

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL

**ANÁLISE DA INTERSEÇÃO “5 ESQUINAS” MEDIANTE A
ENGENHARIA DE TRÁFEGO**



Cachoeira do Sul, RS

2019

Reitor

Paulo Afonso Burmann

Vice-Reitor

Paulo Bayard Gonçalves

Diretor do Campus

Rogério Brittes da Silva

Vice-diretor do Campus

Lucas Delongui

Autores:

Acadêmicos:

Samuel Baesso Müller

Gabriel da Silva Moreira

Jardel Carpes Meurer

Ester Peres dos Santos

Matheus Nobia Alves

Augusto Henrique Dragueti

Docentes:

Alejandro Ruiz-Padillo

Francisco Marchet Dalosto

Felipe Caleffi

Cachoeira do Sul, RS

2019

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente relatório gostariam de agradecer, em primeiro lugar, à Universidade Federal de Santa Maria – Campus de Cachoeira do Sul, pelas condições oferecidas no Laboratório de Mobilidade e Logística para a realização do estudo, assim como pelos recursos para a bolsa de monitoria do aluno Samuel Baesso Müller. Igualmente, agradecem a confiança depositada pela Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul na responsabilidade do trabalho encomendado, especialmente ao Prefeito Municipal Sérgio Ghignatti, assim como a colaboração do vice-Prefeito Joaquim Cleber Cardoso e dos Secretários Municipais de Administração, Marco Aurélio de Oliveira Silveira, de Coordenação e Planejamento, Rosimeri Michels de Arreal, e de Meio Ambiente, Ronaldo Trojahn, além dos funcionários municipais das secretarias envolvidas.

Também gostariam de agradecer especialmente aos alunos da disciplina de Engenharia de Tráfego I do Curso de Engenharia de Transportes e Logística do Campus, matriculados no semestre 2019-1, pelo empenho e dedicação na coleta e processamento de dados da interseção, no diagnóstico realizado e na elaboração preliminar de propostas: Cristiele Oliveira de Freitas, Felipe Hettwer Rossato, Gabriela Cunha Vargas, Joel Santiago Sampaio, Juliana Aguiar Macedo, Neiva Pereira da Silva e Samuel Augusto Mota Silva. Também cabe um agradecimento especial aos alunos dessa disciplina matriculados em semestres anteriores que também ajudaram na organização da coleta de dados: Caroline Alves da Silveira, Henrique Figueira Costa, Mateus Tonello de Souza, Raquel Cristina Ferreira Silva, Wantuil Rodrigues Dutra Prado e Wilson Ávila Brochi.

Igualmente, agradecem aos demais alunos do Campus, de todos os cursos, que colaboraram nas contagens de tráfego: Alexandre Grings, Aline Milbradt Leandro, André Boeira Ivanov, Ariel Felipe Geraldo Zaghetti, Eduardo Baumhardt Moreira, Eduardo Rorato Guarienti, Elias Teixeira da Costa, Filipe Rocha Louzada Soares, Giovana de Oliveira Costa Mercês, Giovanna Akemi Teixeira Iinuma, Guinther Ebert Couto, Heric Gervasoni dos Passos, Iuri Prass Bitencourte, João Marcelo Santos, Jonas Grings José, Júlio César B. Alves, Mylena Roehrs, Nathália Fardin Quoos, Pâmela Gravi da Silva, Patrick Scheffer Chequeller, Raul Rathecke Rodrigues, Rayana Silveira Pinheiro, Roberta Didonet, Samantha Silva da Silva, Vagner Stefanello, Vanessa Zuchetto e Ygor Rodrigues da Silva. Do mesmo modo, aos militares do 3º Batalhão de Engenharia de Combate de Cachoeira do Sul, especialmente ao Tenente-coronel Renato Farias Bazi pela ajuda desinteressada para este trabalho.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Área de estudo..... | 13 |
| Figura 2 - Disposição das vias da área de estudos..... | 14 |
| Figura 3 - Disposição dos semáforos..... | 16 |
| Figura 4 - Representação dos movimentos permitidos..... | 17 |
| Figura 5 - Representação das medidas pertinentes..... | 19 |
| Figura 6 - Tipo de pavimentação dos ramos da interseção..... | 20 |
| Figura 7 – Representação dos grupos semaforicos da interseção..... | 23 |
| Figura 8 – Representação de movimentos permitidos no estágio semaforico A..... | 25 |
| Figura 9 – Representação de movimentos permitidos no estágio semaforico B..... | 25 |
| Figura 10 – Representação de movimentos permitidos no estágio semaforico C..... | 26 |
| Figura 11 – Representação de movimentos permitidos no estágio semaforico D..... | 27 |
| Figura 12 – Representação do diagrama do estágio A atual da interseção..... | 27 |
| Figura 13 – Representação do diagrama do estágio B atual da interseção..... | 28 |
| Figura 14 – Representação do diagrama do estágio C atual da interseção..... | 29 |
| Figura 15 – Representação do diagrama do estágio D atual da interseção..... | 29 |
| Figura 16 – Representação do diagrama de barras da programação semaforica atual da interseção..... | 31 |
| Figura 17 - Variação do tráfego ao longo do dia..... | 35 |
| Figura 18 - Variação do tráfego ao longo da semana..... | 36 |
| Figura 19 – Grupo responsável pela contagem de um dos períodos..... | 37 |
| Figura 20 – Treinamento dos militares para a coleta de dados..... | 37 |
| Figura 21 – Fluxos de pedestres..... | 38 |
| Figura 22 – Pesquisadores na medição de velocidade..... | 39 |
| Figura 23 – Velocidades medidas na interseção..... | 40 |
| Figura 24 – Gráfico para auxílio na denominação de fluxos na aplicação das Normas Suecas..... | 42 |
| Figura 25 – Gráfico para etapa A de aplicação das Normas Suecas..... | 42 |
| Figura 26 – Gráfico para etapa B de aplicação das Normas Suecas..... | 43 |
| Figura 27 – Gráfico para etapa C de aplicação das Normas Suecas..... | 43 |
| Figura 28 – Gráfico para etapa D de aplicação das Normas Suecas..... | 44 |
| Figura 29 – Fluxo veicular por tempo de ciclo na Terça-Feira..... | 54 |
| Figura 30 – Fluxograma da hora de pico posterior ao meio-dia em terça-feira na interseção..... | 55 |
| Figura 31 – Fluxo veicular por tempo de ciclo na sexta-feira..... | 56 |
| Figura 32 – Fluxo veicular por tempo de ciclo no sábado..... | 57 |
| Figura 33 - Análise da Etapa A para tipo de interseção na Rua Bento Gonçalves..... | 60 |
| Figura 34 - Análise da Etapa B para tipo de interseção na Av. Brasil porção Norte..... | 62 |
| Figura 35 - Análise da Etapa B para tipo de interseção na Av. Brasil porção sul..... | 63 |
| Figura 36 - Análise da Etapa C para tipo de interseção nas 5 esquinas..... | 64 |
| Figura 37 - Análise da Etapa D para tipo de interseção..... | 65 |
| Figura 38 - Diminuição do número de conflitos..... | 66 |
| Figura 39 - Diagrama de barras após reprogramação..... | 69 |
| Figura 40 – Diagrama de estágios testado eliminando a aproximação da Av. Brasil sul, mas sem estágio de pedestres..... | 73 |

| | |
|---|----|
| Figura 41 – Diagrama de barras testado para o pico do meio dia eliminando a aproximação da Av. Brasil sul, mas sem estágio de pedestres..... | 73 |
| Figura 42 – Diagrama de barras testado para o pico da tarde eliminando a aproximação da Av. Brasil sul, mas sem estágio de pedestres..... | 74 |
| Figura 43 – Diagrama de estágios da Proposta 1 de reprogramação semafórica para o pico da tarde. | 75 |
| Figura 44 – Diagrama de barras da Proposta 1 de reprogramação semafórica para o pico do meio dia..... | 75 |
| Figura 45 – Diagrama de barras da Proposta 1 de reprogramação semafórica para o pico da tarde. | 76 |
| Figura 46 – Representação do estágio A da Proposta 2 de reprogramação semafórica..... | 77 |
| Figura 47 – Representação do estágio B da Proposta 2 de reprogramação semafórica..... | 77 |
| Figura 48 - Representação do estágio C da Proposta 2 de reprogramação semafórica. | 78 |
| Figura 49 - Representação do estágio D da Proposta 2 de reprogramação semafórica. | 79 |
| Figura 50 -Tempos semafóricos para a Proposta 2 de reprogramação semafórica..... | 79 |
| Figura 51 – Representação do estágio A da Proposta 3 de reprogramação semafórica..... | 80 |
| Figura 52 – Representação do estágio B da Proposta 3 de reprogramação semafórica..... | 81 |
| Figura 53 – Representação do estágio C da Proposta 3 de reprogramação semafórica..... | 82 |
| Figura 54 – Representação dos movimentos permitidos a partir da Proposta 3 de reprogramação semafórica. | 83 |
| Figura 55 – Representação dos movimentos proibidos pela Proposta 3 de reprogramação semafórica. | 84 |
| Figura 56 –Tempos semafóricos para a Proposta 3 de reprogramação semafórica. | 85 |
| Figura 57 - Proposta 1 de rotatória..... | 86 |
| Figura 58 - Proposta 2 de rotatória..... | 87 |
| Figura 59 - Proposta 3 de rotatória..... | 88 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Equivalência de tráfego misto à UCP. | 17 |
| Tabela 2 - Volumes médios horários em oito horas. | 44 |
| Tabela 3 - Volumes mínimos na interseção para interrupção do tráfego contínuo. | 45 |
| Tabela 4 - Composição da corrente de tráfego.. | 53 |
| Tabela 5 - Fluxo de pedestres por dia de contagem..... | 59 |
| Tabela 6 - Volumes de movimentos de virada para aplicação de Normas Suecas..... | 60 |
| Tabela 7 - Fluxos contabilizados para análise de critérios de implementação de semáforo. . | 67 |
| Tabela 8 – Fluxo médio de pedestres por dia de contagem..... | 68 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|---|----|
| 1. | CONTEXTUALIZAÇÃO | 11 |
| 2. | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 13 |
| 2.1. | Localização da área de estudo..... | 13 |
| 2.2. | Sinalização e sentidos | 15 |
| 2.3. | Dimensões físicas da interseção..... | 18 |
| 2.4. | Classificação das vias..... | 19 |
| 2.5. | Infraestrutura das vias | 20 |
| 2.6. | Sinalização semafórica..... | 21 |
| 2.6.1. | Grupo focal | 22 |
| 2.6.2. | Tipos de movimentos | 22 |
| 2.6.3. | Grupo de movimentos | 22 |
| 2.6.4. | Grupo semafórico..... | 22 |
| 2.6.5. | Tempo de verde..... | 22 |
| 2.6.6. | Tempo de amarelo..... | 23 |
| 2.6.7. | Tempo de vermelho geral | 24 |
| 2.6.8. | Estágio semafórico | 24 |
| 2.6.9. | Tempo de entreverdes | 24 |
| 2.6.10. | Ciclo Semafórico..... | 27 |
| 2.6.11. | Diagrama de estágios | 27 |
| 2.6.12. | Diagrama de barras | 30 |
| 2.6.13. | Estágio de pedestres | 30 |
| 2.6.14. | Tempo perdido | 32 |
| 2.6.15. | Fluxo de saturação. | 32 |
| 2.6.16. | Taxa de ocupação..... | 32 |
| 2.5.16 | Tipos semafóricos | 33 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 3. | METODOLOGIA DE ESTUDO | 34 |
| 3.1. | Contagem de tráfego | 34 |
| 3.2. | Medição de velocidade..... | 38 |
| 3.3. | Critérios para enquadramento de interseções..... | 40 |
| 3.3.1. | Roteiro para escolha do tipo de interseção..... | 41 |
| 3.4. | Critérios para implantação de semáforos | 44 |
| 3.4.1. | Volumes veiculares mínimos em todas as aproximações da interseção ... | 44 |
| 3.4.2. | Interrupção do tráfego contínuo:..... | 45 |
| 3.4.3. | Volumes conflitantes em interseções de cinco ou mais aproximações..... | 45 |
| 3.4.4. | Pedestres..... | 45 |
| 3.4.4.1. | Conflito pedestres × veículos | 45 |
| 3.4.4.2. | Tempo de espera para atravessar a via principal..... | 46 |
| 3.4.5. | Índice de acidentes | 46 |
| 3.4.6. | Melhoria do sistema progressivo | 47 |
| 3.4.7. | Controle de áreas congestionadas | 47 |
| 3.4.8. | Combinação de critérios..... | 47 |
| 3.5. | Medição do fluxo de saturação dos semáforos | 47 |
| 3.6. | Dimensionamento dos tempos semaforicos..... | 51 |
| 3.6.1. | Tempo de ciclo mínimo | 52 |
| 3.6.2. | Tempo de ciclo ótimo | 52 |
| 3.6.3. | Tempo de verde efetivo..... | 52 |
| 4. | RESULTADOS E ANÁLISE | 53 |
| 4.1. | Fluxos veiculares presentes na interseção..... | 53 |
| 4.2. | Fluxos de pedestres presentes na interseção | 58 |
| 4.3. | Velocidade | 59 |
| 4.4. | Verificação para escolha do tipo de interseção | 59 |
| 4.4.1. | Etapa A..... | 60 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.4.2. | Etapa B | 61 |
| 4.4.3. | Etapa C | 63 |
| 4.4.4. | Etapa D..... | 64 |
| 4.5. | Verificação dos critérios de implantação de semáforos..... | 67 |
| 4.6. | Reprogramação semafórica..... | 68 |
| 4.6.1. | Cenário atual | 68 |
| 4.6.2. | Cenário atual com estágio de pedestres | 70 |
| 5. | PROPOSTAS..... | 71 |
| 5.1. | Propostas gerais..... | 71 |
| 5.2. | Reprogramações semafóricas..... | 72 |
| 5.2.1. | Proposta 1..... | 72 |
| 5.2.2. | Proposta 2..... | 76 |
| 5.2.3. | Proposta 3..... | 80 |
| 5.3. | Implantação de rotatória..... | 85 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 90 |
| 7. | REFERÊNCIAS | 93 |

ANEXO 1

ANEXO 2

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Campus da UFSM em Cachoeira do Sul (UFSM-CS) iniciou suas atividades em 11 de agosto de 2014. Atualmente conta com cinco cursos de graduação: Arquitetura e Urbanismo; Engenharia Agrícola; Engenharia Elétrica; Engenharia Mecânica; e Engenharia de Transportes e Logística.

O Curso de Engenharia de Transportes e Logística, único do tipo no Rio Grande do Sul, conta na sua grade de disciplinas as de Engenharia de Tráfego I e Engenharia de Tráfego II, no quarto e quinto semestres, respectivamente. Nessas disciplinas, como em outras, o Laboratório de Mobilidade e Logística (LAMOT), laboratório de ensino, pesquisa e extensão ligado ao curso, desde sua criação em 2016, fomenta a aplicação de metodologias ativas para desenvolvimento de atividades práticas em ambiente real para execução de projetos ou resolução de problemas. Assim, nas citadas disciplinas, os alunos aplicam os conhecimentos adquiridos na sala de aula diretamente nas ruas de Cachoeira do Sul para analisar interseções urbanas mediante as técnicas de Engenharia de Tráfego.

Por outro lado, a Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul, em cumprimento da Lei Federal 12.587/12, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, elaborou e aprovou, em abril de 2019, seu Plano de Mobilidade Urbana, a partir de uma parceria estabelecida com a UFSM-CS, particularmente professores dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia de Transportes e Logística, e que ficou registrado como o projeto de extensão intitulado “Planejamento Colaborativo da Mobilidade Urbana”.

Entre as ações do Plano de Mobilidade se encontra a “realização de estudos de engenharia de tráfego que tornem o deslocamento do transporte coletivo mais efetivo, eficaz e eficiente”. De acordo com isso, a Prefeitura, concedora das práticas de Engenharia de Tráfego desenvolvidas pelos alunos do Curso de Engenharia de Transportes e Logística e dos trabalhos especializados na área realizados no LAMOT, solicitou o auxílio do Laboratório para o assessoramento técnico em matéria de Engenharia de Tráfego, entre outras necessidades vinculadas ao Plano de Mobilidade.

Dentre as prioridades estabelecidas pela Prefeitura nesses estudos de Engenharia de Tráfego foi definida em relação à interseção conhecida popularmente como “5 Esquinas”, a qual já tinha sido estudada de forma preliminar na disciplina de Engenharia de Tráfego II no semestre 2018/2 e cujos resultados foram comunicados à Prefeitura no âmbito da parceria

desenvolvida para a elaboração do Plano de Mobilidade. Assim, e o senhor Prefeito Municipal, Sr. Sérgio Ghignatti, solicitou, mediante o ofício GP nº 166/2019, de 25 de março de 2019, a realização de um “estudo de tráfego, visando soluções de conflitos de mobilidade na interseção conhecida como 5 esquinas, com a participação de acadêmicos da Universidade” (vide Anexo 1 do presente documento).

Portanto, o presente relatório apresenta os resultados do citado estudo, assim como propostas sugeridas ao Poder Municipal, responsável pela organização e atuação no trânsito nas ruas da cidade, para melhorar a mobilidade da interseção desde o ponto de vista da segurança, eficiência e sustentabilidade.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A interseção sobre a qual foi desenvolvido este relatório localiza-se na região central da cidade de Cachoeira do Sul, no interior do estado do Rio Grande do Sul. A cidade, de porte médio, é caracterizada pela elevada concentração de comércios e serviços na região central que atuam como polos geradores de tráfego.

2.1. Localização da área de estudo

A interseção de estudo, “5 Esquinas”, representa importante ligação viária entre as zonas norte e sul da cidade, além de servir como direcionador de tráfego a rodovias importantes como a BR-153, oferecendo conexão com a BR-290 e RS-287, e RS-403, de ligação com o resto do Estado. A Figura 1 mostra a situação da área de estudo.

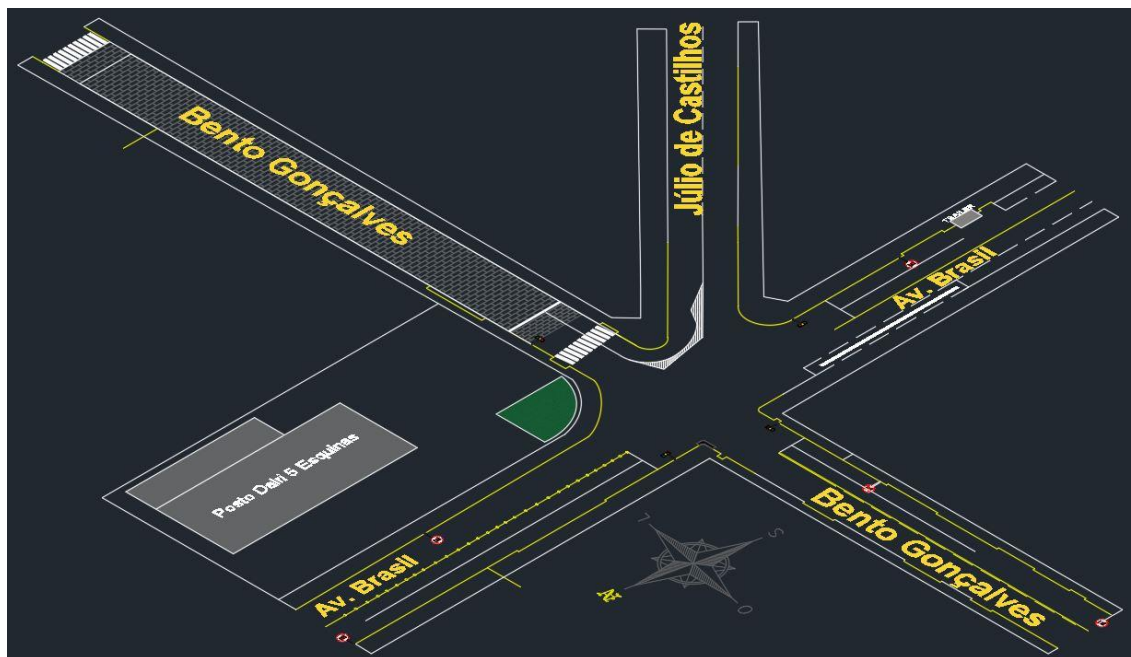
Figura 1 - Área de estudo. Fonte: os autores.



A interseção é composta pelas ruas Bento Gonçalves e Júlio de Castilhos e Avenida Brasil, conforme a Figura 2. As três vias em questão são de suma importância para os deslocamentos realizados pelos habitantes, tendo em vista a presença de diversos pontos

(comércios, supermercados, escolas e hotéis) de referência, linhas de ônibus e a possibilidade de ligação entre diferentes regiões da cidade. Destaca-se por representar importante ligação entre o eixo norte-sul. Na mesma interseção existe um posto de gasolina bastante frequentado.

Figura 2 - Disposição das vias da área de estudos. Fonte: os autores.



Este cruzamento é composto por 5 ramos (quantidade de vias que possibilitam a entrada e/ou saída dos veículos da interseção) e 4 aproximações (quantidade de vias que possibilitam a chegada dos veículos à interseção). Além disto, as 4 aproximações possibilitam a realização de todos os movimentos, sejam eles à esquerda, em frente ou à direita, resultando assim em 12 movimentos conflitantes entre automóveis e outros 5 causados pelas travessias de pedestres. Outra característica importante é a presença de uma faixa do tipo “siga livre” para conversões à esquerda na aproximação da rua Bento Gonçalves pelo Leste, além da presença de semáforos controlando o direito de passagem dos veículos. Compreende-se como faixa cada uma das porções da via que recebem as correntes de tráfego veicular.

A Av. Brasil representa um importante segmento comercial principalmente em sua porção asfaltada iniciando nas imediações desta interseção e com término nas proximidades do Hotel União, ponto de referência conhecido na cidade (em alusão a um prédio que abrigava um hotel com esse nome), localizado no cruzamento com a rua Alarico Ribeiro/RS-403. Após este ponto a via apresenta pavimento do tipo paralelepípedo até seu término na Avenida dos Imigrantes, a qual leva até a BR-153.

A rua Júlio de Castilhos ganha maior relevância quando consideramos que a sua continuidade, denominada rua Saldanha Marinho, representa uma importante via paralela à rua Sete de Setembro (apresentando sentido oposto), onde encontra-se o coração comercial de Cachoeira do Sul. Este eixo viário tem em suas margens diversos pontos comerciais e de serviços e termina na porção histórica da cidade, próximo ao Rio Jacuí, nas proximidades do Hospital de Caridade e Beneficência - HCB, principal hospital da Microrregião de Cachoeira do Sul.

Por sua vez, a Bento Gonçalves destaca-se por abrigar, próximo a interseção de estudo, a Escola Estadual de Educação Básica Borges de Medeiros, uma das principais escolas do município, que recebe grande quantidade de alunos procedentes tanto da área urbana quanto da área rural do município. Nesse ponto a via recebe considerável volume de veículos proveniente da rua David Barcelos, que por sua vez, é a continuidade física da rua Sete de Setembro. No sentido Oeste da interseção, a rua tem a presença da Estação Rodoviária de Cachoeira do Sul e, neste mesmo segmento da via chega-se ao encontro da Rua Marcelo Gama/BR-153, de extrema importância para a cidade e deslocamentos intermunicipais. Ademais, sua continuidade após o cruzamento com a Rua Marcelo Gama leva até as instalações da ULBRA Cachoeira do Sul, também um polo gerador de viagens destacado na cidade.

