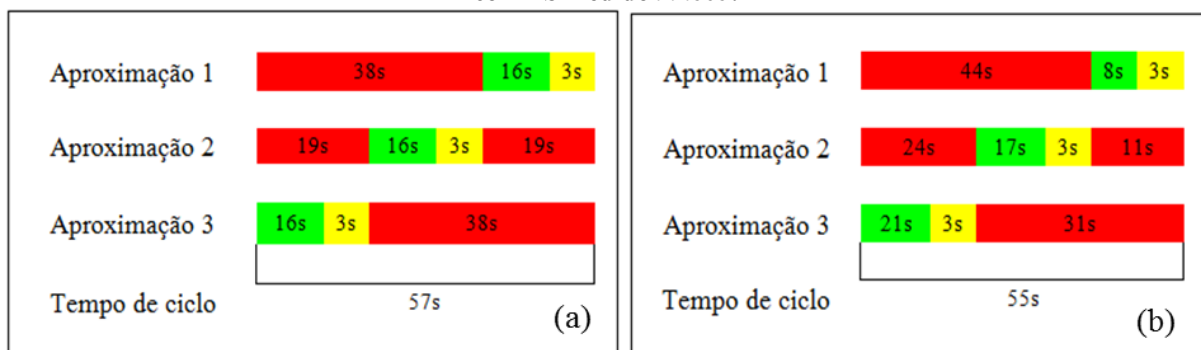
Outro problema causado pela necessidade de interferência de um agente no tráfego foi que, algumas vezes, o agente demorou a reagir à abertura do sinal verde, atrasando, mesmo que pouco, o fluxo, o que interferiu nos valores atribuídos às variáveis.

Quanto ao método de coleta, houve um aspecto que provocou alguns problemas. O DENATRAN (2014) diz que “a presença de motocicletas na determinação do fluxo de

saturação e tempos perdidos só será considerada quando o técnico considerar que a presença desses veículos afeta a condição normal de operação dos demais veículos no local”. Assim, decidiu-se considerar as motocicletas, pois estas constituem mais de 70% (conforme o Gráfico 6 – pág. 50) do total de veículos que passaram pelo cruzamento durante as contagens de tráfego. No entanto, devido ao desempenho de circulação das motocicletas, os valores atribuídos às variáveis fizeram com que a maioria dos ciclos observados fossem descartados para efeito de cálculo dos tempos perdidos e, nessas situações, estes mesmos ciclos devem ser considerados com reserva para o cálculo do fluxo de saturação, de acordo com o DENATRAN (2014).

A Figura 20 mostra o diagrama de intervalos luminosos utilizando o fluxo de saturação e tempo perdido medidos *in loco*.

**Figura 20 – Comparativo entre os diagrama de intervalos luminosos (a) atual e (b) do dimensionamento com FS medido *in loco*.**



Nota-se que:

- houve uma redução de apenas 2 segundos no tempo de ciclo;
- o tempo de amarelo se manteve em todas as aproximações;
- na aproximação 1, o tempo de verde foi reduzido pela metade e, o de vermelho, teve um aumento de 6 segundos;
- na aproximação 2, o tempo de verde teve um aumento de 1 segundo e, o de vermelho, teve uma redução de 3 segundos;
- na aproximação 3, o tempo de verde teve um aumento de 5 segundos e, o de vermelho, uma redução de 7 segundos.

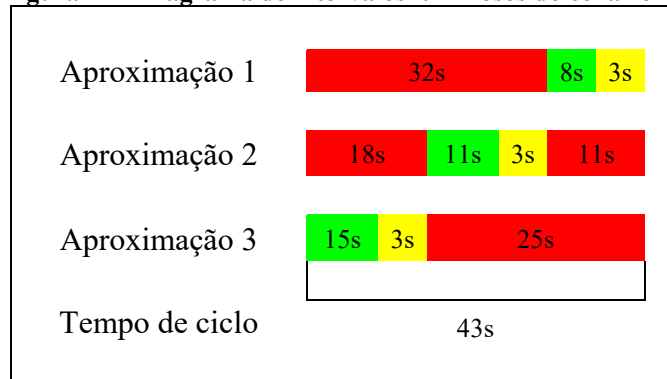
Devido aos problemas mencionados, os dados que levaram ao dimensionamento não apresentam a consistência adequada para conferir a confiabilidade necessária a este. Por isso, recomenda-se a aplicação do dimensionamento realizado com a utilização do fluxo de saturação estimado, o qual será utilizado na análise de cenários.

#### 4.6 ANÁLISE DE CENÁRIOS

Conforme o fluxo de tráfego muda, a programação semafórica precisa ser atualizada para continuar servindo ao trânsito com eficiência. As Figuras de 19 a 22 mostram como deverá funcionar a programação semafórica do cruzamento em estudo em diferentes cenários: (A) considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, simultaneamente, nas três aproximações; (B) considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, na aproximação 1, somente; (C) considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, na aproximação 2, somente; e (D) considerando que o volume de tráfego cresceu 50%, na aproximação 3, somente. Nos cálculos, os fluxos de saturação foram considerados constantes apesar do crescimento do tráfego.

A Figura 21 mostra o diagrama de intervalos luminosos do cenário A. Foi necessário o recálculo do tempo de ciclo, pois o tempo de verde da aproximação 1 foi menor que o verde de segurança. Nota-se que, mesmo que o fluxo aumente 50% em todas as aproximações, a programação semafórica deverá permanecer a mesma do dimensionamento proposto com o fluxo de saturação estimado (Figura 19 b). Isto é mais um indício de que, do ponto de vista da fluidez, este semáforo não seja realmente necessário.

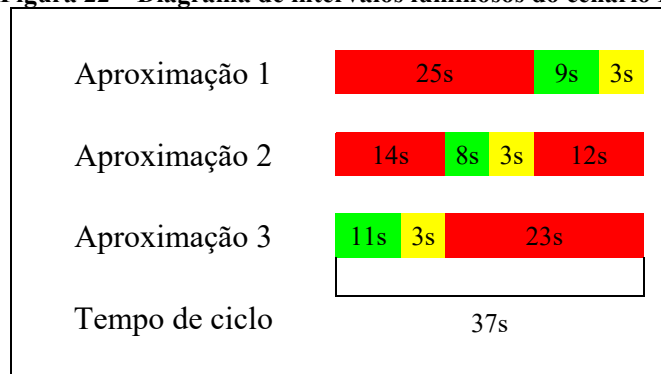
**Figura 21 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário A.**



A Figura 22 mostra o diagrama de intervalos luminosos do cenário B. Neste cenário, foi necessário o recálculo do tempo de ciclo, pois as aproximações 1 e 2 apresentaram tempos de verde menores que os de segurança. Comparando este diagrama com o da Figura 17 (ou o da Figura 19), nota-se que:

- houve uma redução de 6 segundos no tempo de ciclo;
- a aproximação 1, devido ao aumento do fluxo, teve um aumento de 1 segundo no tempo de verde e uma redução de 7 segundos do tempo de vermelho, o que evitará longas esperas para esse maior volume de tráfego;
- a aproximação 2 teve uma redução de 3 segundos no tempo de verde e no tempo de vermelho;
- a aproximação 3, que continuou com o maior fluxo e maior relação Y, permaneceu dispondo de maior tempo de verde, apesar da redução de 4 segundos. O tempo de espera, no entanto, teve redução de 2 segundos.