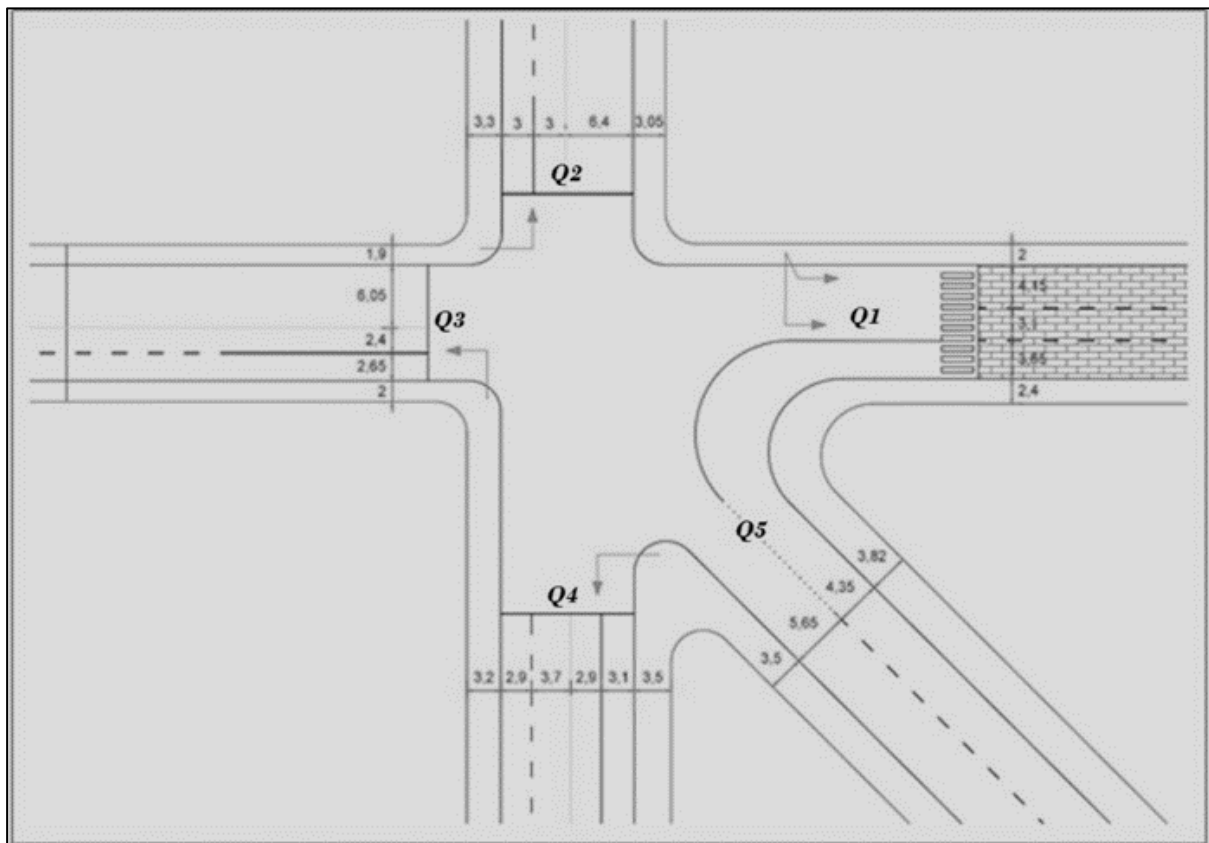
2.2. Sinalização e sentidos

A interseção em estudo possui dois ramos de mão simples e três de mão dupla, contando com semáforos em 4 dos 5 ramos, controlando a preferência de passagem dos veículos. Com o intuito de organizar o tráfego local os semáforos se localizam na Avenida Brasil e na Bento Gonçalves. Para melhor compreensão, estes serão nomeados de 1 a 4, onde o semáforo 1 apresenta o fluxo Q1 e assim por diante, conforme Figura 3. A indicação Q5, na rua Júlio de Castilhos, não representa a presença de um semáforo, mas sim o fluxo entrante neste ramo.

Entende-se por volume de veículos, também denominado de fluxo veicular, a quantidade de veículos que cruzam a interseção em um determinado tempo, normalmente expressa em veículos/h. O fluxo representa o conjunto de veículos da corrente de tráfego, formado por diferentes tipos:

- Veículos leves: carros de passeio, vans que abrigam menos de 9 passageiros e outros veículos com dois eixos simples;
- Motos: veículos de duas rodas motorizadas;
- Veículos pesados: caminhões e veículos com mais de dois eixos ou com mais de um par de rodas por eixo;
- Ônibus: veículos destinados ao transporte de pessoas com capacidade para mais de 9 passageiros;
- Bicicleta: veículos de duas rodas, sem motor.

Figura 3 - Disposição dos semáforos. Fonte: os autores.



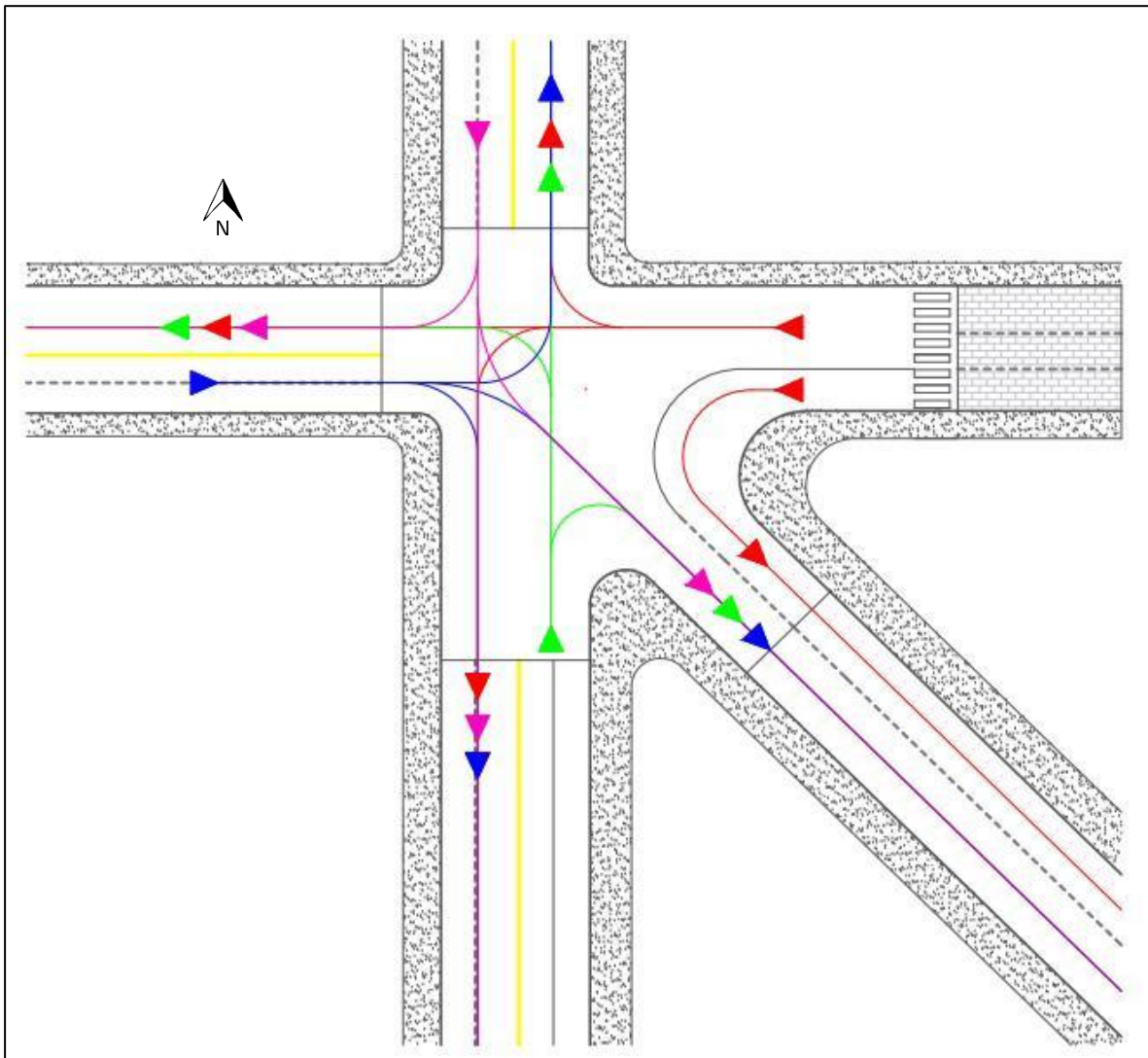
Com intuito de facilitar a análise dos dados, foi adotada uma unidade de medida única equivalente para todas as classes de veículo, padronizando assim os números entre diferentes fluxos. A unidade escolhida foi a ucp (unidade de carro de passeio). A equivalência de cada classe em ucp é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Equivalência de tráfego misto à UCP. Fonte: DNIT (2006).

| Classe | Leve | Moto | Pesado | Ônibus | Bicicleta |
|---------------------|------|------|--------|--------|-----------|
| Equivalência em ucp | 1,0 | 0,5 | 1,5 | 2,0 | 0,33 |

As quatro aproximações (vias de chegada à interseção) permitem, todas elas, três movimentos. Os movimentos à direita são representados pela indicação “qx1” (onde “q” é a porção do fluxo total Q do semáforo e “x” representa o semáforo concreto), da mesma forma que os movimentos em frente se denominam por “qx2”, assim como os movimentos à esquerda se representam como “qx2”. A Figura 4 representa esquematicamente todos as possibilidades de movimento, onde cada ponto de sobreposição das linhas representa um ponto conflitante da interseção.

Figura 4 - Representação dos movimentos permitidos. Fonte: os autores.



Dessa forma, a interseção conta com:

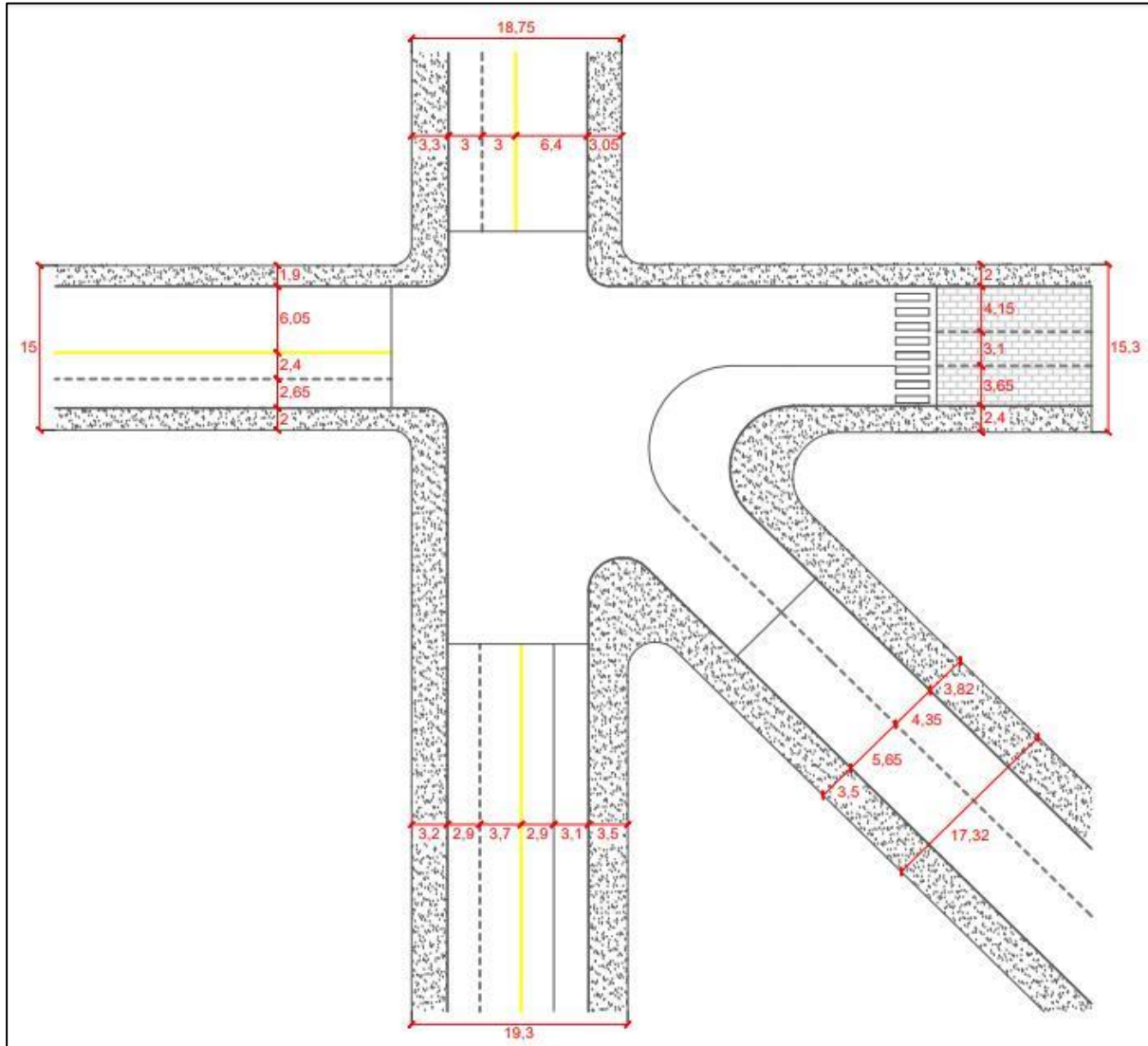
- O Semáforo 1, localizado na “porção leste” da Bento Gonçalves, tem-se na realidade dois dispositivos, um para a faixa da direita (Semáforo 1.1, para conversões à direita na Av. Brasil (q11)) e outro na faixa central (Semáforo 1.2, destinado a conversões para a esquerda na Av. Brasil (q13) e para quem segue reto na Bento Gonçalves (q12)). Nesta porção da via só é permitido tráfego no seu sentido oeste e conta ainda como uma terceira faixa à esquerda destinada ao “siga-livre” para quem acessa a Júlio de Castilhos (denominado q14). O Semáforo 1.1 abre simultaneamente com o 2, permanecendo aberto até o fechamento dele.
- O Semáforo 2 encontra-se na “porção Norte” da Av. Brasil e coordena quem está no sentido sul da via. Conta com duas faixas sob sua tutela, uma destinada a quem fará uma conversão à direita, adentrando na Bento Gonçalves (q21, representando as conversões à direita) e outra àqueles que seguem na Av. Brasil (q22, representando movimento à frente) ou tomam rumo à Júlio de Castilhos (q23, representando as conversões à esquerda).
- Localizado na “porção oeste” da Bento Gonçalves, encontra-se o Semáforo 3, que tem a função de controlar o fluxo que segue na direção Leste. Abrange duas faixas de trânsito, uma para àqueles veículos que convertem à esquerda (q33) na Av. Brasil e outra para os que viram à direita nessa mesma rua (q31) ou que rumam em direção a Júlio de Castilhos (q32), pois é permitido seguir na própria Bento Gonçalves.
- O Semáforo 4, situado na “porção sul” da Av. Brasil, compreende duas faixas de tráfego, uma destinada exclusivamente às conversões à direita (q41) para a rua Júlio de Castilhos, e outra para àqueles que tomam o sentido norte na Av. Brasil (q42) ou viram à esquerda na Bento Gonçalves (q43).

2.3. Dimensões físicas da interseção

Como pode ser observado na Figura 5, as faixas de tráfego que compõem as chegadas a interseção apresentam diferentes larguras. A maior largura de pista (onde pista é entendido como o conjunto das faixas, em ambos os sentidos) encontra-se na porção sul da Avenida Brasil, com 12,6 m, enquanto sua parte localizada ao Norte registra uma largura de 12,4 m. A Bento Gonçalves, por sua vez, possui em sua porção oeste uma largura de 11,1 m, enquanto

registra 10,91 m ao Leste da interseção, no segmento em que abriga a Escola Borges. A menor medida de pista é a da Júlio de Castilhos, com 10 m de largura.

Figura 5 - Representação das medidas pertinentes. Fonte: os autores.



2.4. Classificação das vias

As vias urbanas são classificadas, conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, em quatro tipos, sendo elas: vias de trânsito rápido, vias arteriais, vias coletoras e vias locais, possuindo as seguintes características:

- Vias de trânsito rápido: não possuem cruzamentos diretos, nem semáforos, nem travessias de pedestre em nível (diretamente sobre a pista de rolamento). Tem como velocidade máxima de circulação 80 km/h.

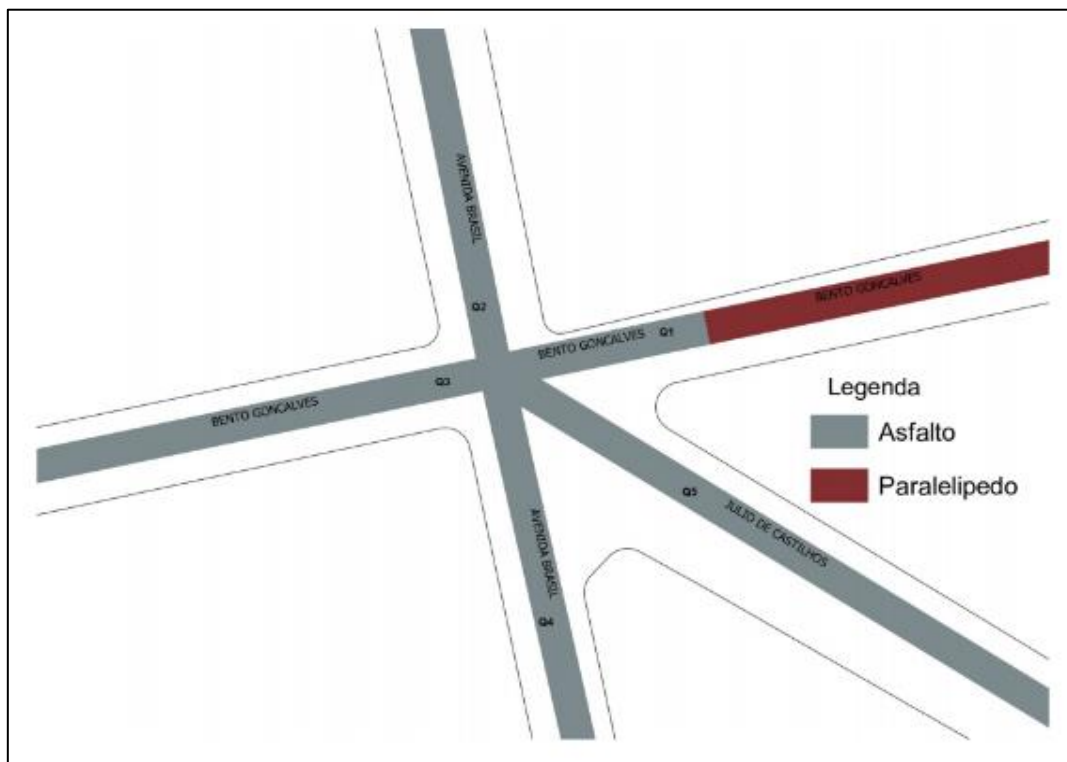
- Vias arteriais: ligam diferentes regiões de uma cidade com cruzamentos ou interseções geralmente controladas por semáforos. Tem como velocidade máxima de circulação 60 km/h.
- Vias coletoras: coletam e distribuem o trânsito dentro das regiões da cidade e dão acesso a vias de maior porte. Tem como velocidade máxima de circulação 40 km/h.
- Vias locais: vias de trânsito local, com cruzamentos geralmente sem semáforos. Tem como velocidade de circulação 30 km/h.

Portanto, todas as ruas da interseção são consideradas pela ordem hierárquica como coletoras, visto que possuem a função de destinar veículos na direção Bairro-Centro ou Centro-Bairro, bem como o limite de velocidade destas vias que são de 40 km/h.

2.5. Infraestrutura das vias

Quanto a estrutura física da interseção, apenas um dos ramos não apresenta pavimentação asfáltica, ocorrendo na aproximação da rua. Bento Gonçalves, partindo da Escola Borges de Medeiros. A formação do pavimento pode ser analisada na Figura 6.

Figura 6 - Tipo de pavimentação dos ramos da interseção. Fonte: os autores.



Além disso, todos os acessos, com exceção da rua de paralelepípedo, possuem demarcação da área de início da proibição de estacionamento no âmbito da interseção, sendo este um dos fatores que alteram os tempos da programação semafórica, conforme será observado nos cálculos do presente trabalho. A programação semafórica é referente ao ato de dimensionar os tempos de ciclo e de verde para os estágios considerados. Dentre outros fatores que afetam o bom funcionamento da ordem hierárquica das vias, respeito ao semáforo e pedestres, é a sinalização vertical e horizontal.

Há ainda linhas de retenção com baixa visibilidade, placas em que apresentam dubiedade ao motorista além de apresentarem problemas de conservação, semáforos com problemas de conservação onde as luzes não são emitidas em intensidade suficiente, canalizações realizadas com tachões (não aplicáveis para essa função) e sem conservação, ausência de faixas de pedestres nas aproximações e de sinalização adequada e segura para os transeuntes.

Também, no “siga-livre” (q14) de acesso a Júlio de Castilhos, a partir da Bento Gonçalves, observa-se uma limitação: o raio de giro da faixa destinada a este propósito é insuficiente para permitir a manobra de veículos de grande porte. O uso desta faixa por veículos pesados não é permitido, e assim encontra-se sinalizado mediante placa. Entretanto, muitos condutores desrespeitam tal restrição e chegam a Júlio de Castilhos por meio deste artifício, muitas vezes invadindo a faixa da direita nesta rua. Ainda neste ponto, a travessia dos pedestres na rua Júlio de Castilhos é dificultada pela falta de visibilidade para com os veículos que ingressam esta via pela Bento Gonçalves.

2.6. Sinalização semafórica

A sinalização semafórica tem por finalidade transmitir aos usuários a informação sobre o direito de passagem em interseções e/ou seções da via onde o espaço viário é disputado por dois ou mais movimentos conflitantes ou advertir sobre a presença de situações na via que possam comprometer a segurança dos usuários. Além disso, a sinalização semafórica pode ser subdividida em sinalização semafórica de regulamentação ou advertência, sendo que a primeira trata sobre o direito de passagem dos veículos enquanto o segundo adverte sobre a presença de obstáculos ou situações perigosas na via. A seguir serão abordadas algumas definições importantes para a perfeita compreensão da programação

semafórica, sendo estas definições retiradas do Manual de Sinalização Semafórica do DENATRAN.

2.6.1. Grupo focal

O semáforo, ou grupo focal, é o conjunto obtido pela montagem de um ou mais focos luminosos com suas faces voltadas para o sentido do movimento.

2.6.2. Tipos de movimentos

Os movimentos de veículos ou pedestres em uma interseção semaforizada podem ser classificados como:

- a) Conflitantes, são aqueles movimentos cuja origem dos veículos é diferente e suas trajetórias se interceptam ou convergem em algum ponto da área de conflito.
- b) Não conflitantes, são os movimentos que não se interceptam nem convergem em nenhum ponto da área de conflito.

2.6.3. Grupo de movimentos

É o conjunto de movimentos presentes em uma mesma aproximação que recebem simultaneamente o direito de passagem. Normalmente, agrupam-se movimentos não conflitantes em cada grupo, mas em função da representatividade de cada movimento e da programação semafórica realizada, é possível em determinados casos que existam em um mesmo grupo movimentos conflitantes.