**Figura 22 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário B.**

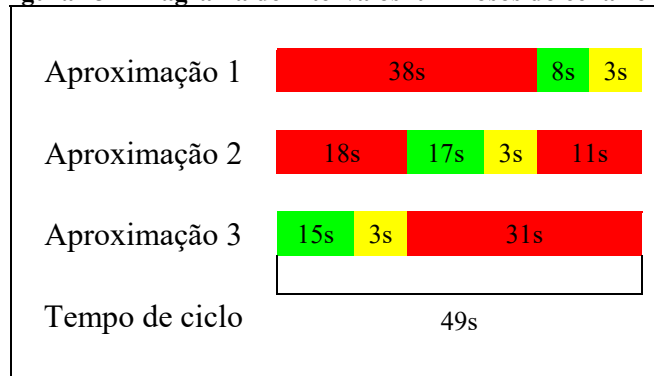


A Figura 23 mostra o diagrama de intervalos luminosos do cenário C. Foi necessário o recálculo do tempo de ciclo, pois o tempo de verde da aproximação 1 foi menor que o verde de segurança. Comparando este diagrama com o da Figura 17 (ou o da Figura 19), nota-se que:

- houve um aumento de 6 segundos no tempo de ciclo;
- a aproximação 1, permaneceu com o mesmo tempo de verde e teve um aumento de 6 segundos no tempo de vermelho;

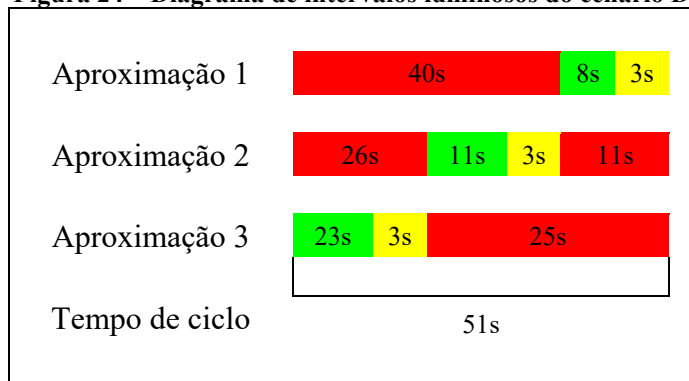
- a aproximação 2, devido ao aumento no tráfego, passou a ser a aproximação com maior relação Y, por isso passou a dispor de maior tempo de verde que as demais, com um aumento de 6 segundos. O tempo de vermelho permaneceu o mesmo;
- a aproximação 3, permaneceu dispondo do mesmo tempo de verde e, o tempo de vermelho, teve uma redução de 6 segundos.

**Figura 23 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário C.**



A Figura 22 mostra o diagrama de intervalos luminosos do cenário D. Neste cenário, foi necessário o recálculo do tempo de ciclo, pois as aproximações 1 e 2 apresentaram tempos de verde menores que os de segurança. Comparando este diagrama com o da Figura 17 (ou da Figura 19), nota-se que:

- houve um aumento de 8 segundos no tempo de ciclo;
- as aproximações 1 e 2 permaneceram com o mesmo tempo de verde, no entanto, tiveram seu tempo de vermelho aumentado em 8 segundos;
- a aproximação 3, devido ao aumento do fluxo, teve um aumento de 8 segundos do tempo de verde e seu tempo de vermelho permaneceu o mesmo.

**Figura 24 – Diagrama de intervalos luminosos do cenário D.**

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por intuito analisar a programação semafórica do cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos, por meio da comparação entre o dimensionamento atual e um novo dimensionamento realizado à luz do Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica do DENATRAN, o qual utiliza métodos de determinação do fluxo de saturação (um dos principais parâmetros do dimensionamento de semáforos) que são abordados no HCM 2000 e utilizados internacionalmente. Os métodos aqui empregados foram o de estimativa e medição *in loco* do fluxo de saturação.

Para o desenvolvimento do dimensionamento e dos métodos supracitados, foram necessários três tipos de coletas de dados: contagens direcionais e classificadas de tráfego, para que fosse possível obter o volume de tráfego equivalente; coleta de dados geométricos das vias, para a estimativa do fluxo de saturação (os demais dados necessários foram obtidos das contagens de tráfego); e coleta de dados para a medição *in loco* do fluxo de saturação, que consistiu, basicamente, na observação dos tempos de escoamento dos veículos, por faixa de trânsito.

As contagens de tráfego permitiram verificar que os automóveis compõem menos de 27% do tráfego, enquanto as motocicletas compõem mais de 70%. Durante as contagens, foi possível observar também um elevado desrespeito ao semáforo. Embora tenha-se notado que o comportamento de muitos condutores mudou ao notarem a presença dos pesquisadores, verificou-se que pelo menos 16,8% dos usuários infringem o sinal vermelho.

As contagens de tráfego também levaram à constatação de que o cruzamento apresenta três intervalos de maior movimento: no período da manhã, o maior movimento se dá entre 07:15h e 08:15h; no período do meio-dia (horário de almoço), se dá entre 11:45h e 13:00h e; no período da tarde, entre 17:15h e 18:15h. Foi neste último intervalo que ocorreu a hora-pico do cruzamento, para a qual o novo dimensionamento foi realizado.

O dimensionamento realizado com a utilização do fluxo de saturação estimado e tempo perdido recomendado pela literatura apresentou resultados que se mostram de acordo com as condições de tráfego do cruzamento, pois, devido à diminuição de 24,6% do tempo de ciclo, diminuiu-se também o tempo de luz verde das aproximações de menor fluxo, nas quais

se observa grande ocorrência de verde ocioso, bem como o tempo de luz vermelha das três aproximações, o que poderá evitar esperas excessivas.

No entanto, o dimensionamento semaforico realizado com a utilização do fluxo de saturação e tempo perdido medidos *in loco*, devido a alguns problemas, especialmente à consideração das motocicletas durante a coleta de dados, não dispunha de dados consistentes o suficiente para o alcance de resultados satisfatórios.

Portanto, recomenda-se a aplicação do primeiro dimensionamento aos semáforos do cruzamento das ruas Matriz da Conceição e Siqueira Campos, pois verificou-se que o atual encontra-se inadequado e acredita-se que este novo poderá contribuir positivamente com a fluidez e segurança no trânsito do local.