2.6.4. Grupo semafórico

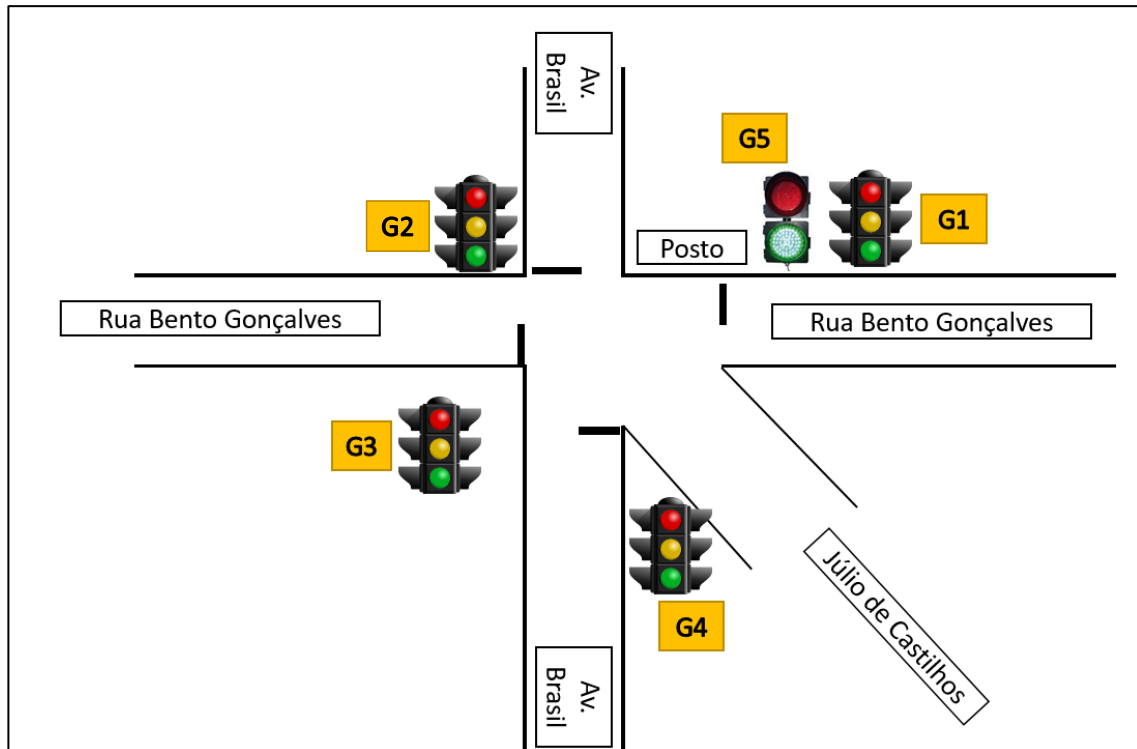
É o conjunto de semáforos (grupos focais) com indicações luminosas idênticas que controlam grupos de movimentos que recebem simultaneamente o direito de passagem. Na interseção de estudo, existem 5 grupos semafóricos, formados pelos 4 grupos focais de cada aproximação, além de um grupo específico junto ao Q1, denominado Q5 ou “seta verde”, que permite as conversões à direita dos veículos procedentes da rua Bento Gonçalves em direção da Avenida Brasil ao mesmo tempo que está aberto o grupo focal da aproximação Q2. A Figura 7 representa a situação dos cinco grupos semafóricos da interseção.

2.6.5. Tempo de verde

É o tempo utilizado para que os veículos de determinada aproximação atravessem a interseção, indicado pelo sinal luminoso verde. Para G1 o tempo de verde é de 24 s, para G2 é

de 40 s, para G3 é de 21 s, para G4 é de 22 s e para G5 (concomitante a G1) é também de 24 s.

Figura 7 – Representação dos grupos semafóricos da interseção. Fonte: os autores.



2.6.6. Tempo de amarelo

O tempo de amarelo é o tempo estritamente necessário para que um veículo consiga parar em condições de segurança na linha de retenção. Caso não o consiga o veículo deve manter a velocidade constante para cruzar a interseção. O tempo de amarelo pode ser determinado pela seguinte expressão

$$T_{am} = T_{pr} + \frac{v}{2 * (aad \pm 9,8 * i)}$$

Onde:

T_{am} é o tempo de amarelo, expresso em s;

T_{pr} é o tempo referente a percepção e reação do condutor, usualmente 1 s;

v indica a velocidade permitida na via;

aad é referente a taxa de frenagem em via plana, usualmente 3 m/s²;

i é a inclinação da referente via analisada, se o *greide* for ascendente se toma valores positivos e dor descendente tomará valores negativos.

Em todos os grupos semaforicos da interseção, os tempos de amarelo são de 2 s.

2.6.7. Tempo de vermelho geral

É o intervalo de tempo entre o final do amarelo e o início do verde do estágio seguinte, utilizado para a travessia do veículo que atravessou a interseção ao final do amarelo nos casos em que não houve tempo de frenagem em segurança. Para determina-lo aplica-se a expressão seguinte:

$$Tvg = \frac{C + D}{V}$$

Onde

Tvg é o tempo de vermelho geral, expresso em s;

C é o comprimento do veículo, usualmente utilizado 6 m;

D o comprimento entre a linha de retenção e o final do cruzamento da via;

v é referente a velocidade de operação da via.

Em todos os grupos semaforicos da interseção, os tempos de vermelho geral são de 2 s.

2.6.8. Estágio semaforico

O estágio semaforico é definido como o intervalo de tempo em que um ou mais grupos de movimentos recebem, simultaneamente, o direito de passagem, compreendendo o tempo de verde e o tempo de entreverdes seguinte (definido a seguir).

Na interseção “5 esquinas” existem 4 estágios semaforicos, denominados A, B, C e D, representados nas Figuras 8 a 11. Suas durações respectivas são 44 s, 28 s, 25 s e 26 s.

2.6.9. Tempo de entreverdes

É o intervalo de tempo compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente. Para semaforos veiculares este tempo é dado pelo tempo de amarelo somado ao tempo de vermelho geral. Para semaforo de pedestres, o entreverdes corresponde ao tempo de vermelho intermitente seguido de um tempo de vermelho geral.

Como na interseção de estudo não existem tempos exclusivos para pedestres, os tempos de entreverdes de cada estágio são de 4 s.

Figura 8 – Representação de movimentos permitidos no estágio semafórico A. Fonte: os autores.

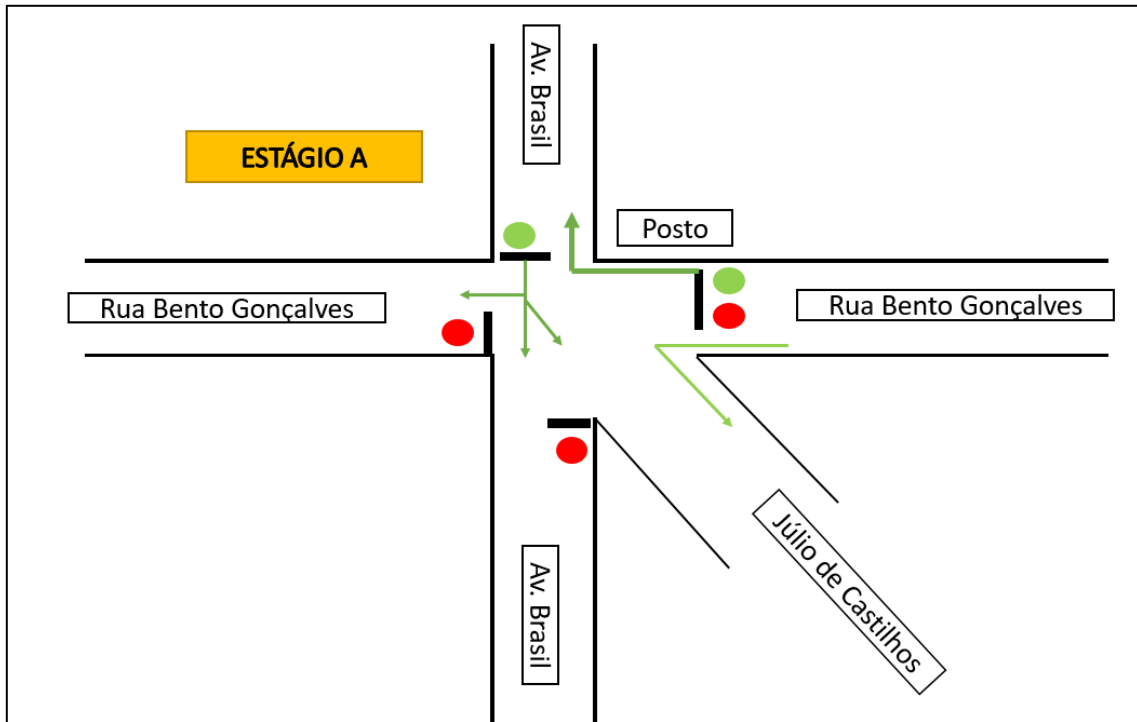


Figura 9 – Representação de movimentos permitidos no estágio semafórico B. Fonte: os autores.

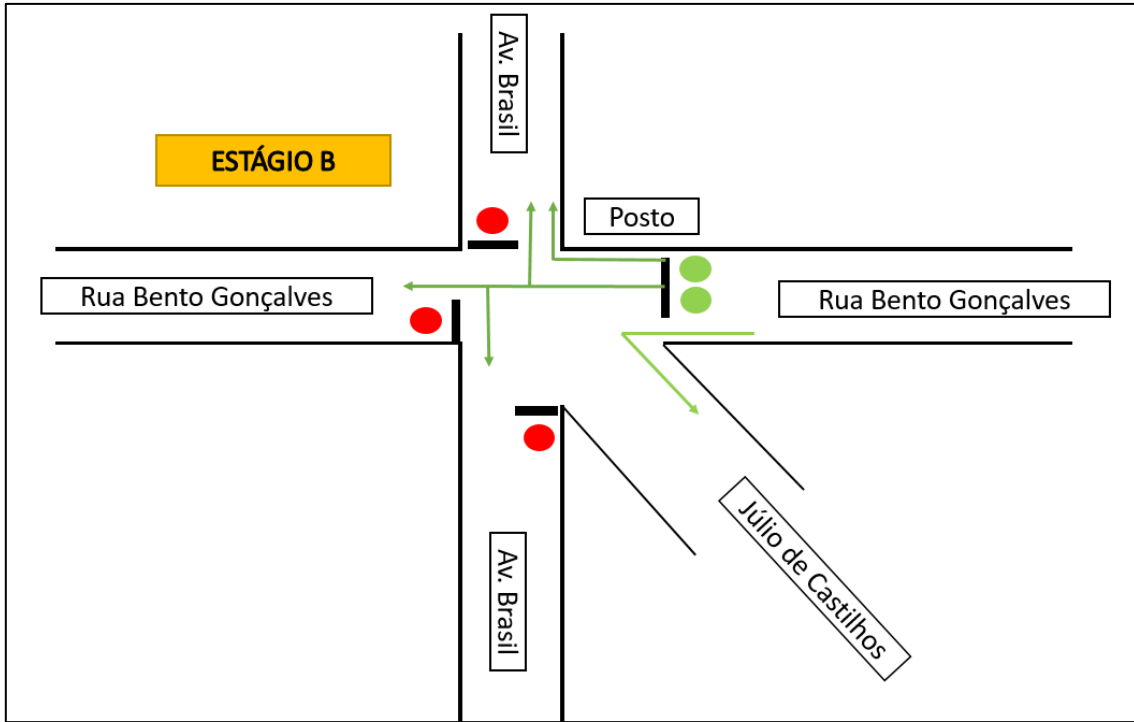


Figura 10 – Representação de movimentos permitidos no estágio semafórico C. Fonte: os autores.

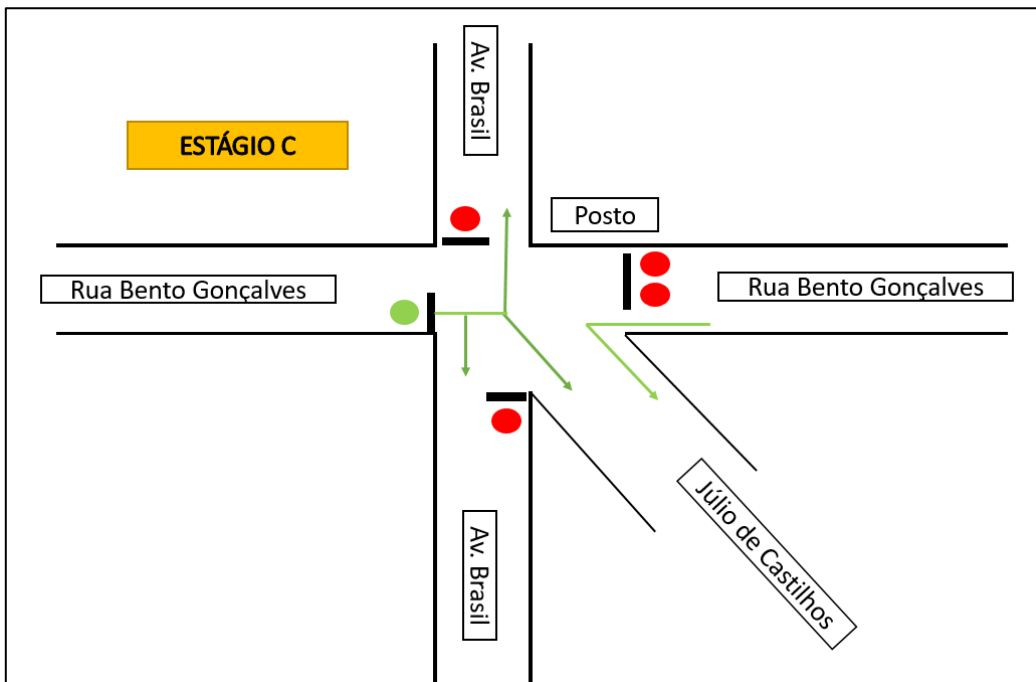
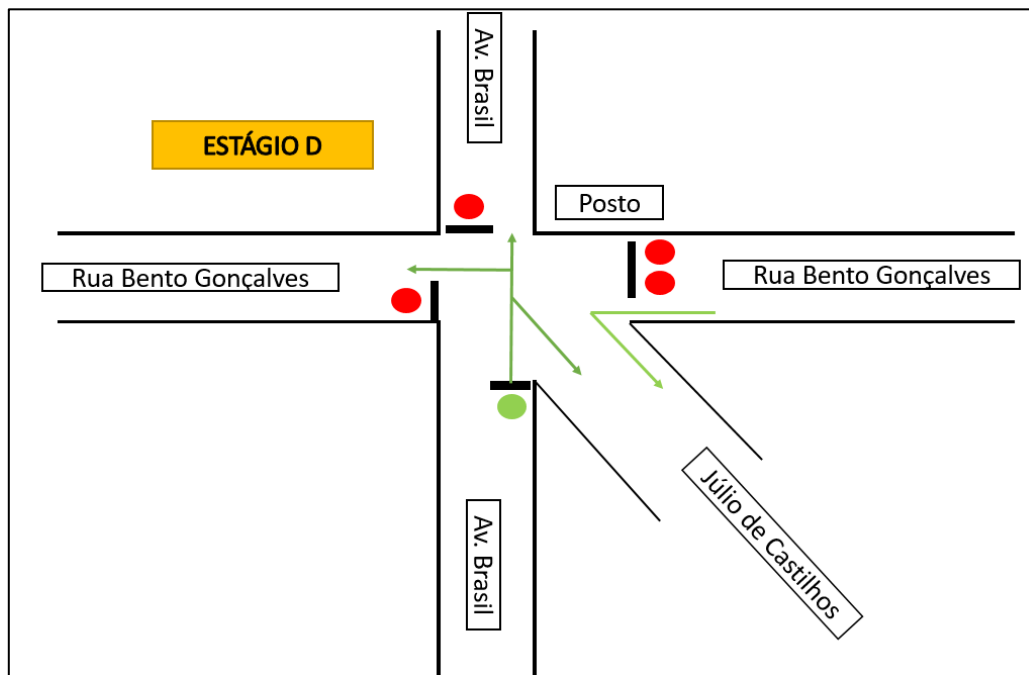


Figura 11 – Representação de movimentos permitidos no estágio semafórico D. Fonte: os autores.



2.6.10. Ciclo Semafórico

O ciclo é definido como a sequência completa dos estágios de uma sinalização semafórica. A duração do ciclo, denominado tempo de ciclo, em uma interseção é definido pela soma dos tempos de todos os estágios programados para o controle do tráfego no local.

De acordo com as durações dos estágios existentes, o ciclo semafórico presente na interseção é de 123 s, ou seja, 2 minutos e 3 segundos.

2.6.11. Diagrama de estágios

O diagrama de estágios é a representação gráfica da alocação dos movimentos que podem ser realizados em cada estágio do ciclo. O movimento de pedestres e ciclistas apenas deve ser representado no diagrama quando for sinalizado por grupos focais específicos a eles. As Figuras 12 a 15 demonstram esta representação para a interseção de estudo.

Figura 12 – Representação do diagrama do estágio A atual da interseção. Fonte: os autores.

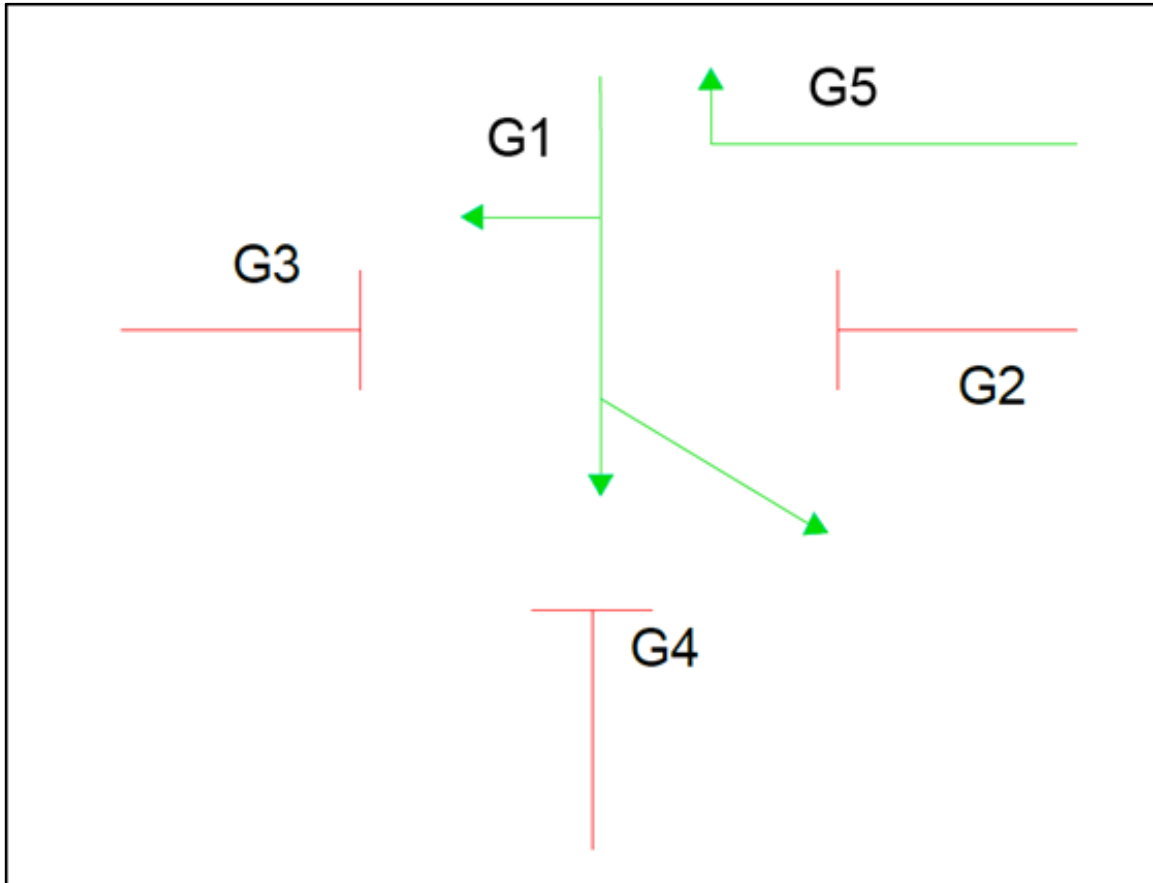


Figura 13 – Representação do diagrama do estágio B atual da interseção. Fonte: os autores.

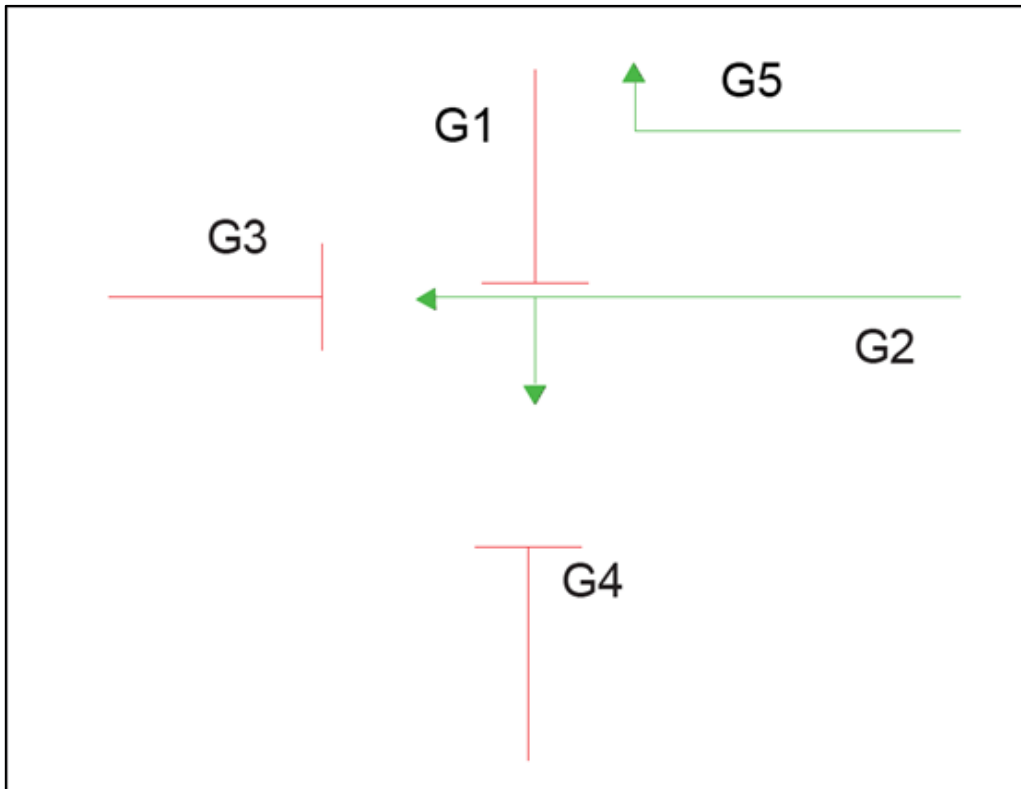


Figura 14 – Representação do diagrama do estágio C atual da interseção. Fonte: os autores.