A título de experimentação acadêmica, refez-se o dimensionamento considerando o acréscimo de 50% no tráfego ora nas três aproximações, simultaneamente, ora em cada aproximação, separadamente. Em todos os cenários foi necessário recalcular o tempo de ciclo, pois os tempos de verde se mostraram menores que os tempos de verde de segurança. No primeiro caso, em que se considerou o aumento nas três aproximações simultaneamente, os resultados mostram que a programação semaforica poderá se manter a mesma. Tudo isso indica que, do ponto de vista da fluidez, não há real necessidade do semáforo deste cruzamento. São necessários, no entanto, estudos voltados a este aspecto para comprovar tal hipótese.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para garantir a eficiência das sinalizações semaforicas, é necessário que haja frequência na realização de estudos de tráfego, uma vez que este muda constantemente. Sendo assim, com o objetivo de contribuir para a melhoria do tráfego do município de Tucuruí-PA, sugere-se:

- avaliar os efeitos do dimensionamento proposto, caso ele seja aplicado no cruzamento estudado;
- efetuar estudo sobre a real necessidade de instalação de semáforo nesse cruzamento, à luz do manual do DENATRAN;

- realizar o dimensionamento do cruzamento estudado utilizando fluxo de saturação e tempo perdido medidos *in loco*, desconsiderando a presença das motocicletas;
- realizar dimensionamento para pedestres no cruzamento estudado;
- analisar o dimensionamento dos demais semáforos do município.

## REFERÊNCIAS

- AKISHINO, P. **Introdução à Engenharia de Tráfego**. Universidade Federal do Paraná, 2011.
- ALVES, M. R. De cada 10 brasileiros, 3 gastam mais de 1h por dia para se deslocar. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 14 de out. 2015. Disponível em <<http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,de-cada-dez-brasileiros--tres-gastam-mais-de-uma-hora-por-dia-para-se-deslocar,1779344>>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. Washington, D.C.: [s.n.], 2001.
- AMIN, J. C. **Eficácia da restrição de velocidade e outras ações na prevenção de acidentes em travessias urbanas de rodovias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- ANDRADE, S. M.; MELLO-JORGE, M. H. P. Acidentes de transporte terrestre em município da Região Sul do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.35, n.3, p.318-320, jun. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697: Pesquisa de Acidentes de Trânsito – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1989.
- BASTOS, J. T. **Geografia da mortalidade no trânsito no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**: instituído pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro – 1. ed. Brasília: DENATRAN, 2008.
- COMPANHIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE DE TUCURUÍ (CTTUC). **Relatório de Conclusão Anual de 2015**. Tucuruí, 2015.
- DEEPASK. Número de mortes no trânsito e a sua taxa de mortalidade no Brasil por tipo de acidente. 2013. Disponível em: <<http://www.deepask.com/goes?page=Levantamento-mostrabitos-no-transito-por-tipo-de-acidente>>. Acesso em: 22 mai. 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006. (IPR. Publ., 723).
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). Frota de veículos. Disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos> >. Acesso em: 16 dez. 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). **Manual de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica**. Brasília: CONTRAN, 2014.

FERRAZ, A. C. P. **Curso de Engenharia de Tráfego**. 2002. 45 p. Notas de Aula.

FERRAZ, A. C. P. *et al.* **Segurança Viária**. São Carlos: Suprema Gráfica, 2012.

GOLD, P. A. **Segurança do trânsito: aplicação de engenharia para reduzir acidentes**. Brasil: Ed. BID, jun. 1998.

GOMES, L. F. Gigante Inacabado: Mortes no Trânsito. **Instituto Avante Brasil**, São Paulo, março. 2014. Disponível em: < <http://www.institutoavantebrasil.com.br/gigante-inacabado-mortes-no-transito/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

GOOGLE MAPS. **Google**. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/R.+Matriz+da+Conceição+-+Jardim+Paraiso,+Tucuruí+-+PA/>>. Acesso em: 21 out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativa populacional**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150810&search=%7C%7Cinfogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 17 mai. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do IPEA**. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516\\_relatorio\\_estimativas.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516_relatorio_estimativas.pdf)>. Acesso em: 13 mai 2015.

LEAL, A. Indenizações pagas pelo seguro DPVAT sobem 20% em 2014. **Agência Brasil** [S.I.], 2015. Disponível em: <<http://m.agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/aumenta-em-20-numero-de-indenizacoes-pagas-pelo-seguro-dpvat-em-2014>> Acesso em: 16 ago. 2016.

LOCH, W. F. **Estudo de tráfego na interseção entre a av. João Pessoa e rua Coronel Oscar Rafael Jost na cidade de Santa Cruz do Sul/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2014.

LUNA, M. S. **Sobre o fluxo de saturação: conceituação, aplicação, determinação e variação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

LUZA, L. A.; ROLDO, L. Z. **Estudo para melhoria de tráfego do cruzamento das ruas Guarani e Nereu Ramos na cidade de Pato Branco – PR através de análise de implantação semafórica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

MONTEIRO, A. Frota de veículos cresce mais rápido que a estrutura viária no país. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 20 de ago. 2014. Disponível em < <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/08/1503030-frota-de-veiculos-cresce-mais-rapido-que-a-estrutura-viaria-no-pais.shtml>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

MORA, M. **A evolução do crédito no Brasil entre 2003 e 2010**. Rio de Janeiro: IPEA, 2015.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA (ONSV). 90% dos Acidentes são Causados por Falhas Humans, Alerta OBSERVATÓRIO. **Observatório Nacional de Segurança Viária**, 2015. Disponível em: <<http://www.onsv.org.br/noticias/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/>> Acesso em: 24 set. 2016.

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

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual**. Washington, D.C., 2000.

VILANOVA, L. **Semáforo em amarelo intermitente no período da madrugada**. 2005. Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/amarelo.pdf>>. Acesso em: 15 ago 2016.

VILANOVA, L. **Verde de segurança**. [S.I.], [200-?] Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/seguranca.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

VILANOVA, L. **Dimensionamento do Tempo de Amarelo**. São Paulo, 1985. Disponível em <<http://www.cetsp.com.br/media/20515/nt108.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

WASELFISZ, J.J. Mapa da Violência. **Acidentes de Trânsito e Motocicletas**. Rio de Janeiro, FLACSO/CEBELA, 2013.

**ANEXO A**  
**MODELO DE FOLHA DE COLETA DE DADOS PARA MEDIÇÃO *IN LOCO* DO FLUXO  
 DE SATURAÇÃO**

**Figura 25 – Modelo de folha de coleta de dados para medição do fluxo de saturação.**

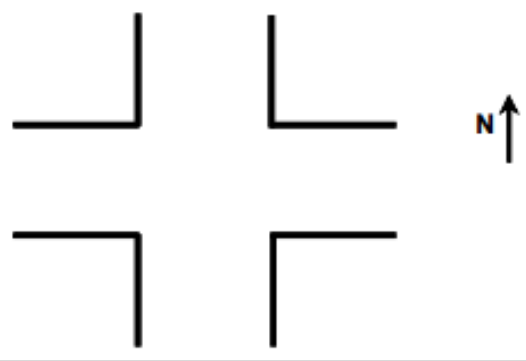
Cidade: _____ Local: _____ Aproximação: _____ Observador: _____ Tempo: _____  Movimentos permitidos na faixa estudada: ( ) Em frente ( ) À direita ( ) À esquerda  Data: __/__/__ Hora: _____		<b>Croqui da interseção:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>mostrar todas as faixas das aproximações, com os respectivos movimentos permitidos;</li> <li>identificar a faixa estudada.</li> </ul>		
Posição do veículo na fila da faixa	Ciclo 1 Tempo	Ciclo 2 Tempo	Ciclo 3 Tempo	Ciclo 4 Tempo
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
f>20	f=	f=	f=	f=
Outros dados	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=
Duração do tempo verde				
Observações				
Duração do entreverdes	Amarelo = Vermelho geral =			
VP = veículo pesado; C = conversão (E = esquerda, D = direita)				

Fonte: DENATRAN (2014).