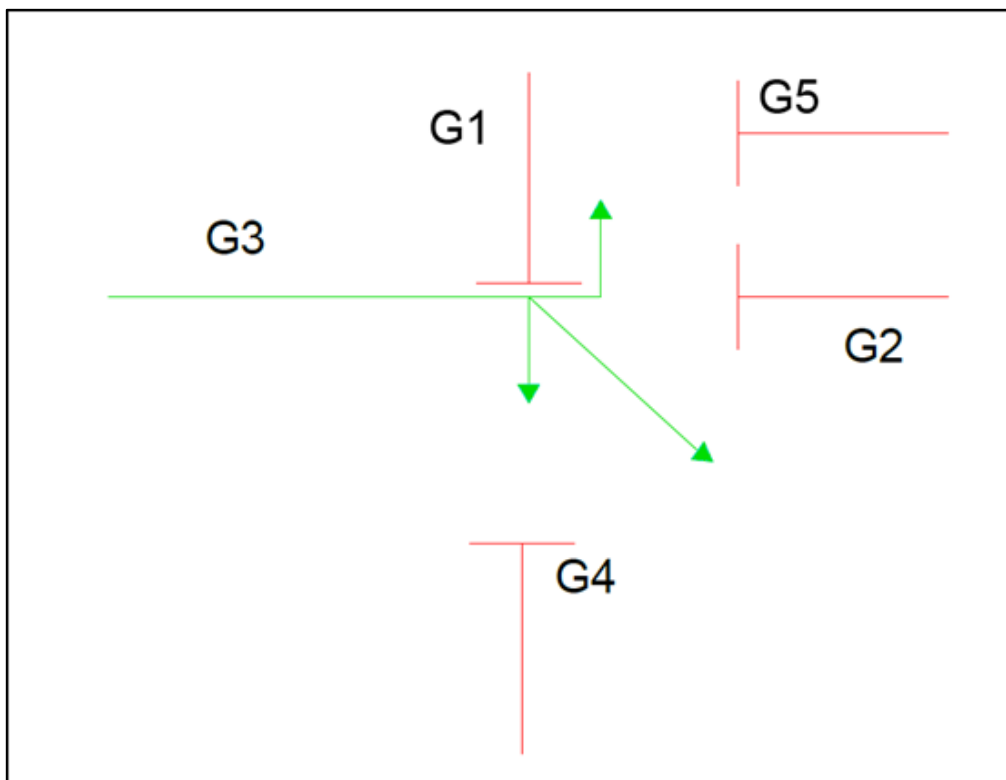
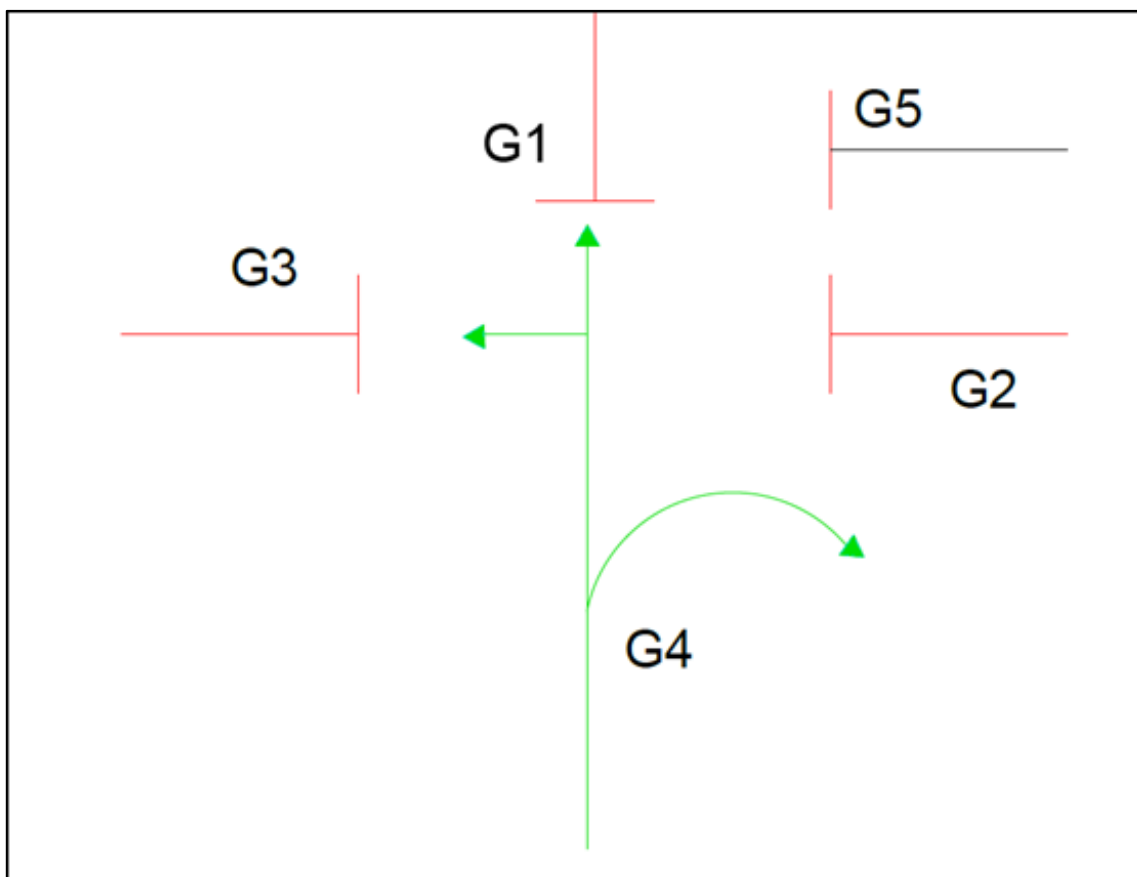


Figura 15 – Representação do diagrama do estágio D atual da interseção. Fonte: os autores.



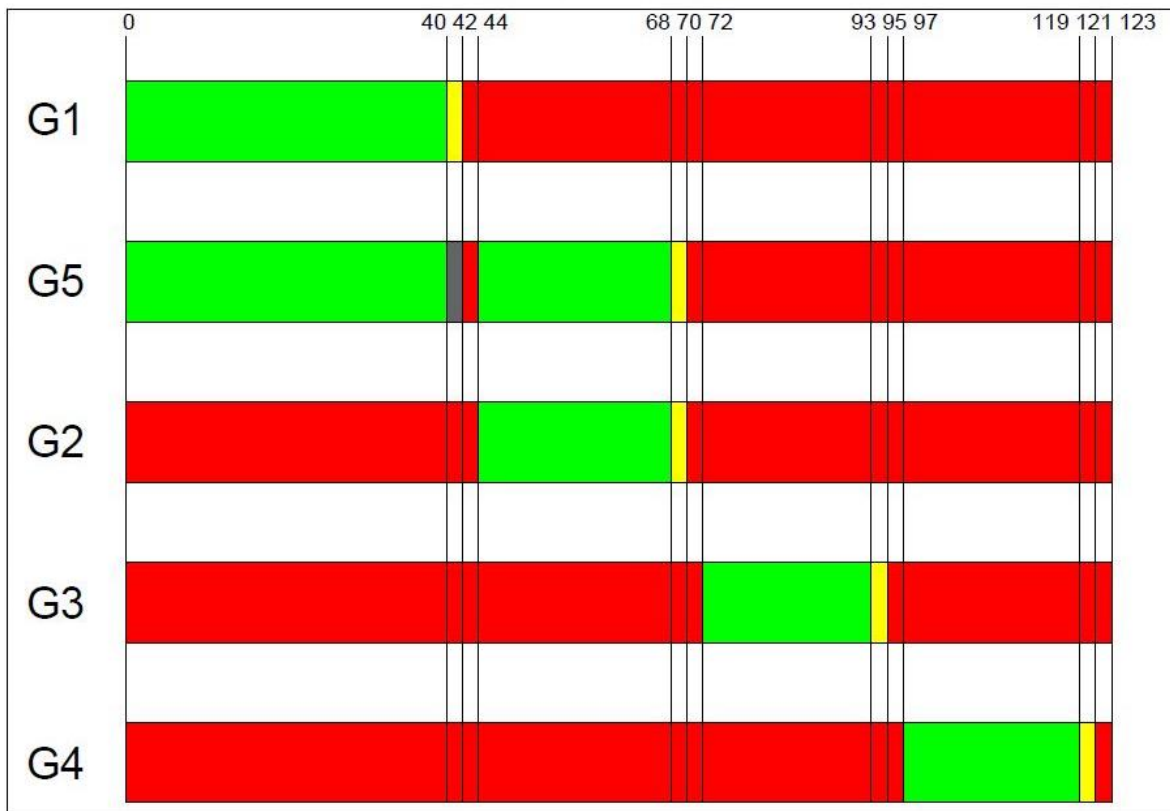
2.6.12. Diagrama de barras

Consiste na representação da duração e sequência dos intervalos luminosos e estágios por meio de barras horizontais, associando-os aos grupos semafóricos correspondentes. A Figura 16 demonstra o diagrama de barras da programação semafórica atual, de acordo com os diagramas de estágios ilustrados anteriormente.

2.6.13. Estágio de pedestres

Os pedestres são, segundo as leis de trânsito e as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, a prioridade no tráfego. Assim, conforme os critérios de implementação semafórica indicadas na seção 3.3 do presente relatório, se justificada a implementação de um semáforo devido aos pedestres, é obrigatório adicionar um estágio próprio a eles. Atualmente, a interseção de estudo não apresenta estágio específico para pedestres.

Figura 16 – Representação do diagrama de barras da programação semafórica atual da interseção. Fonte: os autores.



Com base nisso, deve-se destinar um tempo específico e suficiente para que, na velocidade padrão de caminhada normal do pedestre, o pedestre possa concluir a travessia com conforto e segurança. O Manual de Sinalização Semafórica indica como tempo mínimo 4 s de verde além do tempo de vermelho intermitente ou piscante ($T_{vermpisc}$), calculado a partir da expressão seguinte:

$$T_{vermpisc} = \frac{L}{V_p} + 1 s$$

Onde:

L indica a distância a ser atravessada;

V_p a velocidade média do pedestre (1,2m/s para adultos e 0,9m/s para idosos).

Por fim, em interseções semaforizadas, caso exista um estágio para pedestres, deve ser acrescido 1 s ao tempo de vermelho geral do estágio subsequente.

2.6.14. Tempo perdido

O tempo perdido (T_p) de um ciclo consiste nos períodos em que não são utilizados para a passagem de veículos. Segundo o manual do DENATRAN, a base de cálculo para dimensionamento de tempos de travessia de pedestres na interseção é uma fração do tempo perdido, uma vez que os mesmos necessitam de um tempo exclusivo para travessia sem que haja a circulação de automóveis no mesmo ramo.

Assim, o tempo perdido é dado pelo somatório do tempo de estágio de pedestres, caso exista, dos tempos de entreverdes além dos tempos perdidos iniciais e finais de cada estágio. A expressão que representa o tempo perdido é a seguinte:

$$T_p = T_{pedestre} + \sum T_{ent} \sum T_{pin} \sum T_{pfn}$$

2.6.15. Fluxo de saturação.

Fluxo de Saturação (FS) é o número máximo de veículos que poderia passar em uma aproximação controlada por sinalização semafórica no caso dessa aproximação receber verde durante uma hora inteira. Por tanto, costuma se expressar em veíc/htv ou em ucp/htv (htv= hora de tempo de verde).

Na seção 3.5 do presente relatório será abordado o método de cálculo dos fluxos de saturação da interseção de estudo.

2.6.16. Taxa de ocupação

É a razão entre os fluxos, total e de saturação, de uma determinada interseção representando a utilização desta quanto está tempo de verde. Nas situações onde duas ou mais aproximações apresentarem movimentos em um mesmo estágio deve-se utilizar a taxa de ocupação crítica, ou seja, o maior valor entre as taxas de ocupação. Este valor é determinado pela equação

$$Y = \frac{q}{FS}$$

Onde

Y é a taxa de ocupação;

q é o fluxo veicular da aproximação, em veíc/h ou ucp/h;

FS é o fluxo de saturação da aproximação, em veíc/htv ou ucp/htv.

2.5.16 Tipos semafóricos

Os tipos semafóricos podem ser divididos em dois subgrupos que são:

- a) Isolados, atuam independentes de outros semáforos.
- b) Coordenados, pertencem a uma rede de semáforos, são programados para resultarem na melhor fluidez da via principal. Ainda, dentro desse tipo existem várias estratégias de controle disponíveis.

Todos os grupos semafóricos da cidade de Cachoeira do Sul são do tipo isolado, pois não existe coordenação entre diferentes interseções ou vias.

3. METODOLOGIA DE ESTUDO

As metodologias para coleta de dados empregados para a realização deste relatório possuem embasamento técnico científico, estando eles descritos no Manual de Estudos de Tráfego publicado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes – DNIT no ano de 2006, assim como no Manual de Semáforos do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN de 1984 e no Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica, publicado pelo DENATRAN em 2014. Aplicaram-se metodologias para a coleta de dados referente ao fluxo de veículos e pedestres, para medição da velocidade dos veículos e para programação semafórica.

3.1. Contagem de tráfego

Os dados de campo necessários para a realização deste relatório são as de contagem volumétrica classificatória, que tem por objetivo determinar a quantidade de fluxo (Q) e o tipo de veículos que passam para a interseção além da sua direção. Segundo o Manual de Estudos de Tráfego, estes dados são utilizados análises de capacidade, de congestionamentos, para dimensionamento de pavimentos e projetos de canalização e melhoria do tráfego.

Para tal, utilizou-se o método de Contagem Volumétrica Classificatória com Movimentos de Virada, realizado de forma manual. Este levantamento de dados é realizado por pesquisadores alocados em cada uma das aproximações da interseção portando planilhas para a realização das contagens veiculares, fazendo a separação pelos diferentes movimentos permitidos pelas aproximações (à esquerda, em frente ou à direita) e ainda pelo tipo de veículo (veículos leves, motos, ônibus, caminhões e bicicletas).

As contagens são, normalmente, realizadas de 5 em 5 minutos, porém, por se tratar de uma interseção semaforizada, determinou-se que as contagens seriam realizadas a cada tempo de ciclo (tempo desde a abertura do semáforo até sua reabertura, partindo pelo semáforo G2) para evitar possíveis erros durante a contagem. Além disso, o semáforo presente em Q1 apresenta 2 estágios, um permitindo somente conversões à direita (Seta verde – G5) e outro permitindo todos os movimentos (geral – G1), para isso houve a necessidade de modificar a planilha a fim de atender estas peculiaridades. Os modelos das planilhas utilizadas encontram-se no Anexo 2 deste relatório.

Com base nas variações de fluxo horário durante o dia e durante a semana, conforme consta no Manual de Estudos de Tráfego, representado pelas Figuras 17 e 18, determinou-se

que as contagens ocorreriam das 7 AM às 7 PM, visto que neste período são esperados aproximadamente 70% do volume diário. Por outro lado, definiu-se que as contagens seriam realizadas em uma terça-feira (representando o fluxo médio de terça, quarta e quinta), sexta-feira (equivalente a segunda e sexta) e sábado (representativo de sábado e domingo).

Figura 17 - Variação do tráfego ao longo do dia. Fonte: DNIT (2006)

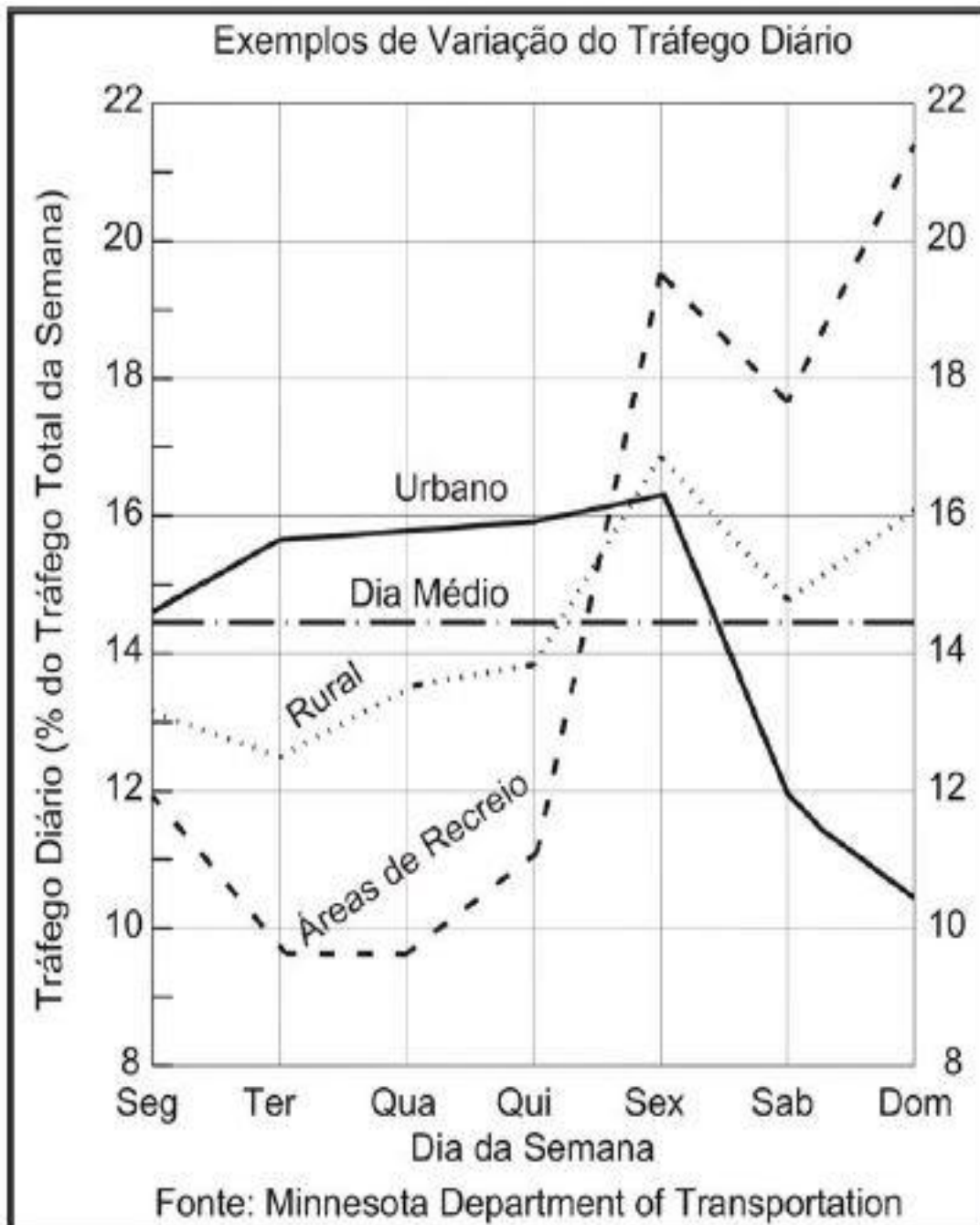
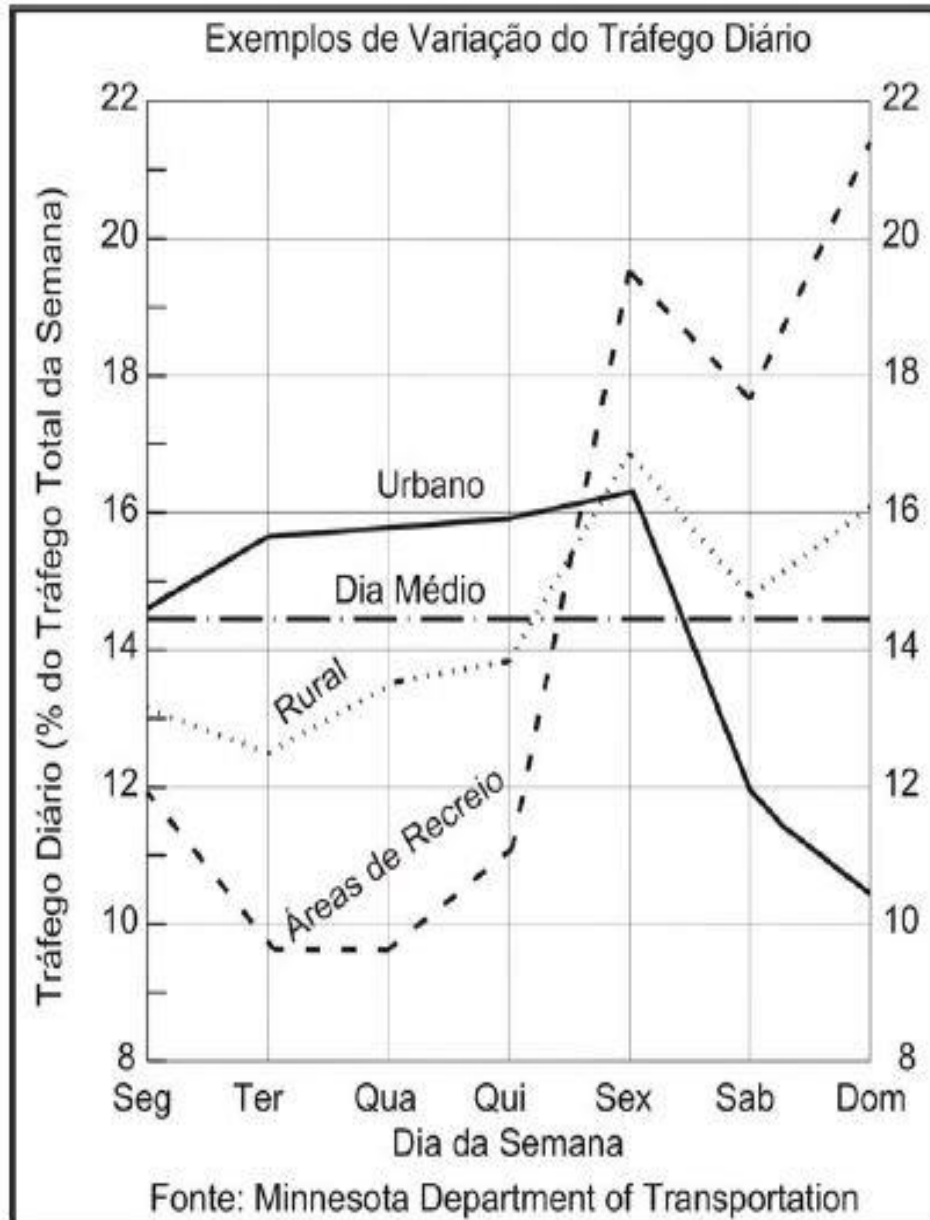


Figura 18 - Variação do tráfego ao longo da semana. Fonte: DNIT (2006).



Além das definições de dia e horário de contagem foi necessário estabelecer períodos em que cada grupo realizaria a contagem, visto que permanecer um único grupo contando, de forma ininterrupta, as 12 horas acabaria gerando erros de contagem e desconforto aos pesquisadores. Assim, definiu-se períodos de 2 horas para cada grupo, totalizando ao longo dos 3 dias 18 períodos de contagem, de 2 horas cada.

Para a coleta de dados foram envolvidas aproximadamente 100 pessoas, sendo 18 líderes (1 para cada período de 2 horas) e mais 6 voluntários por período. Neste ponto ocorreu

a participação de alunos de diversos cursos da Universidade Federal de Santa Maria além da cooperação de militares do 3º Batalhão de Engenharia de Combate de Cachoeira do Sul (Figura 19).

Figura 19 – Grupo responsável pela contagem de um dos períodos. Fonte: os autores.