## ANEXO B

## MODELO DE FOLHA DE COLETA DE DADOS PARA PESQUISA DIRECIONAL

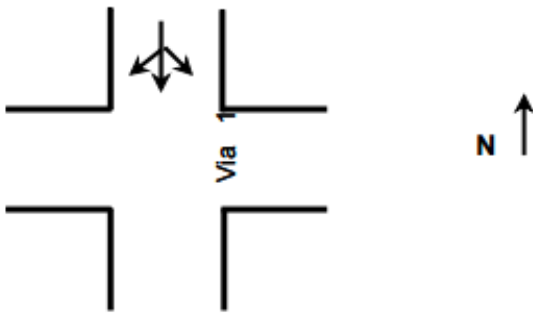






Figura 26 - Modelo de folha de coleta de dados para pesquisa direcional.

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO DIRECIONAL			
Local:		x	
Aproximação:			
Croqui:			
			
Pesquisador:			
Data:		Dia da Semana:	
Hora	↖	↗	↘
7:00 - 7:15			
7:15 - 7:30			
7:30 - 7:45			
7:45 - 8:00			
8:00 - 8:15			
8:15 - 8:30			
8:30 - 8:45			
8:45 - 9:00			
9:00 - 9:15			
9:15 - 9:30			
Observações:			

Fonte: DENATRAN (2014).

**ANEXO C**  
**MODELO DE FOLHA DE COLETA DE DADOS PARA PESQUISA DIRECIONAL E CLASSIFICATÓRIA**

Figura 27 – Modelo de folha de coleta de dados para pesquisa direcional e classificatória

<b>PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO DIRECIONAL E CLASSIFICATÓRIA</b>						
Local:						
Aproximação:						
Croqui: 						
Pesquisador:						
Data:				Dia da Semana:		
Selecionar tipo(s) de veículo a ser pesquisado:						
<input type="checkbox"/> Bicicleta <input type="checkbox"/> Motocicleta <input type="checkbox"/> Automóvel <input type="checkbox"/> Ônibus <input type="checkbox"/> Caminhão						
Hora						
7:00 - 7:15						
7:15 - 7:30						
7:30 - 7:45						
7:45 - 8:00						
8:00 - 8:15						
8:15 - 8:30						
8:30 - 8:45						
8:45 - 9:00						
9:00 - 9:15						
9:15 - 9:30						
Observações:						

Fonte: DENATRAN (2014).

**APÊNDICE A**  
**CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 15/03/2016**

Tabela 26 – Dados de tráfego da aproximação 1 (15/03/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	50	16	3	0	69	8
07:15-07:30	79	26	2	0	107	25
07:30-07:45	71	29	3	0	103	16
07:45-08:00	80	17	3	0	100	14
08:00-08:15	75	21	11	0	107	16
08:15-08:30	64	26	4	0	94	16
<b>Total</b>	<b>419</b>	<b>135</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>580</b>	<b>95</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	3	1	0	0	4	0
07:15-07:30	3	1	0	0	4	1
07:30-07:45	1	0	0	0	1	0
07:45-08:00	0	0	0	0	0	0
08:00-08:15	1	0	0	0	1	1
08:15-08:30	1	2	0	0	3	1
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>3</b>

Tabela 27 – Dados de tráfego da aproximação 2 (15/03/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	51	8	2	0	61	11
07:15-07:30	62	23	3	0	88	1
07:30-07:45	78	18	1	0	97	3
07:45-08:00	66	28	1	0	95	5
08:00-08:15	52	27	2	0	81	3
08:15-08:30	64	15	0	0	79	5
<b>Total</b>	<b>373</b>	<b>119</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>501</b>	<b>28</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	6	1	0	0	7	2
07:15-07:30	0	0	0	0	0	0
07:30-07:45	2	0	0	0	2	0
07:45-08:00	2	0	0	0	2	0
08:00-08:15	0	0	0	0	0	0
08:15-08:30	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>2</b>

Tabela 28 – Dados de tráfego da aproximação 3 (15/03/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	11	4	2	0	17	0
07:15-07:30	7	18	1	0	26	0
07:30-07:45	16	8	0	0	24	0
07:45-08:00	18	12	1	0	31	0
08:00-08:15	19	19	0	0	38	0
08:15-08:30	32	23	0	0	55	0
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>84</b>	<b>4</b>		<b>191</b>	<b>0</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	27	5	4	0	36	0
07:15-07:30	19	11	3	0	33	0
07:30-07:45	32	12	1	0	45	0
07:45-08:00	23	12	2	0	37	0
08:00-08:15	29	13	3	0	45	0
08:15-08:30	32	5	0	0	37	0
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>58</b>	<b>13</b>		<b>233</b>	<b>0</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
07:00 - 07:15	39	6	0	0	45	0
07:15-07:30	53	19	0	0	72	0
07:30-07:45	45	13	2	0	60	0
07:45-08:00	47	11	2	0	60	0
08:00-08:15	42	11	1	0	54	0
08:15-08:30	40	10	2	0	52	0
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>70</b>	<b>7</b>		<b>343</b>	<b>0</b>

Observação: o semáforo estava com problemas técnicos, por isso não foram registradas as infrações ao sinal vermelho.

**APÊNDICE B**  
**CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 16/03/2016**

Tabela 29 – Dados de tráfego da aproximação 1 (16/03/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	48	15	3	2	68	22
12:00 - 12:15	53	21	4	0	78	11
12:15 - 12:30	40	26	3	1	70	6
12:30 - 12:45	46	10	1	1	58	13
12:45 - 13:00	38	12	3	0	53	12
13:00 - 13:15	49	16	3	0	68	17
13:15 - 13:30	48	14	2	0	64	8
13:30 - 13:45	48	24	1	2	75	19
13:45 - 14:00	45	16	0	0	61	19
14:00 - 14:15	44	17	3	1	65	9
<b>Total</b>	<b>459</b>	<b>171</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>660</b>	<b>136</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	2	1	0	0	3	0
12:00 - 12:15	5	1	0	0	6	1
12:15 - 12:30	5	3	0	0	8	2
12:30 - 12:45	1	1	0	0	2	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0
13:00 - 13:15	0	2	0	0	2	0
13:15 - 13:30	1	4	0	0	5	1
13:30 - 13:45	6	2	1	0	9	4
13:45 - 14:00	2	2	2	0	6	1
14:00 - 14:15	0	1	0	0	1	0
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>9</b>

Tabela 30 – Dados de tráfego da aproximação 2 (16/03/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	35	26	1	0	62	2
12:00 - 12:15	55	12	0	0	67	4
12:15 - 12:30	24	10	0	0	34	3
12:30 - 12:45	38	13	0	1	51	2
12:45 - 13:00	54	10	3	0	67	2
13:00 - 13:15	54	17	1	0	72	3
13:15 - 13:30	66	12	1	0	79	8
13:30 - 13:45	65	21	1	0	87	4
13:45 - 14:00	49	19	3	1	72	5
14:00 - 14:15	55	21	0	0	76	4
<b>Total</b>	<b>495</b>	<b>161</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>667</b>	<b>37</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	0	1	0	0	1	0
12:15 - 12:30	0	1	0	0	1	1
12:30 - 12:45	0	1	0	0	1	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0
13:00 - 13:15	0	0	0	0	0	0
13:15 - 13:30	0	0	0	0	0	0
13:30 - 13:45	0	0	0	0	0	0
13:45 - 14:00	1	0	0	0	1	0
14:00 - 14:15	3	0	0	0	3	3
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>4</b>

Tabela 31 – Dados de tráfego da aproximação 3 (16/03/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	20	16	1	0	37	0
12:00 - 12:15	26	26	2	1	54	0
12:15 - 12:30	34	14	0	0	48	0
12:30 - 12:45	21	15	0	0	36	5
12:45 - 13:00	21	11	1	0	33	11
13:00 - 13:15	16	11	0	0	27	3
13:15 - 13:30	19	10	1	0	30	7
13:30 - 13:45	7	6	0	0	13	8
13:45 - 14:00	4	8	3	0	15	7
14:00 - 14:15	16	9	0	0	25	4
<b>Total</b>	<b>184</b>	<b>126</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>318</b>	<b>45</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	32	18	3	0	53	0
12:00 - 12:15	48	23	6	0	77	0
12:15 - 12:30	44	21	0	0	65	5
12:30 - 12:45	33	15	6	0	54	10
12:45 - 13:00	37	26	2	0	65	9
13:00 - 13:15	52	19	2	0	73	9
13:15 - 13:30	37	20	1	0	58	7
13:30 - 13:45	38	18	0	0	56	13
13:45 - 14:00	51	16	3	0	70	13
14:00 - 14:15	30	16	0	0	46	8
<b>Total</b>	<b>402</b>	<b>192</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>617</b>	<b>74</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
11:45 - 12:00	59	8	0	0	67	0
12:00 - 12:15	62	13	2	0	77	0
12:15 - 12:30	39	8	4	0	51	22
12:30 - 12:45	41	13	3	0	57	27
12:45 - 13:00	40	6	2	0	48	22
13:00 - 13:15	63	8	1	0	72	33
13:15 - 13:30	50	13	5	0	68	20
13:30 - 13:45	60	11	0	0	71	22
13:45 - 14:00	51	10	4	1	66	24
14:00 - 14:15	37	11	1	0	49	13
<b>Total</b>	<b>502</b>	<b>101</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>626</b>	<b>183</b>

**APÊNDICE C**  
**CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 17/03/2016**

**Tabela 32 – Dados de tráfego da aproximação 1 (17/03/2016).**

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>							
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>	
17:15 - 17:30	39	13	1	1	54	8	
17:30 - 17:45	41	15	3	1	60	10	
17:45 - 18:00	40	20	2	0	62	7	
18:00 - 18:15	39	15	1	0	55	8	
18:15 - 18:30	52	25	3	0	80	13	
18:30 - 18:45	50	21	3	0	74	11	
<b>Total</b>	<b>261</b>	<b>109</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>385</b>	<b>57</b>	
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>							
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>	
17:15 - 17:30	1	0	0	0	1	0	
17:30 - 17:45	3	0	0	0	3	0	
17:45 - 18:00	5	0	1	0	6	2	
18:00 - 18:15	4	0	0	0	4	1	
18:15 - 18:30	4	1	0	0	5	1	
18:30 - 18:45	2	0	0	0	2	0	
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	

**Tabela 33 – Dados de tráfego da aproximação 2 (17/03/2016).**

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
17:15 - 17:30	29	9	1	0	39	12
17:30 - 17:45	48	19	1	0	68	15
17:45 - 18:00	35	11	0	0	46	9
18:00 - 18:15	30	15	0	0	45	5
18:15 - 18:30	47	13	3	0	63	11
18:30 - 18:45	56	19	1	0	76	13
<b>Total</b>	<b>245</b>	<b>86</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>337</b>	<b>65</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
17:15 - 17:30	7	3	1	0	11	2
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	2	0	0	0	2	0
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	3	0	0	0	3	1
18:30 - 18:45	0	1	0	0	1	0
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>3</b>

Tabela 34 – Dados de tráfego da aproximação 3 (17/03/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
17:15 - 17:30	11	10	0	0	21	5
17:30 - 17:45	10	9	0	0	19	3
17:45 - 18:00	12	11	0	0	23	7
18:00 - 18:15	11	11	0	0	22	5
18:15 - 18:30	35	25	0	0	60	15
18:30 - 18:45	18	18	0	0	36	8
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>181</b>	<b>43</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
17:15 - 17:30	23	12	2	0	37	5
17:30 - 17:45	31	14	3	0	48	11
17:45 - 18:00	52	26	4	0	82	15
18:00 - 18:15	55	25	6	0	86	9
18:15 - 18:30	58	21	2	0	81	11
18:30 - 18:45	47	23	5	0	75	9
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>121</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>409</b>	<b>60</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	<b>Infrações</b>
17:15 - 17:30	30	10	0	0	40	7
17:30 - 17:45	55	15	1	0	71	11
17:45 - 18:00	38	11	3	0	52	6
18:00 - 18:15	40	9	2	0	51	7
18:15 - 18:30	52	13	1	0	66	12
18:30 - 18:45	58	8	2	0	68	16
<b>Total</b>	<b>273</b>	<b>66</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>348</b>	<b>59</b>

**APÊNDICE D**  
**CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 26/04/2016**

**Tabela 35 – Dados de tráfego da aproximação 1 (26/04/2016).**

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	26	16	0	0	42
12:00 - 12:15	57	27	1	1	86
12:15 - 12:30	28	15	0	0	43
12:30 - 12:45	40	14	0	0	54
12:45 - 13:00	22	10	1	0	33
13:00 - 13:15	24	11	0	1	36
13:15 - 13:30	17	8	0	0	25
13:30 - 13:45	19	6	0	0	25
13:45 - 14:00	15	9	0	0	24
14:00 - 14:15	20	13	1	0	34
<b>Total</b>	<b>268</b>	<b>129</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>402</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	4	5	0	0	9
12:00 - 12:15	3	0	0	0	3
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	0	1	0	0	1
12:45 - 13:00	0	1	0	0	1
13:00 - 13:15	0	1	0	0	1
13:15 - 13:30	1	1	0	0	2
13:30 - 13:45	3	3	0	0	6
13:45 - 14:00	0	0	0	0	0
14:00 - 14:15	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>0</b>		<b>24</b>