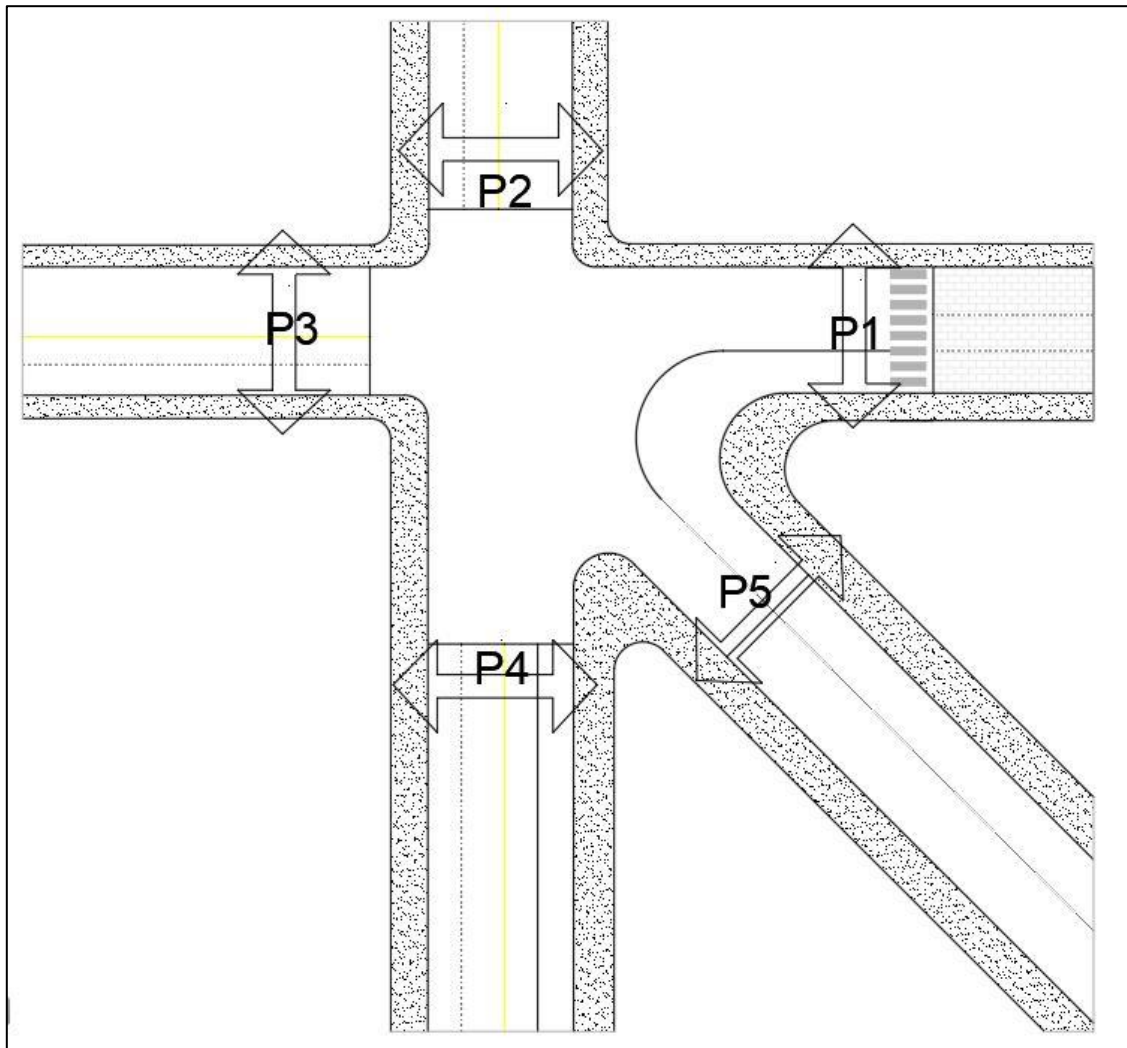
Para obtenção dos dados com maior nível de confiança foram feitos treinamentos anteriores às coletas *in loco*. Isto foi necessário dado que alguns dos alunos e militares nunca haviam participado de atividades nestes moldes (Figura 20).

Figura 20 – Treinamento dos militares para a coleta de dados. Fonte: os autores.



Além da contagem do fluxo de veículos ocorreu também a contagem dos pedestres, nos mesmos dias e períodos em que se contaram os veículos, mediante uma planilha específica. Os fluxos de pedestres foram contabilizados nas travessias dos ramos, sem diferenciar a direção dos mesmos, e foram denominados P1 a P5 de acordo com os mesmos critérios de numeração utilizados para os fluxos veiculares (Figura 21).

Figura 21 – Fluxos de pedestres. Fonte: os autores.



3.2. Medição de velocidade

Além das contagens de tráfego para determinar os fluxos de veículos, foi realizada uma pesquisa sobre as velocidades dos mesmos na interseção. Tal pesquisa estimava as velocidades médias dos veículos na chegada a interseção em cada direção de cada ramo utilizando o método das bases longas, um dos métodos de coleta de velocidades presentes no Manual de Estudos de Tráfego (2006) e que apresentou uma melhor adaptabilidade ao

trabalho desenvolvido com os recursos disponíveis. Este método consiste na demarcação de uma “base” (no sentido de distância), no trecho no qual se deseja realizar a análise, para que os pesquisadores, posicionados no início e fim deste trecho, com a utilização de cronômetros obtenham o tempo médio para a passagem do veículo (Figura 22).

Figura 22 – Pesquisadores na medição de velocidade. Fonte: os autores.



Desta forma é possível determinar a velocidade pontual dos veículos a partir da equação da física básica:

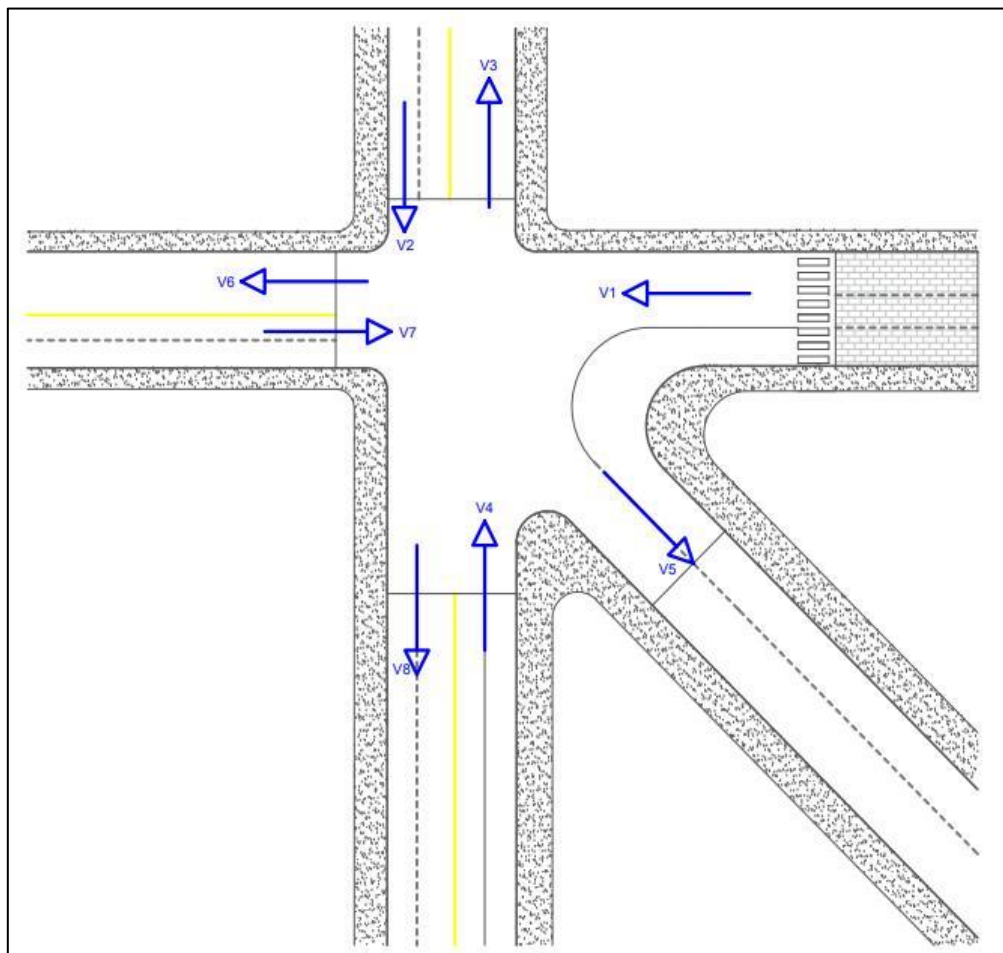
$$V = \frac{d}{t}$$

onde a velocidade (V) é dada pela divisão da distância (d) referente ao comprimento da base pelo tempo (t) de passagem do veículo. A velocidade resultante é dada em m/s pode ser transformada em km/h multiplicando por 3,6.

Desta forma, definindo-se uma base de 50 metros, onde dois pesquisadores, um em cada ponta do percurso, cronometravam os tempos que determinados veículos demoravam para percorrer essa distância. O tempo de contagem se iniciava quando o pesquisador 1 dava um sinal com o braço e finalizava quando o pesquisador 2 fazia o mesmo. Sendo assim, com a distância e o tempo, calculou-se a média dos tempos determinadas pelos dois pesquisadores (Figura 23), a fim de se reduzir o erro associado. Para essa pesquisa de velocidade foram

selecionadas quantidades representativas de cada tipo de veículo com base na análise do fluxo circulante.

Figura 23 – Velocidades medidas na interseção. Fonte: os autores.



3.3. Critérios para enquadramento de interseções

O Manual de Projeto de Interseções do DNIT trata dos projetos de interseções viárias, onde são necessários o controle dos conflitos de tráfego de forma que os usuários não sejam surpreendidos ao chegarem na interseção. A fim de que o motorista saiba as ações a tomar nestas situações os projetos devem seguir normas. As normas válidas para o manual são as Normas Suecas (Vägutformning 94), publicadas em 2002 e referenciada pelo Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), que orientam os projetistas por meio de fórmulas, gráficos e recomendações quais os tipos de solução a adotar.

Nestas normas as interseções são divididas em sete grupos, nomeados de A à G. Levando em consideração as condições de trânsito nas rodovias de menor porte, estes grupos

são agrupados em Interseções Menores, sendo elas A, B, C e G e as Interseções Maiores como D, E e F. Estas classificações levam em conta desde uma interseção do tipo mínima, sem controle algum sobre o tráfego até a indicação da necessidade de uma interseção em desnível.

3.3.1. Roteiro para escolha do tipo de interseção

Como forma de simplificar a escolha do tipo da interseção o Manual de Projeto de Interseções do DNIT traz quatro gráficos a serem analisados para verificar quais as necessidades da interseção. Este método leva em conta as recomendações das normas suecas e classificam a interseção como:

Tipo 1 – Interseção sem ilha divisória.

Tipo 2 – Interseção com Ilha do Tipo Gota na via secundária.

Tipo 3 – Interseção com faixa separada para o tráfego com giro à direita.

Tipo 4 – Interseção com faixa separada para tráfego com giro à esquerda.

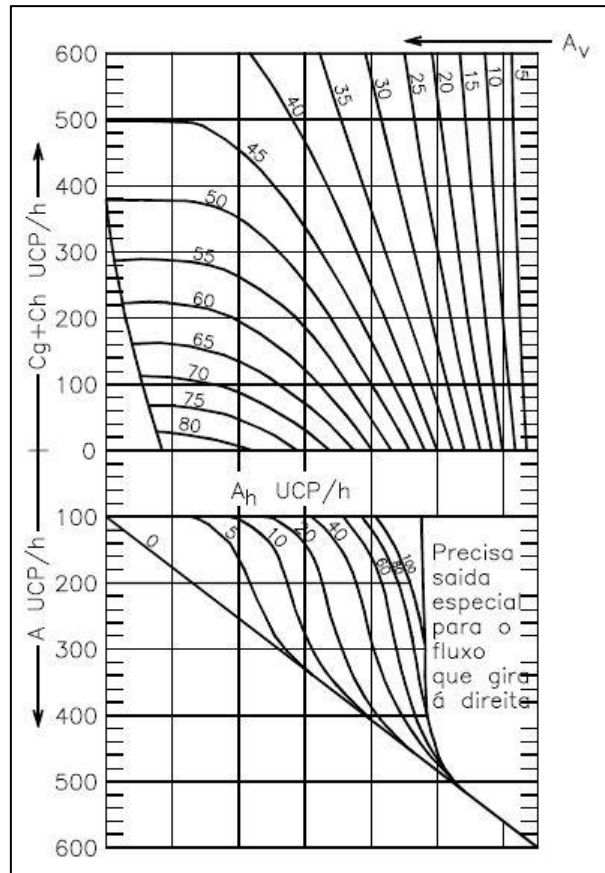
Tipo 5 – Interseção com separação de pontos de conflito.

Tipo 6 – Rotatória.

Tipo 7 – Interseção em níveis diferentes.

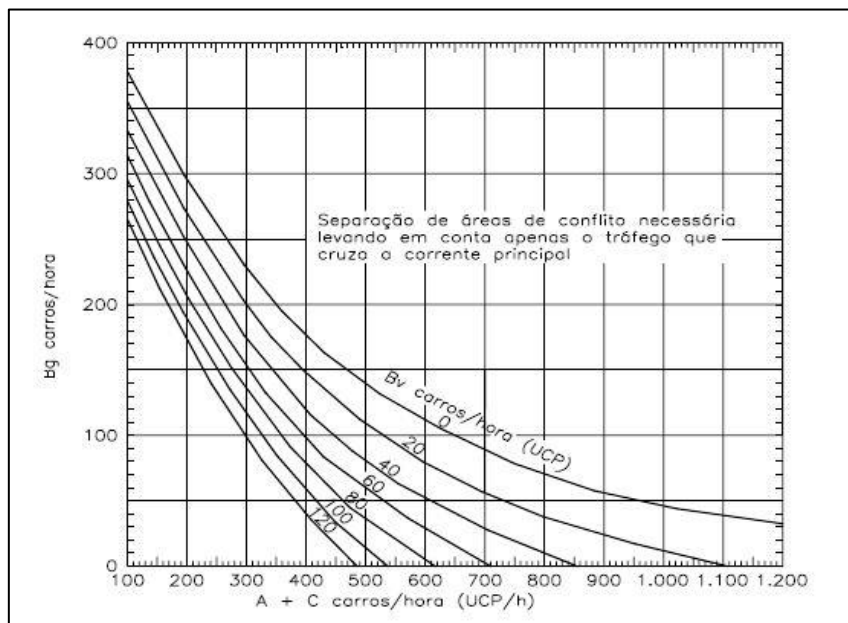
De posse dos dados de fluxo, proveniente da base dos estudos de tráfego é possível determinar alguns dados que serão necessários para as Etapas das Normas Suecas, sendo necessário principalmente fazer a definição das vias principal e secundária além das quantidades de veículos por aproximação que realizam cada um dos movimentos conforme a Figura 24, onde A representa o fluxo total da via principal enquanto C é o fluxo total da via secundária os fluxos que seguem na direção à direita são Ah, Bh, Ch e Dh, os que seguem em frente Ag, Bg, Cg e Dg enquanto que os fluxos à esquerda são denominados como Av, Bv, Cv e Dv. Estes dados serão fundamentais para aplicação das 4 etapas descritas a seguir, que devem ser conferidas na sequência para, no final do processo, definir o tipo de interseção mais adequado para o cruzamento estudado.

Figura 26 – Gráfico para etapa B de aplicação das Normas Suecas. Fonte: DNIT (2006).



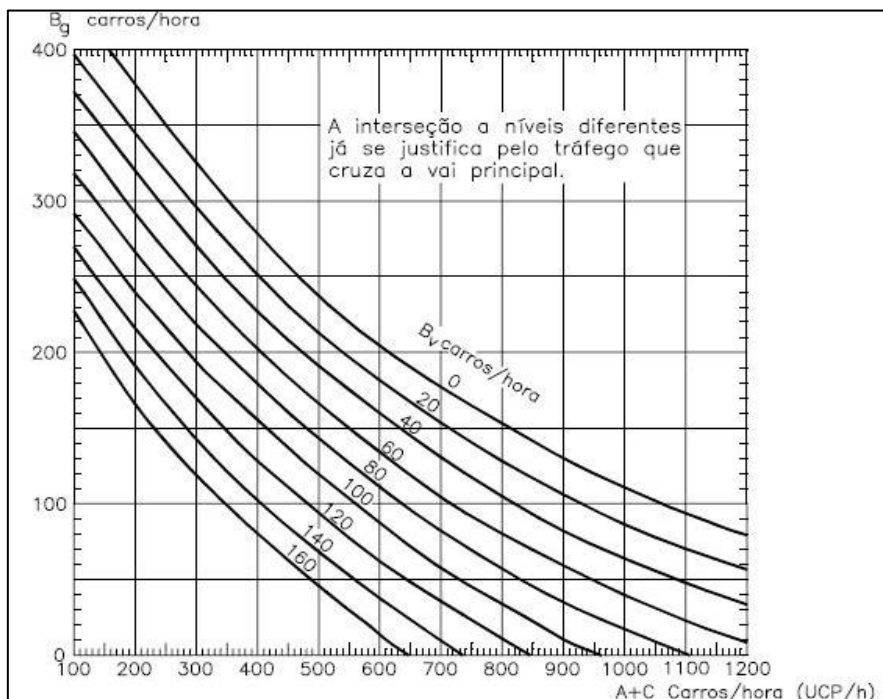
Etapa C – Verificação da necessidade de separação de pontos de conflito. Para isto, analisa-se a Figura 27 e, em caso afirmativo, passa-se a etapa D.

Figura 27 – Gráfico para etapa C de aplicação das Normas Suecas. Fonte: DNIT (2006).



Etapa D – Verificação da necessidade de níveis diferentes. É analisado a partir da Figura 28.

Figura 28 – Gráfico para etapa D de aplicação das Normas Suecas. Fonte: DNIT (2006).



3.4. Critérios para implantação de semáforos

De acordo com o Manual de Sinalização Semafórica do DENATRAN, os seguintes critérios podem ser utilizados como parâmetros para verificar a necessidade ou conveniência de instalação de semáforos:

3.4.1. Volumes veiculares mínimos em todas as aproximações da interseção

Quando houver volumes equivalentes médios correspondentes às 8 horas de maior volume da interseção maiores que os especificados na Tabela 2:

Tabela 2 - Volumes médios horários em oito horas. Fonte: DENATRAN (1984)

| Nº de faixas de tráfego por aproximação | | Veículos por hora na preferencial, nos dois sentidos | Veículos por hora na secundária na aproximação mais pesada |
|---|------------|--|--|
| Preferencial | Secundária | | |
| 1 | 1 | 500 | 150 |
| 2 ou mais | 1 | 600 | 150 |
| 2 ou mais | 2 ou mais | 600 | 200 |
| 1 | 2 ou mais | 500 | 200 |

3.4.2. Interrupção do tráfego contínuo:

Quando a via principal possui um volume muito superior ao da via secundária é interessante a utilização de semáforo na interseção devido ao fato do volume da via secundária ter dificuldade de atravessar ou se incorporar ao da via principal. Com base justifica a implantação do semáforo se os volumes equivalentes mínimos são maiores que os especificados no Tabela 3:

Tabela 3 - Volumes mínimos na interseção para interrupção do tráfego contínuo. Fonte: DENATRAN (1984).

| No de faixas de tráfego por aproximação | | Veículos por hora na preferencial nos dois sentidos | Veículos por hora na secundária na aproximação mais pesada |
|---|------------|---|--|
| Preferencial | Secundária | | |
| 1 | 1 | 750 | 75 |
| 2 ou mais | 1 | 900 | 75 |
| 2 ou mais | 2 ou mais | 900 | 100 |
| 1 | 2 ou mais | 750 | 100 |

3.4.3. Volumes conflitantes em interseções de cinco ou mais aproximações

Quando uma interseção com cinco ou mais aproximações tiver volume equivalente ao total de no mínimo de 800veic/h a implantação é justificada desde que não seja possível transformar a interseção em outra com quatro ou menos aproximações.

3.4.4. Pedestres

Quando há um grande fluxo de pedestres pode ser necessária a implantação de um semáforo, este critério é subdividido em dois que se encontram abaixo.

3.4.4.1. Conflito pedestres × veículos

A implantação é justificada quando atingir os seguintes valores mínimos:

- a) O volume de pedestres que atravessam a via principal em ambos os sentidos for de 250pedestres/h;
- b) O volume veicular for de 600veic/h (nos dois sentidos) em vias de mão dupla quando o canteiro central for inferior à 1m ou o mesmo não existir;
- c) O volume veicular for de 1000veic/h (nos dois sentidos) em vias de mão dupla quando o canteiro central for de no mínimo 1m.

3.4.4.2. Tempo de espera para atravessar a via principal

O critério analisa o tempo necessário para que os pedestres consigam atravessar a via principal com segurança. Ele é obtido através do produto

$$\lambda = d \cdot q_p$$

Onde:

d é o tempo de espera estimado;

q_p é o fluxo de pedestres da via mais carregada em (pedestres/h).

O valor d pode ser obtido através das seguintes equações respectivamente:

$$d = \frac{e^{qTp}}{a} - \frac{1}{a} - Tp$$

Onde:

q é o fluxo da via mais carregada em ucp/s;

Tp é o tempo de travessia de pedestres que pode ser calculado por:

$$Tp = \frac{L}{Vp} + \delta$$

Onde:

L indica a distância a ser atravessada;

Vp a velocidade média do pedestre (1,2m/s para adultos e 0,9m/s para idosos);

δ fator empírico, a definir por:

- 3s para travessias com no máximo 8m e baixas velocidades;
- 5s para travessias superiores a 8m ou altas velocidades;
- 7s para travessias superiores a 8m e altas velocidades.

Quando $\lambda > 4750$ pedestres \cdot s/h a implantação é justificada.

3.4.5. Índice de acidentes

Quando os acidentes registrados na interseção são corrigíveis pelo semáforo, todas as tentativas para diminuí-los através de soluções mais baratas não surtiram efeito e ocorrer um mínimo de cinco acidentes com vítimas por ano então é justificado a implantação do semáforo.

3.4.6. Melhoria do sistema progressivo

Se uma rede viária possuir coordenação semafórica justifica-se a implantação se essa contribuir para o ajuste da velocidade de progressão, ou para uma melhor formação de pelotões, possibilitando a “Onda verde”.

3.4.7. Controle de áreas congestionadas

Em certas áreas quando há congestionamento constante ou inevitável por outros meios, é justificada a implantação quando verificar-se que há entrelaçamentos (manobras de convergência seguida por uma de divergência) complexos ou em aproximações com filas que bloqueiam a interseção anterior (coloca-se o semáforo nessa última).

3.4.8. Combinação de critérios

Quando nenhum critério dos anteriores se verifica em sua totalidade, a implantação pode ser justificada se:

- a) quando dois dos cinco primeiros critérios forem observados em, no mínimo 80%;
- b) quando três dos cinco primeiros critérios forem observados em, no mínimo 70%.

3.4.9. Situações locais específicas

O semáforo pode ser implantado em situações especiais, desde que justificado pelo técnico, como por exemplo, a existência de uma escola.

3.5. Medição do fluxo de saturação dos semáforos

O fluxo de saturação representa o número máximo possível de veículos que poderiam passar por uma aproximação controlada por semáforo caso a indicação verde permanecesse acesa por uma hora contínua. O Manual de Estudos de Tráfego cita os métodos do HCM – *Highway Capacity Manual*, do Histograma do *Road Note 34*, e de *Webster* para o cálculo dos fluxos de saturação.

O método do HCM utiliza de dados referente aos tempos de passagem dos veículos pela faixa de retenção a partir da abertura do sinal, denominado *Headway*. Este valor é observado iniciando o cronometro no momento de abertura da fase verde do sinal e nos momentos em que o eixo traseiro dos veículos passa sobre a linha de retenção. Esta metodologia apresenta equações diferentes a partir da saturação ou não das vias e dos tempos do semáforo.

Em ciclos saturados, as equações a serem empregadas são:

$$Hm = \frac{Hfs - H4}{fs - 4}$$

$$FS = \frac{3600}{Hm}$$

$$Tpin = H4 - (4 * Hm)$$

$$Tpfm = (tvreal + tent) - Hfs - [(f - fs) * Hm]$$

Onde:

Hm indica o *headway* médio da faixa analisada (s);

Hfs é o tempo decorrido entre a abertura do sinal e a passagem do eixo traseiro do último veículo sobre a linha de retenção, ainda em indicação luminosa verde.

H4 é o tempo entre a abertura do sinal e a passagem do eixo traseiro do 4º veículo da fila;

fs é a posição do último veículo que passa em tempo de verde;

FS é o fluxo de saturação em (veic/htv);

Tpin é o tempo perdido inicial(s);

Tpfm é o tempo perdido final(s);

Tvreal é o tempo de verde do estágio(s);

Tent é o tempo de entreverdes do estágio(s);

f é a posição do último veículo que passa sobre a linha de retenção no estágio.

Observação 1 – Caso $Hf > tvreal + tent$, o ciclo deve ser descartado para o cálculo do *Tpfm*;

Observação 2 – Caso $f < 10$ o ciclo deve ser descartado, porém se esta for uma situação recorrente e o $tvreal < 25$ as equações acima podem ser empregadas alterando os dados referentes a *H4* por *H3*.

Observação 3 – Caso *Tpin* ou *Tpfm* for ou negativos ou muito grandes, desconsiderar os ciclos para cálculo.

Por outro lado, para ciclos não saturados, utiliza-se:

$$Hm = \frac{Hf - H4}{f - 4}$$

$$FS = \frac{3600}{Hm}$$

$$Tpin = H4 - (4 * Hm)$$

Observação 1 – Nos casos em que $f < 8$ os ciclos devem ser descartados, porém, se for uma situação recorrente e o $tvreal < 25$, as equações acima podem ser empregadas substituindo os valores referentes a $H4$ por $H3$. Para $f < 6$ todos os ciclos devem ser descartados.

Observação 2 – Caso $Tpin$ ou $Tpfm$ for ou negativos ou muito grandes, desconsiderar os ciclos para cálculo.

Observação 3 – Os tempos perdidos são obtidos a partir de média aritmética, assim como o fluxo de saturação é obtido pela média dos FS dos ciclos.

O método do Histograma leva em conta o fluxo de veículos que passam pela linha de retenção em intervalos de 5 segundos dentro de um mesmo estágio. Após a coleta destes dados e construção do histograma, descarta-se o primeiro e o último intervalo (os 5 s iniciais e finais) que contenham parte de entreverdes do estágio. A partir disto são aplicadas as respectivas fórmulas para determinar os Fluxos de Saturação e Tempos Perdidos.

As expressões utilizadas são:

$$FS = 3600 \frac{\sum NVij}{5 * (NIS - 1)}$$

$$Tpin = 5 - \frac{NV}{I1 * \frac{1}{FS}}$$

$$Tpfm = DIEV - \frac{NVIEV}{FS}$$

Onde

FS é o fluxo de saturação (veic/htv);

$NVij$ é o número de veículos no ciclo “j”;

NIS é o número de ciclos, subtraindo os que contenham tempos de entreverdes;

$DIEV$ é a soma dos tempos dos ciclos com tempo de entreverdes;

$NVIEV$ é a soma de veículos dos ciclos que contenham tempo de entreverdes.

Observação 1 – O fluxo de saturação é obtido pela média dos *FS* dos ciclos considerados.

Observação 2 – Caso *T_{pin}* ou *T_{pfn}* for ou negativos ou muito grandes, desconsiderar os ciclos para cálculo.

Observação 3 – Os tempos perdidos são obtidos a partir de médias aritméticas.

Por fim, o método de *Webster* desenvolve o cálculo do fluxo de saturação (*FS*) de forma analítica, a partir de um fluxo de saturação básico multiplicando por fatores de ajuste citados a seguir.

$$F_s = FS_b * f_w * f_g * f_p * f_{lu} * f_{lt} * f_{rt} * f_a$$

Onde:

FS_b indica o fluxo de saturação básico por faixa de trânsito (ucp/h), determinado como $525 * L$ (*L* indica a largura da aproximação).

f_w é o fator referente a largura da faixa de rolagem (*w*), variando de 2,4 e 4,8 m, acima disto deve-se tratar como mais de uma faixa.

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

f_g é o fator devido ao *greide* (*g*) (inclinação da via) responsável por dificultar o desenvolvimento da velocidade do veículo em rampa.

$$f_g = 1 - \frac{g}{200}$$

f_p é o fator referente aos veículos estacionados, tendo como parâmetro a distância da faixa de retenção até o início da área de proibido o estacionar (*z*). Caso *z* for inferior a 7,6 m para efeito de cálculo utiliza-se este valor como mínimo, e caso o veículo estacionado for classificado como pesado aumenta-se o valor encontrado em 30%.

$$f_p = \frac{(w - P)}{w}; \quad P = 1,68 - 0,9 * \frac{(z - 7,6)}{tv \text{ real}}$$

Onde *tv real* é referente ao tempo de verde do semáforo, e, caso $P < 0$ admite-se $f_p = 1$.

f_{lu} é o Fator de ajuste para utilização de faixa de trânsito: representa o efeito do uso diferenciado das faixas que atendem ao grupo de movimentos considerado sobre o respectivo fluxo de saturação, de acordo com a expressão seguinte:

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} \times N}$$

onde

V_g = taxa de fluxo global observado em todas as faixas de trânsito que servem o grupo de movimentos considerado (veíc/h);

V_{g1} = taxa de fluxo observada na faixa mais carregada (veíc/h);

N = número de faixas de trânsito que atende ao grupo de movimentos considerado. Se tiver apenas uma faixa, portanto, $flu = 1$.

frt e flt são os fatores de correção das conversões à direita e à esquerda, respectivamente.

$$frt = \frac{100}{100 + 0.75Plt} \qquad flt = \frac{100}{100 + 0.25 * (Prt - 10)}$$

onde Plt faz referência à porcentagem de veículos que convertem à esquerda e Prt à direita. Para Prt inferior a 10% adota-se o valor de $frt = 1$.

fa é o fator referente a localização da interseção, sendo este um fator qualitativo avaliado em uma escala de Ruim, Médio e Bom, conforme:

Bom: $fa = 1,2$ – para boa visibilidade, poucas conversões à esquerda e baixa interferência de pedestres.

Médio: $fa = 1$ – para características entre boas e ruins.

Ruim: $fa = 0.85$ – para velocidades baixas, pouca visibilidade e elevada interferência de pedestres.

A determinação deste fator é feita a partir da capacidade de análise do responsável do projeto do estudo.

Para o presente estudo aplicaram-se os três métodos para cálculo dos fluxos de saturação. Para isto foram necessários coletar os dados referentes aos *headways* das aproximações e os dados dos fatores de Webster. Os *headways* foram coletados nas faixas mais carregadas de cada uma das aproximações, em diferentes horários de pico, o que demandou mais 4 horas de medições no local.

3.6. Dimensionamento dos tempos semafóricos

Para a realização da programação deve-se primeiramente distinguir os movimentos conflitantes, mas, também, em cada estágio semafórico deve ser permitido o máximo de movimentos não conflitantes. A metodologia empregada para o dimensionamento dos tempos de ciclo dos semáforos é por meio do modelo de Webster. Este método pode ser subdividido conforme segue.

3.6.1. Tempo de ciclo mínimo

Esse método nos retorna o tempo de ciclo mínimo para a interseção, ou seja, o tempo necessário para que o fluxo veicular que chegue no ciclo seja escoado no verde correspondente, entretanto esse tempo é irreal pois existem fatores não considerados, como o fato dos veículos não se deslocarem coordenadamente entre outros. O tempo de ciclo mínimo T_{cmin} proposto por Webster é encontrado pela seguinte expressão:

$$T_{cmin} = \frac{\sum tp}{1 - Y_{crit}}$$

onde tp são os tempos perdidos e Y_{crit} é a taxa de ocupação crítica de cada estágio.

3.6.2. Tempo de ciclo ótimo

De maneira análoga a seção anterior, considera-se o tempo de ciclo ótimo o tempo de ciclo que considera os atrasos aleatórios. É expresso por:

$$T_{cót} = \frac{1,5 * \sum tp + 5}{1 - Y_{crit}}$$

3.6.3. Tempo de verde efetivo

O tempo de verde efetivo de cada estágio T_{vef} pode ser encontrado através da expressão:

$$T_{vef} = \frac{Y}{\sum Y_{crit}} * (T_{cót} - tp)$$

onde Y é a taxa de ocupação específica do estágio calculado.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Após a coleta dos dados, estes passam por uma modelagem computacional para que posteriormente possa ser feita a análise dos mesmos a fim de inferir propostas de melhorias.

4.1. Fluxos veiculares presentes na interseção

No decorrer das 36 horas em que foi realizada a contagem dos veículos que trafegavam pela interseção, registrou-se um fluxo de cerca de 58.000 veículos, sendo a grande maioria deles pertencente à classe dos veículos leves. Abaixo, segue a Tabela 4 mostrando o número de veículos contabilizados por classe e sua representação percentual no fluxo total de veículos. Veículos especiais de rara circulação (tratores, motoniveladoras e semelhantes) e veículos de tração animal foram desconsiderados e cada veículo foi contado todas as vezes em que utilizou a interseção.

Tabela 4 - Composição da corrente de tráfego. Fonte: os autores.

| Classe | Leves | Motos | Pesados | Ônibus | Bicicletas | Total |
|-----------------|-------|-------|---------|--------|------------|--------|
| Nº de veículos | 47156 | 8224 | 1041 | 1315 | 659 | 58395 |
| Porcentagem (%) | 80,75 | 14,08 | 1,78 | 2,25 | 1,13 | 100,00 |

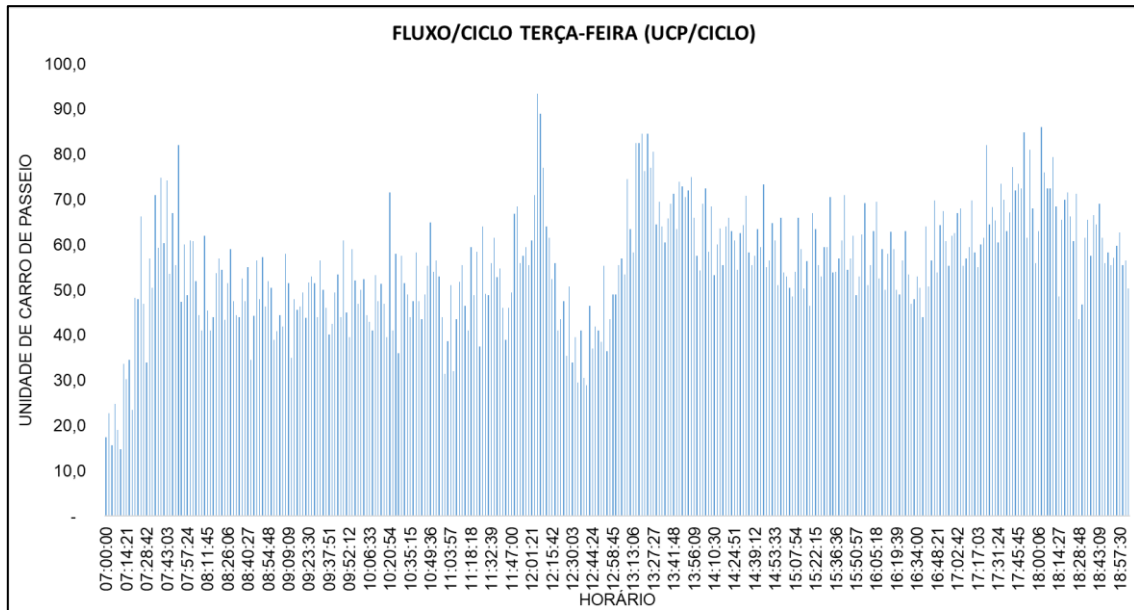
Na sequência, tem-se os dados obtidos (em ucp) e sua variação no decorrer das 12 horas de contagem em cada dia. Serão evidenciadas as horas de pico em cada dia, os 15 minutos de maior fluxo dentro dessa hora de pico e o fator de hora de pico (*FHP*). O fator de hora de pico é dado pela equação

$$FHP = \frac{VHP}{4 \times V_{15max}}$$

onde *VHP* corresponde ao valor do fluxo registrado durante a hora de pico e *V_{15max}* aos 15 minutos mais movimentados dessa hora. O *FHP* ajuda na compreensão da distribuição do fluxo no decorrer da hora de pico analisada, quanto mais próximo o *FHP* for de 1, mais homogênea é a hora de pico.

Na terça-feira registrou-se um fluxo de 19.763,9 ucp nas 12 horas em que se realizou a contagem (Figura 29). Percebe-se a existência de quatro picos: um no período da manhã, um no final da tarde e dois próximos ao meio-dia (um antes e outro depois).

Figura 29 – Fluxo veicular por tempo de ciclo na Terça-Feira. Fonte: os autores.



Tal fato revela um costume existente na cidade, diferentemente do que ocorre nos grandes centros urbanos, os cachoeirenses deslocam-se até seus domicílios para almoçar, durante o “intervalo do meio-dia”, causando uma grande movimentação na interseção antes e depois do almoço. Os outros intervalos correspondem basicamente ao início e final da jornada de trabalho da população. Vale lembrar que todos esses picos são intensificados pelos horários de entrada e saída da Escola Borges de Medeiros.

A seguir, os dados correspondentes a cada hora de pico:

- Hora de pico da manhã: ocorre entre 7h30min e 8h30min, registrando um tráfego de 1632,3 ucp, seus últimos 15 minutos possuem a maior movimentação com 467,5 ucp, gerando assim um FHP de 0,87.
- Hora de pico anterior ao meio dia: localiza-se no período entre 11h15min e 12h15min, contabilizou-se um tráfego de 1705 ucp. Os 15 minutos mais movimentados dentro dessa hora de pico ocorreram das 11h59min até 12h14min, com um fluxo de 516,8 ucp, dando um fator de hora de pico de 0,82.
- Hora de pico posterior ao meio-dia: com um tráfego de 2034,5 ucp entre 13h10min e 14h10min, foi a maior hora de pico registrada no dia. Seus 15 minutos mais movimentados ocorreram entre 13h15min e 13h30min, com um tráfego de 567,8 ucp,

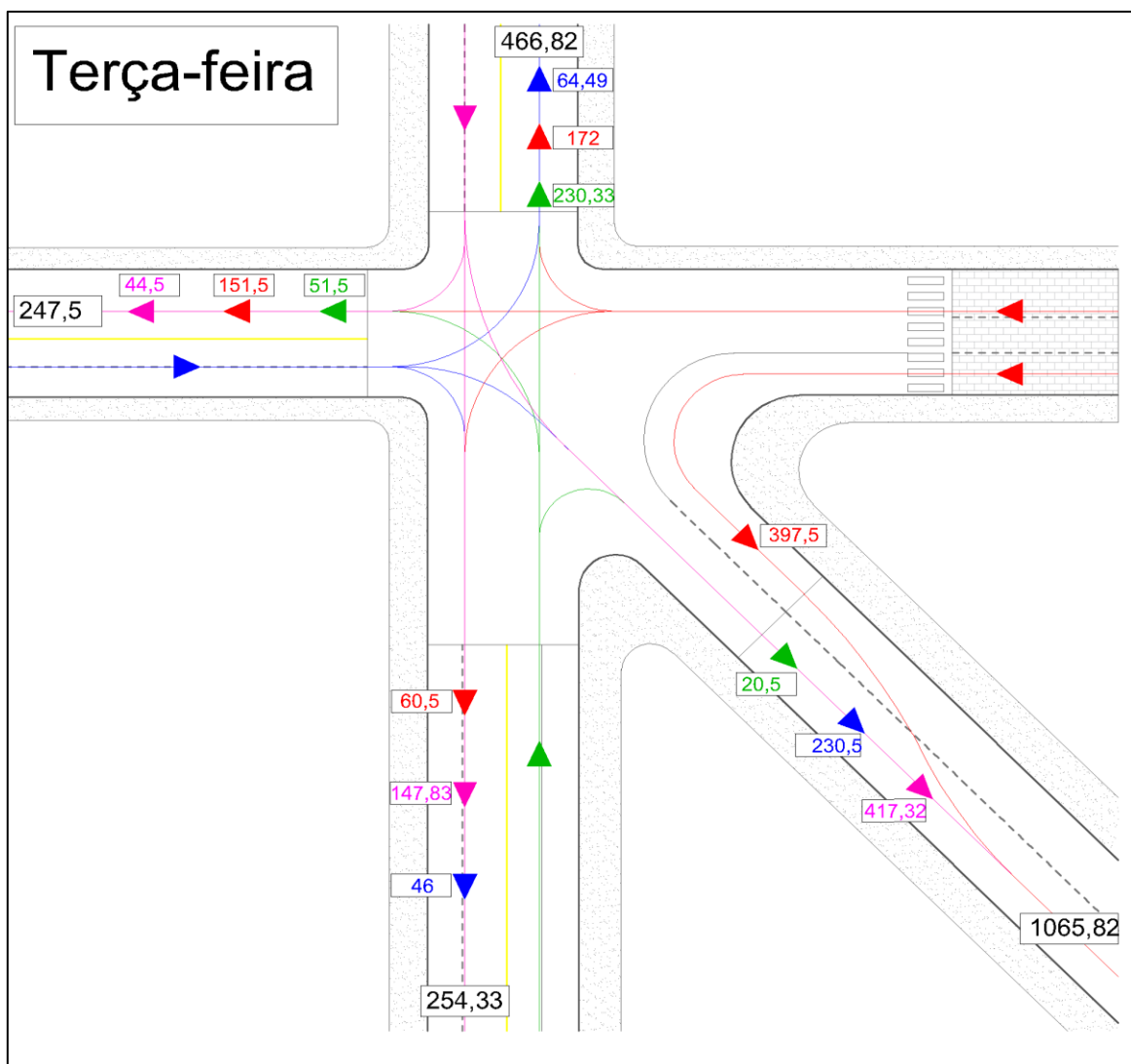
o que corresponde a um *FHP* de 0,90. Na sequência, um fluxograma indicando as direções deste fluxo.

- Hora de pico do fim de tarde: aconteceu das 17h20min até às 18h20min, com um fluxo de 2034,1 ucp, seus 15 minutos mais agitados foram a partir das 17h40min, quando 522,5 ucp fizeram uso da interseção.

A Figura 30 mostra o fluxograma correspondente ao pico posterior ao meio-dia.

Figura 30 – Fluxograma da hora de pico posterior ao meio-dia em terça-feira na interseção.

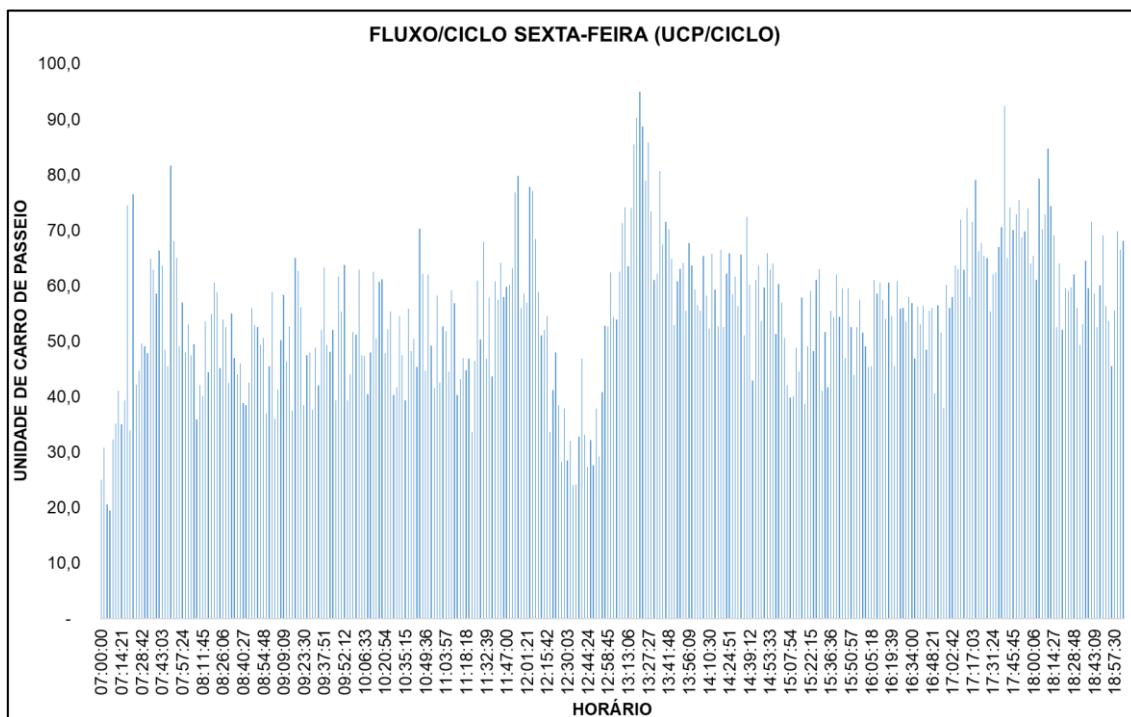
Fonte: os autores.



De maneira análoga ao que se percebeu na terça-feira, na sexta também há a ocorrência de quatro horas de pico, seguindo basicamente a mesma distribuição. As explicações para o aparecimento dos dois picos do meio dia é a mesma: o intervalo destinado

ao almoço. Foi contabilizado um tráfego de 19.409,51 ucp no decorrer das 12 horas de contagem (Figura 31).

Figura 31 – Fluxo veicular por tempo de ciclo na sexta-feira. Fonte: os autores.



Os horários de pico encontrados foram, portanto:

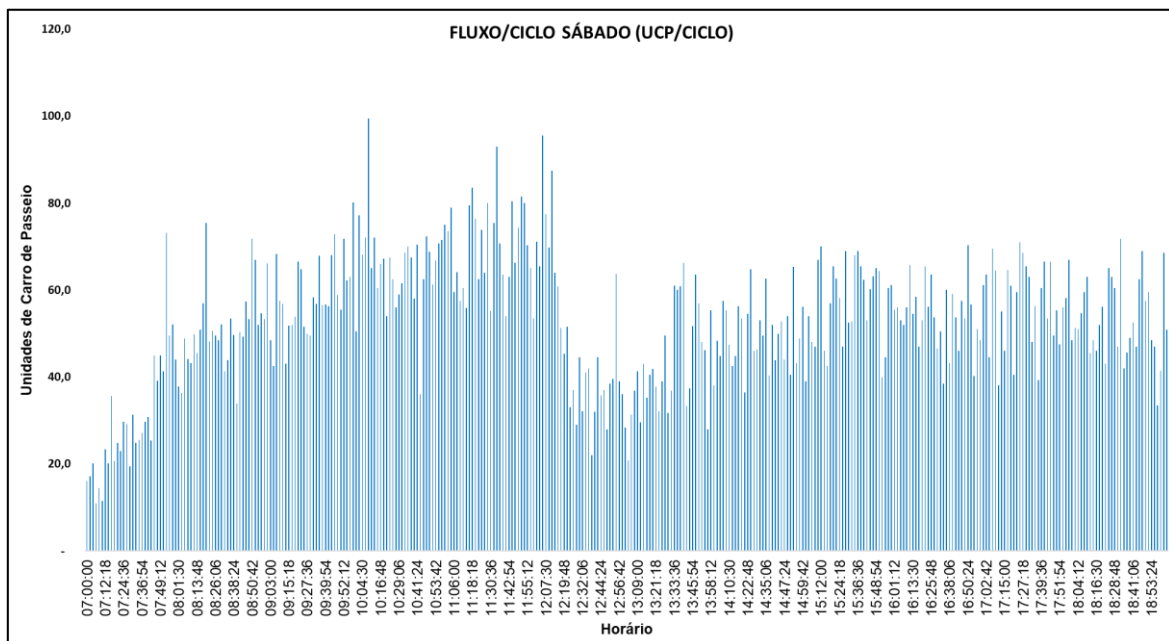
- Hora de pico da manhã: registrada entre 7h35min e 8h35min, com um fluxo de 1567,6 ucp, seus 15 minutos de maior fluxo ocorreram das 7h40min até 7h55min, onde trafegaram 438,6 ucp, assim gerando um *FHP* de 0,89.
- Hora de pico anterior ao meio-dia: 1690,4 ucp trafegaram pelas Cinco Esquinas entre 11h15min e 12h15min, caracterizando essa hora pico. Os 15 minutos mais movimentados aconteceram no período entre 11h50min e 12h05min, com movimentação de 483 ucp, o que fornece um *FHP* de 0,87.
- Hora de pico posterior ao meio-dia: Assim como na terça-feira, esse pico ocorreu entre 13h10min e 14h10min, desta vez com a movimentação de 2022,5 ucp, entre 13h15min e 13h30min correram os 15 minutos mais movimentados com 598,2 ucp, resultando em um *FHP* de 0,84.
- Hora de pico do fim de tarde: 2034,7 ucp trafegaram pela interseção no período entre 17h15min e 18h15min, caracterizando a maior hora de pico registrada no dia. Seus 15

minutos mais agitados aconteceram das 17h35min até às 17h50min, com fluxo de 520,3 ucp, o que rende um fator de hora de pico de 0,98.