Tabela 36 – Dados de tráfego da aproximação 2 (26/04/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	29	9	2	0	40
12:00 - 12:15	44	17	2	0	63
12:15 - 12:30	47	15	1	0	63
12:30 - 12:45	37	14	0	0	51
12:45 - 13:00	49	20	0	0	69
13:00 - 13:15	64	7	2	0	73
13:15 - 13:30	63	16	1	0	80
13:30 - 13:45	41	15	4	1	61
13:45 - 14:00	49	25	4	1	79
14:00 - 14:15	54	20	0	0	74
<b>Total</b>	<b>477</b>	<b>158</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>653</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	2	0	0	0	2
12:00 - 12:15	2	0	0	0	2
12:15 - 12:30	0	0	0		0
12:30 - 12:45	2	0	0	0	2
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0
13:00 - 13:15	1	0	0	0	1
13:15 - 13:30	0	0	1	0	1
13:30 - 13:45	1	1	0	0	2
13:45 - 14:00	0	0	1	0	1
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>11</b>

Tabela 37 – Dados de tráfego da aproximação 3 (26/04/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	50	25	5	0	80
12:00 - 12:15	61	27	2	0	90
12:15 - 12:30	51	17	3	2	73
12:30 - 12:45	38	18	2	0	58
12:45 - 13:00	51	16	5	0	72
13:00 - 13:15	71	16	7	0	94
13:15 - 13:30	61	28	3	0	92
13:30 - 13:45	45	18	3	0	66
13:45 - 14:00	52	28	2	0	82
14:00 - 14:15	54	30	3	1	88
<b>Total</b>	<b>534</b>	<b>223</b>	<b>35</b>	<b>3</b>	<b>795</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	58	20	3	0	81
12:00 - 12:15	66	22	3	2	93
12:15 - 12:30	59	23	2	0	84
12:30 - 12:45	50	17	0	0	67
12:45 - 13:00	37	14	2	0	53
13:00 - 13:15	54	21	2	0	77
13:15 - 13:30	43	12	1	0	56
13:30 - 13:45	43	17	1	0	61
13:45 - 14:00	29	14	3	0	46
14:00 - 14:15	33	17	1	0	51
<b>Total</b>	<b>472</b>	<b>177</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>669</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	45	7	0	0	52
12:00 - 12:15	72	20	0	0	92
12:15 - 12:30	54	18	0	1	73
12:30 - 12:45	50	17	1	0	68
12:45 - 13:00	52	9	1	0	62
13:00 - 13:15	48	10	1	1	60
13:15 - 13:30	52	18	2	0	72
13:30 - 13:45	52	15	3	0	70
13:45 - 14:00	32	10	0	1	43
14:00 - 14:15	42	15	1	0	58
<b>Total</b>	<b>499</b>	<b>139</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>650</b>

**APÊNDICE E**  
**CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 27/04/2016**

Tabela 38 – Dados de tráfego da aproximação 1 (27/04/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	29	14	2	0	45
17:30 - 17:45	13	10	0	0	23
17:45 - 18:00	29	22	0	0	51
18:00 - 18:15	26	24	0	1	51
18:15 - 18:30	31	17	2	0	50
18:30 - 18:45	25	8	0	1	34
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>95</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>254</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	0	1	0	0	1
17:30 - 17:45	1	0	0	0	1
17:45 - 18:00	0	2	0	0	2
18:00 - 18:15	0	1	0	0	1
18:15 - 18:30	3	1	0	0	4
18:30 - 18:45	2	1	0	0	3
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>

Tabela 39 – Dados de tráfego da aproximação 2 (27/04/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	42	11	2	0	55
17:30 - 17:45	38	9	3	0	50
17:45 - 18:00	61	20	2	1	84
18:00 - 18:15	62	39	0	0	101
18:15 - 18:30	46	26	2	1	75
18:30 - 18:45	47	15	0	0	62
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>120</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>427</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0
17:30 - 17:45	1	0	0	0	1
17:45 - 18:00	1	1	0	0	2
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	2	1	0	0	3
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>

Tabela 40 – Dados de tráfego da aproximação 3 (27/04/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	
17:15 - 17:30	32	23	5	1	61	
17:30 - 17:45	37	25	4	0	66	
17:45 - 18:00	60	22	3	0	85	
18:00 - 18:15	51	28	1	0	80	
18:15 - 18:30	67	23	3	0	93	
18:30 - 18:45	45	24	3	1	73	
<b>Total</b>	<b>292</b>	<b>145</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>458</b>	
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	
17:15 - 17:30	31	10	6	0	47	
17:30 - 17:45	35	18	3	0	56	
17:45 - 18:00	30	19	5	0	54	
18:00 - 18:15	39	32	4	0	75	
18:15 - 18:30	48	28	3	0	79	
18:30 - 18:45	61	24	2	0	87	
<b>Total</b>	<b>244</b>	<b>131</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>398</b>	
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 eixos</b>	<b>VP 3 eixos</b>	<b>Total</b>	
17:15 - 17:30	45	24	0	1	70	
17:30 - 17:45	35	16	0	0	51	
17:45 - 18:00	62	16	1	0	79	
18:00 - 18:15	44	13	1	1	59	
18:15 - 18:30	76	22	0	0	98	
18:30 - 18:45	68	21	0	0	89	
<b>Total</b>	<b>330</b>	<b>112</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>446</b>	

**APÊNDICE F**  
**CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 28/04/2016**

Tabela 41 – Dados de tráfego da aproximação 1 (28/04/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>	
07:00 - 07:15	17	10	0	0	27	
07:15-07:30	20	9	1	0	30	
07:30-07:45	23	22	2	0	47	
07:45-08:00	24	20	0	0	44	
08:00-08:15	40	20	2	0	62	
08:15-08:30	31	18	0	0	49	
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>99</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>259</b>	
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>	
07:00 - 07:15	2	1	0	0	3	
07:15-07:30	3	1	0	0	4	
07:30-07:45	1	2	0	0	3	
07:45-08:00	2	0	0	0	2	
08:00-08:15	0	0	0	0	0	
08:15-08:30	2	0	0	0	2	
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	

Tabela 42 – Dados de tráfego da aproximação 2 (28/04/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	48	13	2	0	63
07:15-07:30	71	19	3	1	94
07:30-07:45	76	25	0	0	101
07:45-08:00	67	26	2	0	95
08:00-08:15	57	19	1	0	77
08:15-08:30	46	13	2	0	61
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>115</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>491</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	2	0	0	0	2
07:15-07:30	0	0	0	0	0
07:30-07:45	1	0	0	0	1
07:45-08:00	1	0	1	0	2
08:00-08:15	0	0	1	0	1
08:15-08:30	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>