No último dia de contagem, contabilizaram-se 16.503,57 ucp. Como observa-se na Figura 32, a distribuição do fluxo no sábado é diferente dos dias de semana. Não há um pico matutino, durante a manhã, o gráfico apresenta um fluxo crescente. Há três picos, um por volta das 11h, um no meio da tarde e outro no anoitecer:

- Hora de pico anterior ao meio-dia: encontra-se no período que compreende entre 11h15min e 12h15min, com um fluxo de 1830,96 ucp (o maior do dia), sendo seus últimos 15 minutos os mais movimentados, com 467,99 ucp, o que gera um *FHP* de 0,98.
- Hora de pico da tarde: Entre 15h15min e 16h15min, tem-se essa hora de pico, com um tráfego de 1476,61 ucp. Seus 15 minutos mais agitados são das 15h35min e 15h50min, com fluxo de 381,81 ucp, rendendo um fator de hora de pico de 0,97.
- Hora de pico do final da tarde: entre as 17h10min e 18h10min, temos a última hora de pico do sábado, com fluxo de 1672,79 ucp, seus 15 minutos com maior fluxo acontecem entre 17h20min e 17h35min, com 465,49 ucp, assim gerando um *FHP* de 0,90.

Figura 32 – Fluxo veicular por tempo de ciclo no sábado. Fonte: os autores.



4.2. Fluxos de pedestres presentes na interseção

Referente aos pedestres no escopo do estudo demonstra-se que:

- Terça-feira apresentou a hora com maior movimentação de pedestres, onde um total de 657 pedestres realizando a travessia entre as 17:37 e 18:36.

- Sexta-feira apresentou maior número de travessia entre as 13:02 e 14:03, num total de 438 pedestres.

- Sábado apresentou os menores acumulados de travessia, onde na hora de maior movimentação contabilizou 435 travessias, entre as 9:33 e 10:32.

Verificou-se a partir do processamento dos dados que o ponto de travessia de maior utilização pelos pedestres é P4, referente a Av. Brasil na porção sul, entre a farmácia e o ponto de táxi. Em média, realizavam a travessia neste ponto 1100 pessoas nas 12 horas contabilizadas pela contagem.

Com pouco menos de utilização vemos que a travessia P1, na rua Bento Gonçalves entre o posto de combustíveis e a “casa das 5 esquinas”, apresentou uma média de utilização de 1036 a cada 12 horas de contagem. Destaca-se que este ponto sofre influência direta dos alunos da Escola Borges que se situa ao final da quadra.

As travessias P3 e P5, onde P3 representa a rua Bento Gonçalves na sua porção de mão dupla e P5 a rua Júlio de Castilhos, apresentaram, respectivamente, 1010 e 741 travessias a cada 12 horas contabilizadas enquanto que P2, referente a travessia da Av. Brasil, entre o posto de combustíveis e floricultura, apresentou a menor taxa de utilização, onde em média cruzaram a via apenas 316 pessoas.

O resumo dos dados de travessia pode ser observado na Tabela 5, apresentado em termos gerais o total de travessias realizadas por ponto de travessia, nos períodos de contagem, durante os respectivos dias de contagem dia. A partir disto é possível aferir algumas relações como:

- A via de maior travessia (P4) de pedestres é aquela cujo fluxo de veículos é inferior (Q4).

- A via de menor utilização por parte dos pedestres é aquela que apresenta uma das maiores larguras de travessia e maior fluxo de veículos.

- A via com maior número médio de travessias não é dotada de faixa de pedestres.

Tabela 5 - Fluxo de pedestres por dia de contagem. Fonte: os autores.

| Travessia | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Terça | 1241 | 408 | 1470 | 1460 | 1044 |
| Sexta | 1050 | 361 | 879 | 1001 | 610 |
| Sábado | 818 | 179 | 680 | 869 | 569 |

4.3. Velocidade

Após o processamento dos dados coletados mediante o método das bases longas, foram obtidos os valores das velocidades médias em cada ramo, com o objetivo de saber se os limites de velocidade estabelecidos são os corretos para a interseção. Assim, calculou-se a velocidade percentil 85% da distribuição acumulada de frequências das velocidades calculadas e obteve-se 11,20 m/s, ou seja, 40,34 km/h.

Portanto, o limite de velocidade imposto de 40 km/h é correto. Além desse, determinou-se a velocidade percentil 15% e achou-se 6,59 m/s ou 23,79 km/h. Desse modo, a velocidade para mínima para os veículos trafegarem no cruzamento é de 20 km/h.

4.4. Verificação para escolha do tipo de interseção

Nesta seção serão demonstradas as etapas de verificação para determinação do tipo de interseção a ser empregada no local. Para isto aplicar-se-á as Normas Suecas, conforme citado no Manual de Projeto de Interseções como uma das metodologias a serem empregadas para este fim.

Para fins de análise das normas, determina-se como via principal a Av. Brasil e via secundária a rua Bento Gonçalves. A partir disto, podemos determinar os volumes de tráfego e seus respectivos movimentos de virada que serão necessários para análise das etapas. A Tabela 6 apresenta estes volumes onde a nomenclatura A e C representam as aproximações da via principal enquanto B e D as aproximações da via secundária e, além disto, o índice “v”, “g” ou “y” e “h” representam, respectivamente, os movimentos de virada à esquerda, em frente e à direita.

Tabela 6 - Volumes de movimentos de virada para aplicação de Normas Suecas. Fonte: os autores.

| | A | B | C | D |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| v | 418 | 61 | 52 | 65 |
| g/y | 148 | 151 | 230 | 230 |
| h | 45 | 172 | 21 | 46 |

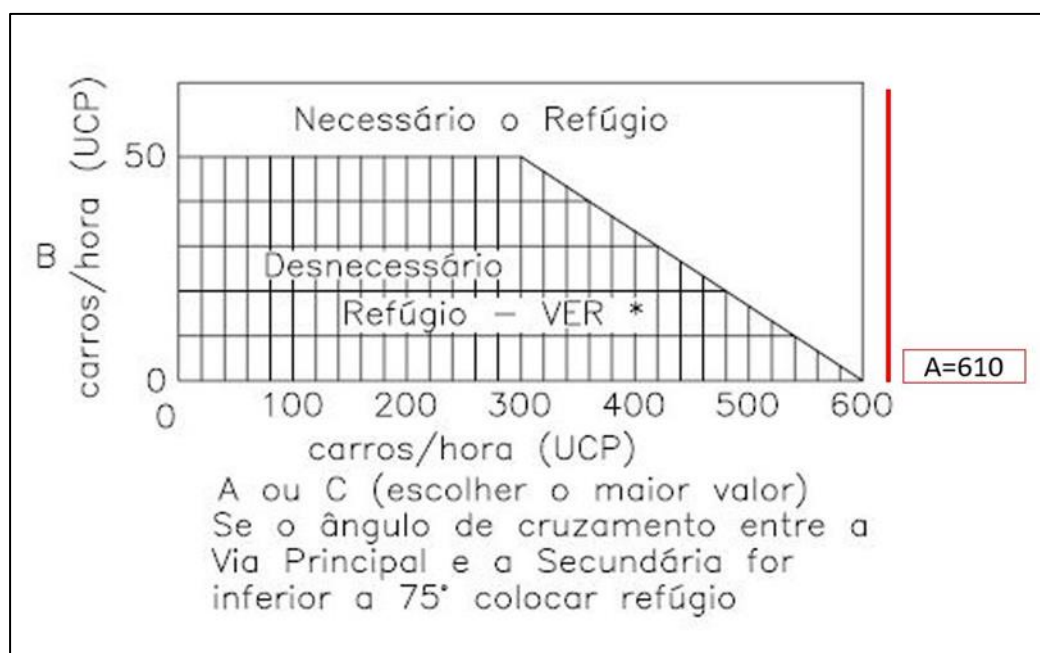
4.4.1. Etapa A

Etapa que consiste na verificação da necessidade de ilha divisória na via secundária (Bento Gonçalves). A análise do gráfico, Figura 33, é feita da seguinte maneira:

- No eixo das abcissas entramos com o maior fluxo da via principal, A ou C, é traça-se uma reta perpendicular ao eixo “y”.

- No eixo das ordenadas, entramos com o valor do fluxo da via secundária, a partir do qual traçamos uma reta paralela ao eixo “x”.

Figura 33 - Análise da Etapa A para tipo de interseção na Rua Bento Gonçalves. Fonte: adaptado de DNIT (2006).



Desta forma, entrando com o respectivo fluxo de A, Av. Brasil sentido Norte-Sul, no valor de 610 UCP/h já é possível afirmar que a rua Bento Gonçalves necessita da separação de conflito mediante ilha divisória, visto que para fluxos superiores a 600 UCP/h qualquer que seja o valor de fluxo para a via secundária resulta na necessidade de ilhas.

4.4.2. Etapa B

Etapa que consiste na verificação de faixas específicas para correntes de tráfego que giram à esquerda ou à direita da via principal (Av. Brasil). A análise do gráfico, Figura 34, se procede da seguinte maneira:

- Para o fluxo A, referente a Av. Brasil sentido Norte-Sul, para faixas de giro à direita.

No eixo das abscissas entramos com o valor referente ao fluxo de veículos que convertem à direita (A_h), e marcamos a curva correspondente a este valor no gráfico.

Na porção inferior do eixo das ordenadas entramos com o valor do fluxo total em A, e a partir dele traçamos uma reta paralela ao eixo “x”.

O ponto coordenado resultante indica a necessidade ou não de faixas específicas para giros à direita, desde que ocorra a extrapolação entre a curva e a reta demarcada. Assim, para um fluxo A de 610 e A_h de 45, ambos em UCP/h, verifica-se a necessidade de faixas para conversão à direita na Av. Brasil sentido Norte-Sul.

- Para o fluxo A, referente a Av. Brasil sentido Norte-Sul, para faixas de giro à esquerda.

Na porção norte do gráfico, entramos com o somatório dos valores dos fluxos à direita (C_h) e em frente (C_g) de C, Av. Brasil sentido Sul-Norte. Neste caso $C_g + C_h = 251$ UCP/h. A partir deste valor demarca-se uma reta perpendicular a “y” até que esta cruze por uma das curvas existentes, referente ao fluxo que gira à esquerda em A(Av).

Para $C_g + C_h = 251$ a reta cruza a curva $A_v = 55$, porém o valor real de A_v é de 418 UCP/h. Desta forma como $A_v \text{ real} > A_v \text{ calculado}$, confirma-se a necessidade de faixas específicas para giros à esquerda.

Desta forma, para o sentido Norte-Sul da Avenida Brasil, existe a necessidade de faixas específicas para conversões tanto à esquerda quanto a direita.

Ocorre de forma análoga para a verificação do sentido Sul-Norte da Av. Brasil, porém os valores referentes aos fluxos de A são substituídos pelos de C (C por A e A_h por C_h) e os fluxos de C pelos de A ($C_g + C_h$ por $A_g + A_h$ e a curva A_v por C_v). Desta forma, entramos com os valores $C = 302$ UCP/h, $C_g = 20$, $A_g + A_h = 192$ (Figura 35).

Resultado disto é que, para um valor de $C_h = 20$ UCP/h o volume C possível para que não seja necessárias faixas de conversão à direita é superior a 400 UCP/h, muito superior ao

valor C real de 302, indicando a não necessidade de faixas específicas para giros à direita. Para as faixas específicas de giro à esquerda ao traçarmos a reta a partir do valor de $A_g + A_h = 192$ UCP/h ela intercepta a curva referente a um C_v de aproximadamente 63 UCP/h, valor superior ao C_v real de 51 UCP/h, indicando assim a não necessidade de faixas específicas para giros à esquerda nesta aproximação.

Figura 34 - Análise da Etapa B para tipo de interseção na Av. Brasil porção Norte. Fonte: adaptado de DNIT (2006).

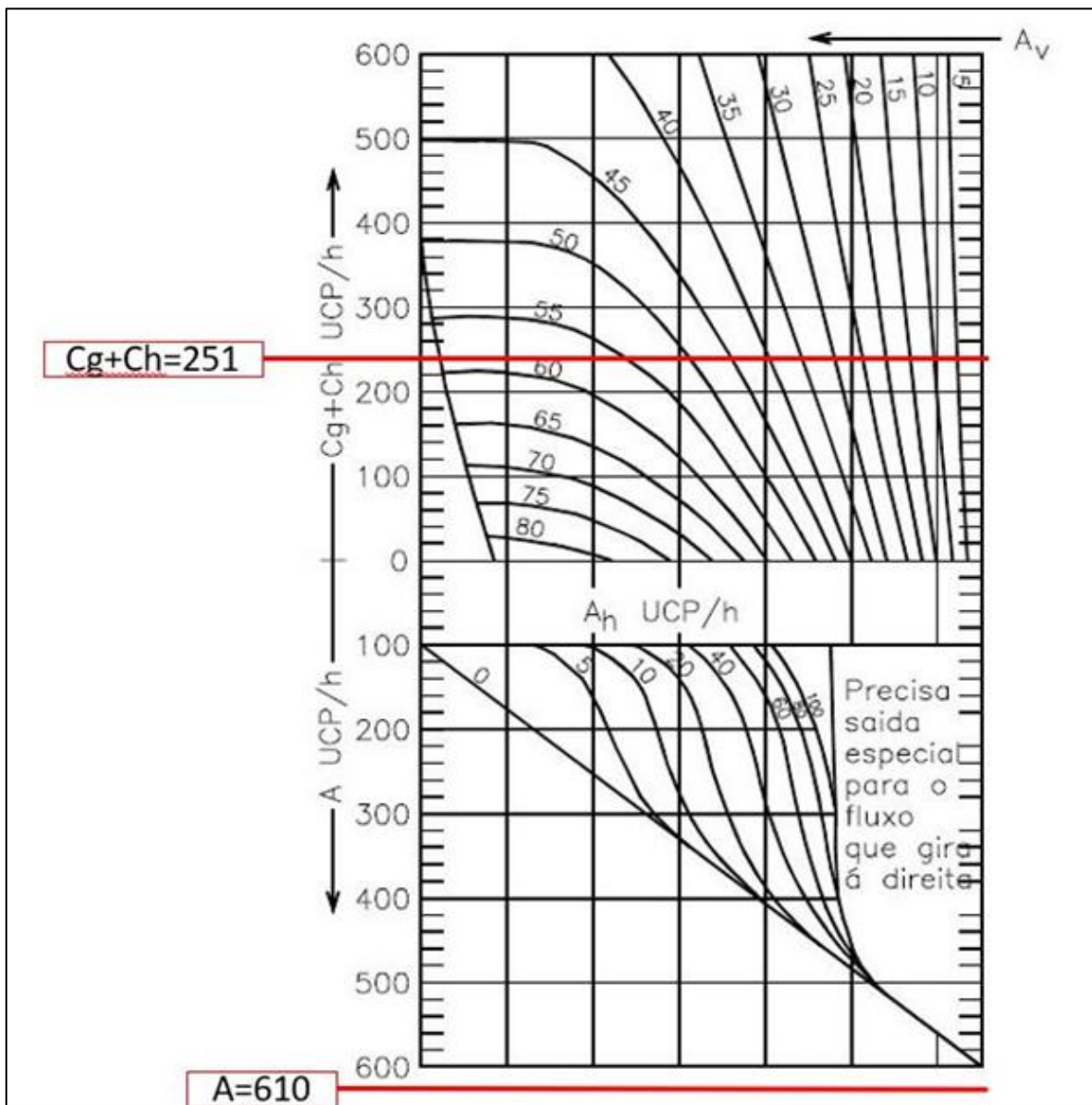
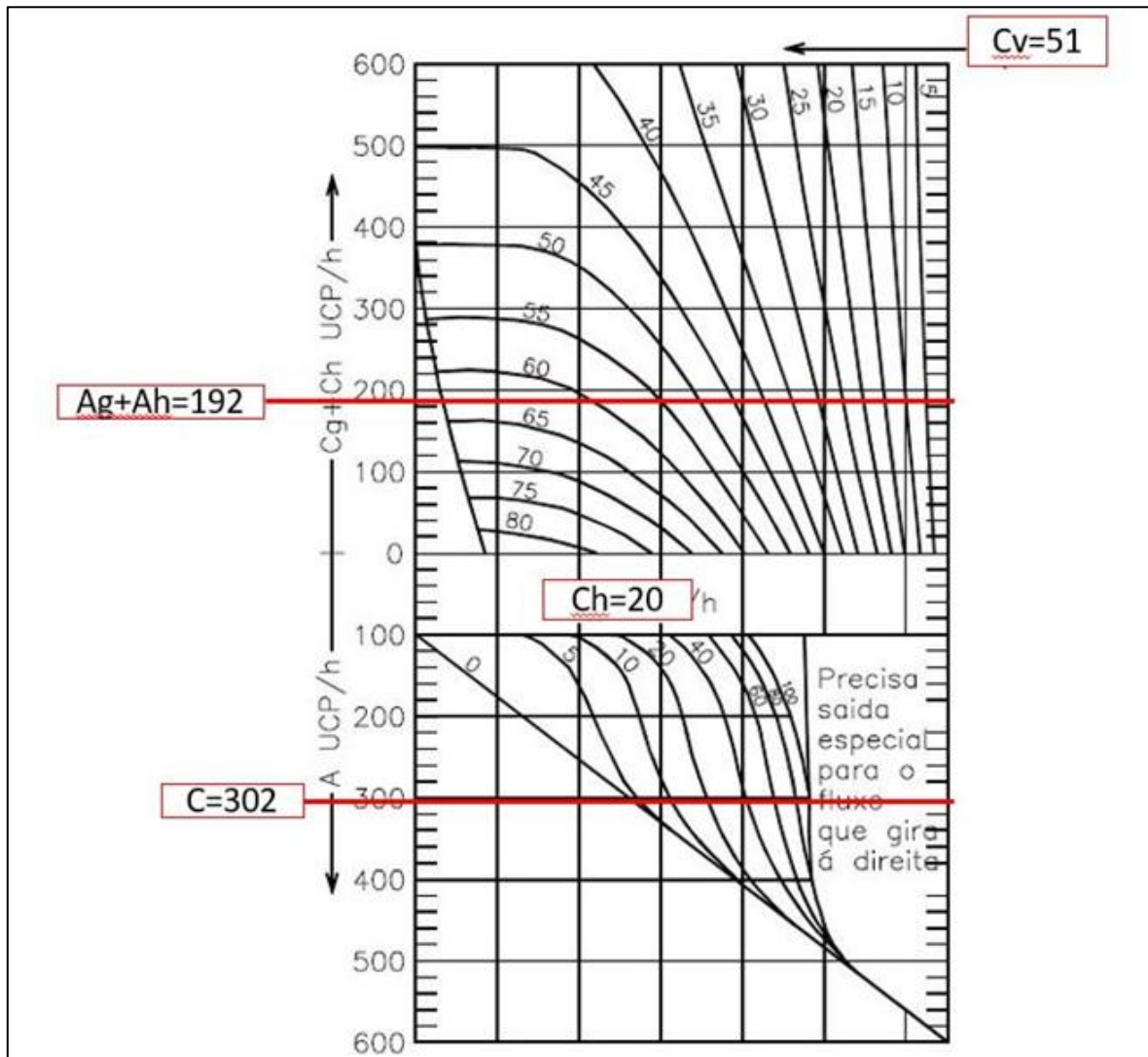


Figura 35 - Análise da Etapa B para tipo de interseção na Av. Brasil porção sul. Fonte: adaptado de DNIT (2006).



4.4.3. Etapa C

Esta etapa é responsável pela verificação da necessidade da separação de pontos de conflito na interseção. Para isto analisa-se o gráfico, Figura 36, da seguinte maneira:

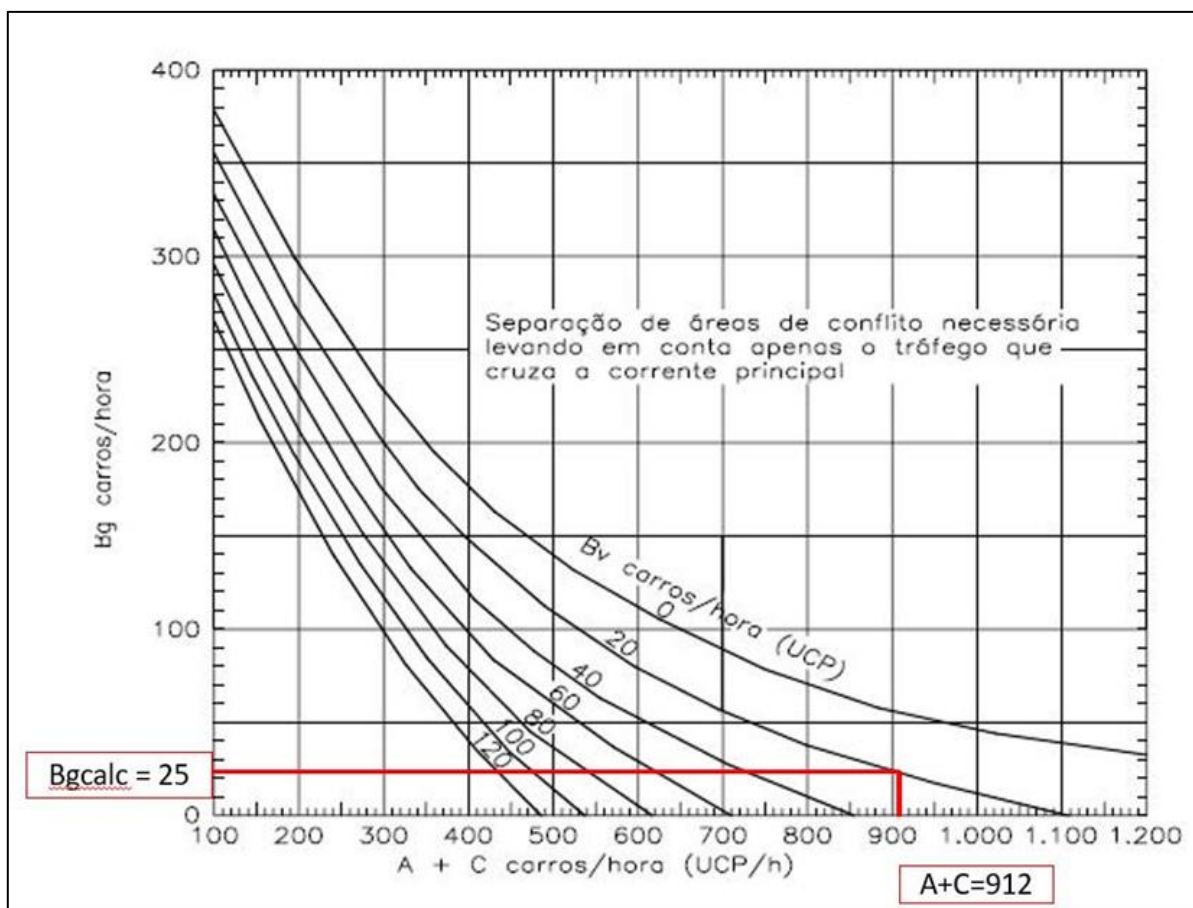
- No eixo das abcissas entramos com o somatório dos fluxos da via principal ($A + C$) e traça-se uma reta perpendicular até que a mesma cruze uma das curvas padrão.