Tabela 43 – Dados de tráfego da aproximação 3 (28/04/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	76	17	1	0	94
07:15-07:30	60	32	1	0	93
07:30-07:45	77	29	5	1	112
07:45-08:00	62	20	1	0	83
08:00-08:15	56	28	4	0	88
08:15-08:30	67	20	3	0	90
<b>Total</b>	<b>398</b>	<b>146</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>560</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	46	9	3	1	59
07:15-07:30	33	24	2	0	59
07:30-07:45	36	16	2	1	55
07:45-08:00	35	15	0	1	51
08:00-08:15	29	18	1	0	48
08:15-08:30	17	13	1	1	32
<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>95</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>304</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	49	5	0	0	54
07:15-07:30	55	22	0	0	77
07:30-07:45	40	17	1	0	58
07:45-08:00	52	9	1	0	62
08:00-08:15	56	9	1	0	66
08:15-08:30	44	15	1	0	60
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>77</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>377</b>

**APÊNDICE G**  
CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 03/05/2016

Tabela 44 – Dados de tráfego da aproximação 1 (03/05/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	23	21	1	0	45
17:30 - 17:45	18	26	0	0	44
17:45 - 18:00	35	16	1	0	52
18:00 - 18:15	28	12	1	0	41
18:15 - 18:30	23	17	0	0	40
18:30 - 18:45	21	8	0	0	29
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>100</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>251</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	1	2	0	0	3
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	1	0	0	0	1
18:00 - 18:15	3	0	1	0	4
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	1	0	1	0	2
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>10</b>

Tabela 45 – Dados de tráfego da aproximação 2 (03/05/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	48	15	0	0	63
17:30 - 17:45	50	20	2	0	72
17:45 - 18:00	56	20	0	0	76
18:00 - 18:15	47	23	2	0	72
18:15 - 18:30	52	22	1	0	75
18:30 - 18:45	65	17	0	0	82
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>117</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>440</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	1	0	0	0	1
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	2	0	0	0	2
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	4	1	0	0	5
18:30 - 18:45	3	1	0	0	4
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>

Tabela 46 – Dados de tráfego da aproximação 3 (03/05/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	42	16	4	0	62
17:30 - 17:45	41	21	1	1	64
17:45 - 18:00	77	28	3	1	109
18:00 - 18:15	61	20	3	0	84
18:15 - 18:30	63	21	3	0	87
18:30 - 18:45	83	20	2	0	105
<b>Total</b>	<b>367</b>	<b>126</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>511</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	26	13	3	0	42
17:30 - 17:45	37	20	3	0	60
17:45 - 18:00	55	25	4	0	84
18:00 - 18:15	69	27	6	1	103
18:15 - 18:30	37	13	2	0	52
18:30 - 18:45	58	19	3	0	80
<b>Total</b>	<b>282</b>	<b>117</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>421</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
17:15 - 17:30	36	16	2	0	54
17:30 - 17:45	35	14	0	0	49
17:45 - 18:00	49	19	3	0	71
18:00 - 18:15	75	10	3	0	88
18:15 - 18:30	46	10	0	0	56
18:30 - 18:45	38	14	1	1	54
<b>Total</b>	<b>279</b>	<b>83</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>372</b>

**APÊNDICE H**  
CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 04/05/2016

Tabela 47 – Dados de tráfego da aproximação 1 (04/05/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	21	6	0	0	27
07:15-07:30	22	8	0	0	30
07:30-07:45	15	15	2	0	32
07:45-08:00	35	17	1	0	53
08:00-08:15	35	21	0	0	56
08:15-08:30	39	30	1	1	71
<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>97</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>269</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	2	2	0	0	4
07:15-07:30	6	2	0	0	8
07:30-07:45	0	2	0	0	2
07:45-08:00	0	0	0	0	0
08:00-08:15	1	2	0	0	3
08:15-08:30	2	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>

Tabela 48 – Dados de tráfego da aproximação 2 (04/05/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>	
07:00 - 07:15	72	18	2	0	92	
07:15-07:30	75	21	2	0	98	
07:30-07:45	69	21	1	2	93	
07:45-08:00	84	26	4	0	114	
08:00-08:15	51	16	2	0	69	
08:15-08:30	51	20	1	0	72	
<b>Total</b>	<b>402</b>	<b>122</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>538</b>	
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>						
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>	
07:00 - 07:15	1	0	0	0	1	
07:15-07:30	2	0	0	0	2	
07:30-07:45	0	0	0	0	0	
07:45-08:00	0	0	0	0	0	
08:00-08:15	2	0	0	0	2	
08:15-08:30	2	0	0	0	2	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	

Tabela 49 – Dados de tráfego da aproximação 3 (04/05/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	56	22	2	0	80
07:15-07:30	84	23	3	0	110
07:30-07:45	53	32	6	1	92
07:45-08:00	64	11	3	0	78
08:00-08:15	50	23	2	0	75
08:15-08:30	46	21	2	0	69
<b>Total</b>	<b>353</b>	<b>132</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>504</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	32	11	1	1	45
07:15-07:30	59	19	3	0	81
07:30-07:45	53	17	4	0	74
07:45-08:00	20	18	1	0	39
08:00-08:15	39	13	3	0	55
08:15-08:30	44	17	0	1	62
<b>Total</b>	<b>247</b>	<b>95</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>356</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
07:00 - 07:15	35	11	2	0	48
07:15-07:30	62	14	0	1	77
07:30-07:45	48	18	3	0	69
07:45-08:00	45	10	0	1	56
08:00-08:15	41	18	1	2	62
08:15-08:30	56	10	3	0	69
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>81</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>381</b>

**APÊNDICE I**  
CONTAGENS DE TRÁFEGO DO DIA 05/05/2016

Tabela 50 – Dados de tráfego da aproximação 1 (05/05/2016).

<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	37	12	1	0	50
12:00 - 12:15	42	23	1	0	66
12:15 - 12:30	26	10	0	0	36
12:30 - 12:45	19	12	2	0	33
12:45 - 13:00	19	15	1	0	35
13:00 - 13:15	15	3	0	0	18
13:15 - 13:30	22	11	0	1	34
13:30 - 13:45	16	8	0	0	24
13:45 - 14:00	12	5	0	0	17
14:00 - 14:15	18	17	0	1	36
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>116</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>349</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	2	1	0	0	3
12:00 - 12:15	2	0	0	0	2
12:15 - 12:30	1	0	0	0	1
12:30 - 12:45	1	1	0	0	2
12:45 - 13:00	2	1	0	0	3
13:00 - 13:15	1	1	0	0	2
13:15 - 13:30	1	2	0	0	3
13:30 - 13:45	1	0	0	0	1
13:45 - 14:00	2	0	0	0	2
14:00 - 14:15	2	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21</b>

**Tabela 51 – Dados de tráfego da aproximação 2 (05/05/2016).**

<b>Rua Siqueira Campos - Movimento direto (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	59	13	1	0	73
12:00 - 12:15	53	23	1	0	77
12:15 - 12:30	49	12	0	0	61
12:30 - 12:45	33	8	1	0	42
12:45 - 13:00	51	14	0	0	65
13:00 - 13:15	42	12	3	1	58
13:15 - 13:30	50	18	2	0	70
13:30 - 13:45	57	22	2	0	81
13:45 - 14:00	63	18	2	1	84
14:00 - 14:15	49	13	1	0	63
<b>Total</b>	<b>506</b>	<b>153</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>674</b>
<b>Rua Siqueira Campos - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	1	0	0	0	1
12:00 - 12:15	1	1	0	0	2
12:15 - 12:30	1	0	0	0	1
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	1	0	0	0	1
13:00 - 13:15	0	0	0	0	0
13:15 - 13:30	0	0	0	0	0
13:30 - 13:45	0	1	0	0	1
13:45 - 14:00	1	0	1	0	2
14:00 - 14:15	2	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>10</b>

Tabela 52 – Dados de tráfego da aproximação 3 (05/05/2016).

<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à esquerda (sentido Centro)</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	50	23	1	1	75
12:00 - 12:15	48	33	6	1	88
12:15 - 12:30	54	19	2	0	75
12:30 - 12:45	49	12	2	1	64
12:45 - 13:00	59	29	6	0	94
13:00 - 13:15	52	20	2	0	74
13:15 - 13:30	57	23	3	0	83
13:30 - 13:45	69	30	3	0	102
13:45 - 14:00	71	21	0	0	92
14:00 - 14:15	45	28	3	0	76
<b>Total</b>	<b>554</b>	<b>238</b>	<b>28</b>	<b>3</b>	<b>823</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Movimento direto</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	38	16	3	1	58
12:00 - 12:15	75	44	5	0	124
12:15 - 12:30	55	26	5	0	86
12:30 - 12:45	48	10	3	0	61
12:45 - 13:00	55	9	4	0	68
13:00 - 13:15	64	21	2	0	87
13:15 - 13:30	62	21	5	0	88
13:30 - 13:45	56	10	1	0	67
13:45 - 14:00	39	12	3	0	54
14:00 - 14:15	36	14	1	0	51
<b>Total</b>	<b>528</b>	<b>183</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>744</b>
<b>Rua Matriz da Conceição - Conversão à direita</b>					
<b>Horários</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóveis</b>	<b>VP 2 Eixos</b>	<b>VP 3 Eixos</b>	<b>Total</b>
11:45 - 12:00	34	9	0	1	44
12:00 - 12:15	67	20	1	0	88
12:15 - 12:30	70	15	0	0	85
12:30 - 12:45	43	12	2	0	57
12:45 - 13:00	56	15	0	0	71
13:00 - 13:15	47	11	1	0	59
13:15 - 13:30	46	14	3	2	65
13:30 - 13:45	49	15	1	0	65
13:45 - 14:00	33	10	2	0	45
14:00 - 14:15	39	14	2	0	55
<b>Total</b>	<b>484</b>	<b>135</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>634</b>

**APÊNDICE J**

DADOS DA MEDIÇÃO *IN LOCO* DO FLUXO DE SATURAÇÃO E TEMPO PERDIDO

Tabela 53 – Dados da medição *in loco* aproximação 1.

<b>Posição do veículo na fila</b>	<b>Ciclo 1</b>	<b>Ciclo 2</b>	<b>Ciclo 3</b>	<b>Ciclo 4</b>	<b>Ciclo 5</b>	<b>Ciclo 6</b>	<b>Ciclo 7</b>	<b>Ciclo 8</b>	<b>Ciclo 9</b>	<b>Ciclo 10</b>
	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>
3	2,08	5,47	2,01	2,85	2,46	4,47	4,06	5	3,4	5,02
4	3,32	9,39	2,46	4,09	2,73	7,49	4,45	10,28	4,58	7,04
fs	12	6	17	19	13	7	11	5	13	9
Hfs	16,35	15,23	15,62	15,29	14,85	15,62	14,86	12,4	14,99	15,65
f	13	8	19	21	14	8	14	7	14	10
Hf	18,7	20,25	18,92	18,18	18,66	17,31	18,5	18,54	17,93	18,76

Tabela 54 – Dados da medição *in loco* da aproximação 2.

<b>Posição do veículo na fila</b>	<b>Ciclo 1</b>	<b>Ciclo 2</b>	<b>Ciclo 3</b>	<b>Ciclo 4</b>	<b>Ciclo 5</b>	<b>Ciclo 6</b>	<b>Ciclo 7</b>	<b>Ciclo 8</b>	<b>Ciclo 9</b>	<b>Ciclo 10</b>
	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>
3	6,96	2,84	7,41	7,47	3,52	4,47	5,88	5,28	3,79	5,2
4	8,68	3,81	8,26	8,22	4,46	7,46	7,27	5,87	4,05	6,83
fs	7	13	8	9	9	7	7	11	10	11
Hfs	14,1	15,78	15,28	14,74	15,1	15,62	14,46	15,66	14,74	15,84
f	9	14	9	10	10	8	8	13	11	13
Hf	18,8	17,33	18,13	17,42	18,98	17,31	17,09	18	18,55	18,29

Tabela 55 – Dados da medição in loco da faixa A da aproximação 3.

<b>Posição do veículo na fila</b>	<b>Ciclo 1</b>	<b>Ciclo 2</b>	<b>Ciclo 3</b>	<b>Ciclo 4</b>	<b>Ciclo 5</b>	<b>Ciclo 6</b>	<b>Ciclo 7</b>	<b>Ciclo 8</b>	<b>Ciclo 9</b>	<b>Ciclo 10</b>
	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>
3	3,59	2,85	2,01	3,73	1,8	3,64	4,07	8,26	2,74	3,45
4	3,85	4,09	2,46	5,68	2,38	4,45	5,1	11,56	4,27	3,97
fs	12	19	17	7	21	16	16	6	7	14
Hfs	16	15,29	15,62	15	15,7	13,52	14,49	15,86	14,81	13,19
f	14	21	19	8	23	17	18	7	8	17
Hf	19,09	18,18	18,92	19,31	19,36	18,49	17,32	18,01	18,16	18,97

Tabela 56 – Dados da medição in loco da faixa B da aproximação 3.

<b>Posição do veículo na fila</b>	<b>Ciclo 1</b>	<b>Ciclo 2</b>	<b>Ciclo 3</b>	<b>Ciclo 4</b>	<b>Ciclo 5</b>	<b>Ciclo 6</b>	<b>Ciclo 7</b>	<b>Ciclo 8</b>	<b>Ciclo 9</b>	<b>Ciclo 10</b>
	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Tempo</b>
3	2,23	5,47	10,73	2,96	3,52	6,95	6,51	3,98	4,15	3,5
4	3,33	9,39	13	3,32	4,46	10	10,41	5,51	5,04	3,87
fs	11	6	6	11	9	5	5	8	7	6
Hfs	14,64	15,23	14,58	13,72	15,1	13,04	13,87	14,21	14,4	14,73
f	13	7	8	13	10	9	10	10	8	7
Hf	19,2	19	18,9	18,7	18,98	18,71	17,38	18,02	17,75	17,4