- A reta que ela interceptar nos retorna o valor limite do fluxo que gira à esquerda para o qual não seria necessário separar os conflitos, ou seja o valor Bv ou Dv .

- A partir deste ponto faz-se a indicação de uma reta paralela ao eixo “x” que indicará no eixo das ordenadas o valor do fluxo que segue em frente, em B ou D, máximo para o qual não seja necessário a separação de conflitos, ou seja, $B_{g\text{calculado}}$.

Entrando com os valores de $A + C = 912$ UCP/h e realizando as etapas descritas, encontramos um valor B_g calculado de 25 UCP/h ante B_g real de 151 UCP/h. Desta forma, como o valor real é superior ao limite calculado, demonstra-se assim a necessidade da separação de conflitos na interseção.

Figura 36 - Análise da Etapa C para tipo de interseção nas 5 esquinas. Fonte: adaptado de DNIT (2006).



4.4.4. Etapa D

A quarta e última etapa consiste na verificação da necessidade da separação de níveis da interseção. Para esta etapa, analisa-se o gráfico, Figura 37, da seguinte forma:

- Entramos com o somatório dos fluxos da via principal ($A + C$), e traçamos uma reta perpendicular.

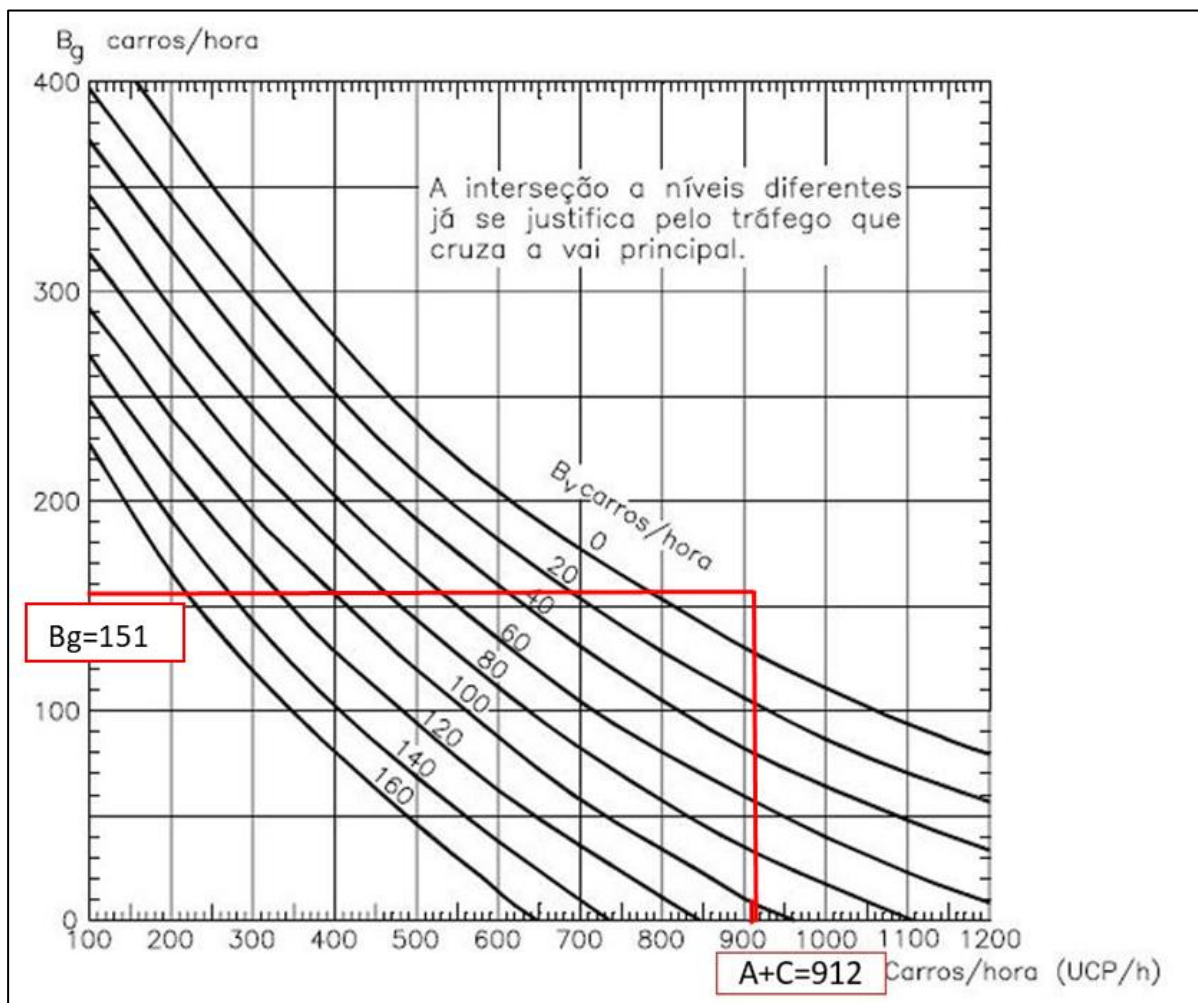
- Determina-se a reta padrão correspondente ao fluxo B_v ou D_v .

- No eixo “y” demarcamos o valor do fluxo B_g a partir do qual traçamos uma reta paralela a “x”.

O encontro das retas retornará o valor máximo possível de B_v para que não necessite da separação de níveis.

Entrando com os valores obtidos nas contagens, onde $B_g = 151$ e $A + C = 912$, podemos observar que seria indicado a separação de níveis entre as vias, devido ao tráfego intenso da via principal. A separação de níveis seria recomendada caso este cenário estivesse presente em meio rural (interseção de rodovias ou estradas), mas, como o referido estudo trata de uma via em área urbana onde, acima de tudo, existe uma limitação física, inviabiliza este tipo de ação.

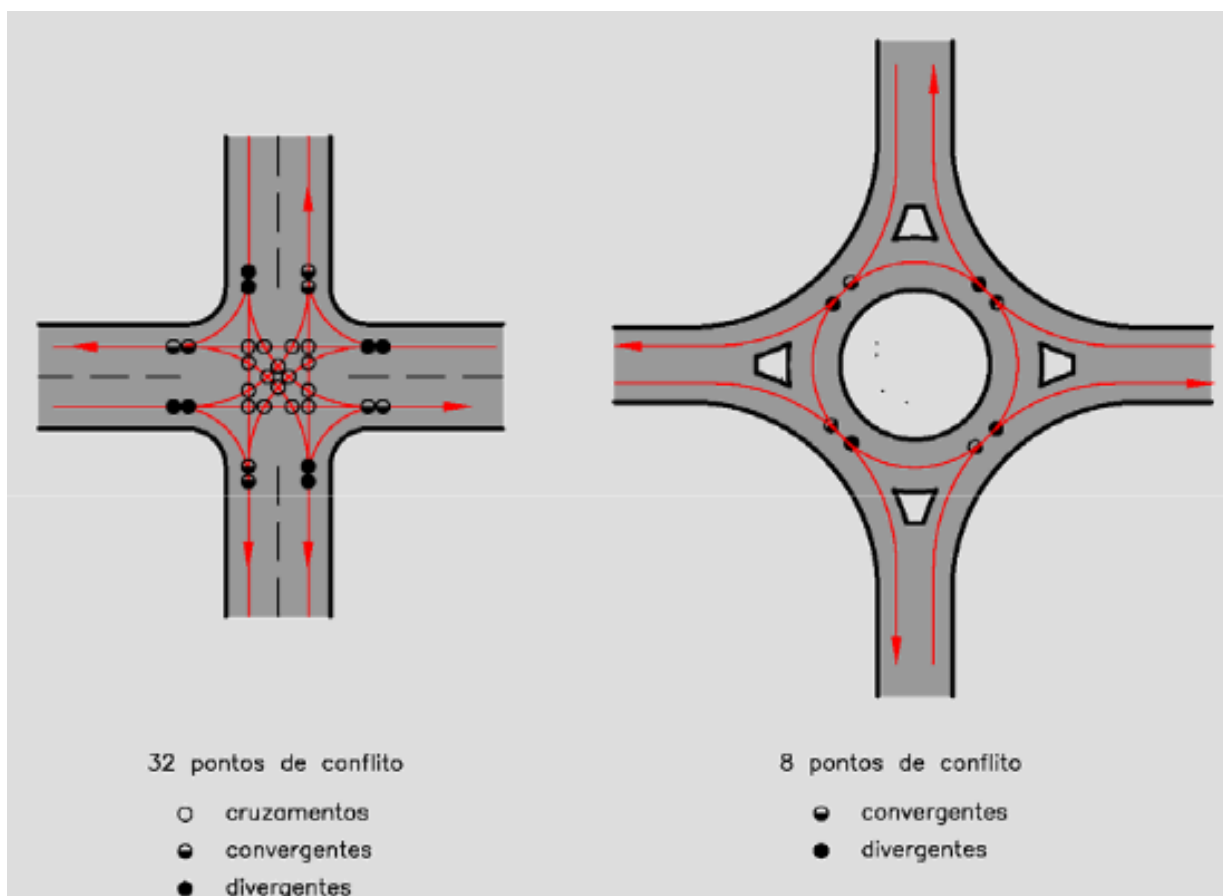
Figura 37- Análise da Etapa D para tipo de interseção. Fonte: adaptado de DNIT (2006).



As etapas anteriormente verificadas evidenciam a necessidade de que ocorra um controle sobre o tráfego do referido local, especialmente à necessidade de separar os pontos de conflitos. Esta afirmação é consolidada pelo resultado da etapa D que indica a necessidade da separação de níveis das vias, mas, por se tratar de um ambiente urbano, existem restrições a isto, mas também existem alternativas à separação de conflitos, tanto na via principal quanto na secundária.

A mediação destes pontos conflitantes, visto a impossibilidade da separação de níveis, pode ser feita por meio de semáforos (possibilidade que será avaliada na seção seguinte) ou rotatórias. Nas rotatórias observa-se principalmente a redução do número e da severidade dos acidentes. Segundo o Manual de Interseções do DNIT, a redução dos acidentes nas rótulas, quando comparada com as interseções com prioridade, pode ser atribuída à redução dos pontos de conflito entre as duas configurações. Consegu-se passar de 32 pontos de conflito (em uma interseção de 4 ramos) para apenas 8 pontos quando se usa uma rotatória com uma única faixa de trânsito. Essa situação é ilustrada na Figura 38.

Figura 38 - Diminuição do número de conflitos. Fonte: DNIT (2006).



4.5. Verificação dos critérios de implantação de semáforos

Nesta seção será demonstrado a aplicação dos critérios para implementação de semáforos indicados na seção 3.3. Os cálculos necessários para a determinação dos valores foram realizados por meio de modelagem em *software*, como forma de otimizar o tempo aplicado a realização dos mesmos.

Inicialmente, antes de realizar o dimensionamento do tempo de ciclo e fases se faz necessário a validação da aplicabilidade de um semáforo na interseção em questão. Para isto, a seguir serão demonstrados a aplicação dos critérios para a interseção analisada, a “5 Esquinas”.

A seção 3.3.1 aborda o critério referente a “Volumes veiculares mínimos na interseção”. Os dados de fluxo contabilizados na terça feira estão indicados na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 - Fluxos contabilizados para análise de critérios de implementação de semáforo.

Fonte: os autores

| Q2 + Q4 | Q1 | Q3 |
|---------|-----|-----|
| 827 | 380 | 321 |

Como o critério é positivo a implementação de semáforo desde que o fluxo da via principal (neste caso Q2+Q4) seja superior à 600 veículos/h e a via secundaria (Q1 ou Q3) 200 veículos/hora, este critério já valida a implementação semafórica no local.

A seção 3.3.2, que trata da “Interrupção do tráfego contínuo”, que trata da dificuldade do fluxo das vias secundárias ingressarem à via principal, não pode ser aplicado, visto que a condição de a via principal possuir fluxo superior à 900 veículos/hora não ser satisfeita.

A seção 3.3.3 também não pode ser aplicado a interseção estudada, visto que este critério trata da questão de “Fluxo mínimo para interseções com cinco ou mais aproximações” e a interseção analisada possuir apenas quatro aproximações.

A seção 3.3.4, sob centro de análise o pedestre, se divide em outras duas subseções, sendo que a seção 3.3.4.1 trata do “Conflito pedestre x veículos” e 3.3.4.2 referente ao “Tempo de espera para atravessar a via principal”. Os dados de volumes de pedestres são indicados na Tabela 8.

Tabela 8 – Fluxo médio de pedestres por dia de contagem. Fonte: os autores.

| P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 105 | 41 | 123 | 131 | 62 |

Analisando a tabela anterior podemos inferir que o critério expresso em 3.3.4.1 não é satisfeito visto que o volume de pedestres não atinge ao valor mínimo, estabelecido pelo método em 250 pedestre/hora.

Ainda referente a pedestres, o critério 3.3.4.2, referente aos tempos de espera de pedestres, é verificado. Para esta afirmação é necessário calcular o tempo de travessia dos pedestres (T_p) equacionado nesta mesma seção, onde adotou-se valores de $L=16,6$ m, $V_p=1,2$ m/s e $\delta=5$ (considerando-se a Av. Brasil como travessia crítica, visto que sua pista possui comprimento de 16,6 m e velocidade permitida de 50 km/h). Utilizando-se os fluxos do horário de pico da terça-feira à tarde aplicou-se $q=583$ ucp/h e $q_p=49$ pedestres/h. A partir disto, obtém-se o valor de atraso $d = 105,4$ s, multiplicando pelo volume de pedestres encontramos o valor de $\lambda = 5164,6$ pedestres*s/h, sendo superior ao mínimo exigido para a validação do critério, portanto existe a necessidade do semáforo e, além disto, evidencia a necessidade de um semáforo exclusivo para os pedestres.

Os demais critérios para implementação de semáforos não puderam ser verificados por não serem aplicados ao caso em estudo ou por falta de dados. Porém os critérios avaliados já determinam a necessidade de um controle por semáforo além de um específico para pedestres.

4.6. Reprogramação semafórica

4.6.1. Cenário atual

A partir da modelagem semafórica atual da interseção de estudos, conforme indicado nas Figuras 12 a 16 que apresentam os tempos e estágios da referida interseção, pode-se realizar os cálculos para a reprogramação temporal do semáforo. Esta ação serve para validação do panorama atual ou, em caso contrário, sugerir uma nova programação que melhor se adeque ao cenário, partindo dos princípios de eficiência e segurança no tráfego. Conforme apresentado no capítulo 3, existem dois métodos pelos quais pode ser realizada a reprogramação e, para este estudo, utilizar-se-á o Método de Webster tal qual citado na referida seção.

Para tal foi necessária a determinação de algumas variáveis como:

- Tempo de Amarelo: empregou-se o valor de 3 s conforme recomendação do manual para vias com velocidade inferior à 40 km/h.

- Tempo de Vermelho Geral: conforme indicado na seção 2.6.7, este valor é encontrado considerando um valor base de comprimento do veículo, nesse caso 14 m devido a via conter importante fluxo de ônibus, somado ao valor de 16 m correspondente à característica geométrica, referente à distância da faixa de retenção ao final do cruzamento, e por fim a velocidade de operação da via considerada de 40 km/h no local. Desta forma determina-se $Tvg = 3s$.

- Tempo de entreverdes: conforme informado em seções anteriores, este tempo corresponde a parcela do tempo de vermelho geral (3 s) e do tempo de amarelo (3 s) resultando em um tempo de entreverdes de 6 s. Considera-se “tempo perdido” no dimensionamento dos tempos de ciclo.

- Fluxo de saturação: determinados como indicado na seção 3.5.

De posse destes dados, aplicando a metodologia de Webster para cálculo de tempo de ciclo, considerando o horário de pico da manhã de terça-feira, obteve-se um tempo de ciclo de 121s conforme observado no diagrama de barras abaixo (Figura 39), mantendo a mesma configuração de estágios sem a presença de um estágio exclusivo para pedestres.

Figura 39 - Diagrama de barras após reprogramação. Fonte: os autores.



Esta configuração não é coerente com os objetivos do estudo nem as conclusões obtidas a partir da verificação dos critérios de implantação de semáforos, que exigem a presença de estágio específico para pedestres.

4.6.2. Cenário atual com estágio de pedestres

Visando suprir a falta de segurança nas travessias de pedestres na configuração atual do controle semafórico da interseção, a partir dos dados coletados foi testada a programação semafórica incluindo um estágio de pedestres aos estágios veiculares existentes. Neste novo cenário foi considerado um tempo mínimo de 7s de tempo de verde para a travessia de pedestres e, conforme manual, adicionado 1s ao tempo de vermelho geral anterior ao estágio de pedestres, o que se espera que permita a realização de duas travessias. Este tempo adicional considera-se igualmente “tempo perdido” no cálculo do tempo de ciclo e, portanto, dos tempos de verde de cada estágio.

Os cálculos levaram a um resultado de tempo de ciclo de 157 segundos, maior do existente atualmente. Conforme orientação do manual, tempos semafóricos superiores a 120 s não são recomendados, pois isto retorna valores de tempo de espera muito elevados (maiores aos dois minutos para algumas das aproximações). Desta forma, essa proposta não se considera viável e a interseção de estudo necessita de alternativas diferentes, que serão apresentadas no capítulo seguinte.

5. PROPOSTAS

De posse de todas as informações anteriormente informadas, foi possível estabelecer propostas para melhorar o tráfego na área de estudo.

5.1. Propostas gerais

Além das diferentes opções ou soluções para controle da interseção que serão apresentadas nas seções seguintes, nessa primeira são apresentadas algumas propostas comuns a todas, pois abrangem aspectos de melhoria da sinalização e do estado da interseção em geral. Assim, em primeiro lugar se observa que a situação da sinalização na área de influência das 5 esquinas apresenta defeitos ou até mesmo a inexistência da mesma em alguns lugares. A sinalização horizontal necessita ser reforçada para que os motoristas possam se colocar de forma correta nas faixas e, principalmente, indicar a faixa de retenção de cada aproximação, que atualmente é quase que invisível, prejudicando o desempenho dos motoristas.

Ainda sobre a sinalização, é necessário rever a utilização dos tachões empregados no local, visto que este tipo de sinalização não tem seu uso recomendado para a finalidade empregada (deveriam ser segregadores de tráfego). Por outro lado, a sinalização vertical também necessita de atenção, como placas regulamentadoras de velocidade que indiquem os limites de velocidade em cada ramo. Ao encontro disto cita-se a necessidade de melhoria na iluminação pública no local, para favorecer o motorista auxiliando-o na visibilidade da interseção e de possíveis situações de risco tanto para o motorista quanto para o pedestre.

Como se verá nas seções seguintes, algumas das propostas levam à permanência do controle semafórico na interseção. Nesses casos, os semáforos deverão ser renovados em sua totalidade, como novos grupos focais e controladores semafóricos.

Referente às condições das faixas de tráfego, aponta-se a necessidade da alteração do modelo de bueiro utilizado, visto que ele, por estar em uma cota significativamente inferior ao da faixa, causa desconforto ao motorista no momento de realizar a manobra sobre ele. Ainda se aponta pela necessidade de pavimentação da chegada da rua Bento Gonçalves ao semáforo, a qual atualmente apresenta constituição por paralelepípedos. Além de aumentar o conforto do usuário, o novo pavimento auxiliaria na visibilidade da demarcação das faixas de tráfego e da linha de retenção além de representar melhoria na capacidade da aproximação. Melhoras na pavimentação em geral da interseção também são apontadas.

Um dos aspectos a serem considerados, e também passível de mudança, é a um carro de lanche que está nas imediações da interseção, mais precisamente, na Av. Brasil no sentido Sul-Norte. O veículo que está estacionado no local há muitos anos está com metade sobre o passeio público e outra metade sobre a via. Esta parte que está sobre a via dificulta os veículos que desejam realizar a conversão a direita e ingressar na Rua Júlio de Castilhos, de se enfileirarem, enquanto a parte que está sobre a calçada invade o espaço destinado aos pedestres.

Portanto, é necessário diálogo com a parte envolvida para que se encontre a melhor solução possível, que passará sempre pela mudança do local do carro, fora da área de influência da interseção. Assim, recomenda-se, caso o carro de lanche puder ficar nas proximidades, que seja deslocado em torno de 20 m em direção ao Sul da Av. Brasil, ou deslocar da posição que está para o outro lado da via, ficando próximo aos táxis existentes no local, sempre fora do passeio público.

Outra indicação é quanto a eliminação das áreas de estacionamento nas aproximações dos semáforos pois, conforme citado nas seções anteriores, a distância da área de estacionamento (z) é um influenciador negativo para os fluxos de saturação. Devido à extensa formação de filas nos horários de pico nas aproximações, sendo maiores do que a área de proibido estacionar, os veículos têm problemas no posicionamento nas faixas de rodagem. Portanto, todas as quadras que formam parte das aproximações à interseção devem apresentar proibição total de estacionamento, ou seja: Avenida Brasil entre a Rua dos Loretos e a Rua Coronel Santos Filho; e Rua Bento Gonçalves entre a Rua Marcílio Dias e a Rua Aparício Borges, como mínimo em 60 m antes da faixa de retenção dos semáforos.

5.2. Reprogramações semaforicas

5.2.1. Proposta 1

A proposta 1 visa melhorar a tráfegabilidade na região e proporcionar maior segurança aos pedestres, mediante um controle semaforizado da interseção, permanecendo também 4 tempos semaforicos que serão apresentados a seguir, mas como principal mudança encontramos que Av. Brasil em sua porção sul foi considerada de mão única (saindo da interseção, sendo eliminada, portanto, como aproximação). Em primeiro lugar, foi testada uma configuração de estágios sem tempo específico de pedestres, para, a partir dele, na

sequência, incorporar o estágio de pedestres necessário. Assim, nesse primeiro teste, o diagrama de estágios foi o indicado na Figura 40.

Os tempos programados foram obtidos a partir dos dados coletados para os picos do meio dia e à tarde. Para efeitos de cálculo utilizaram-se como base os mesmos valores de tempos de verde, vermelho geral e amarelo tal qual indicados na seção 4.6.1. Assim, os resultados encontrados estão descritos nos diagramas de barras indicado nas Figuras 41 a 42, e obteve-se os valores de 107 e 96 segundos de tempo de ciclo para os picos do meio dia e da tarde, respectivamente.

Figura 40 – Diagrama de estágios testado eliminando a aproximação da Av. Brasil sul, mas sem estágio de pedestres. Fonte: os autores.

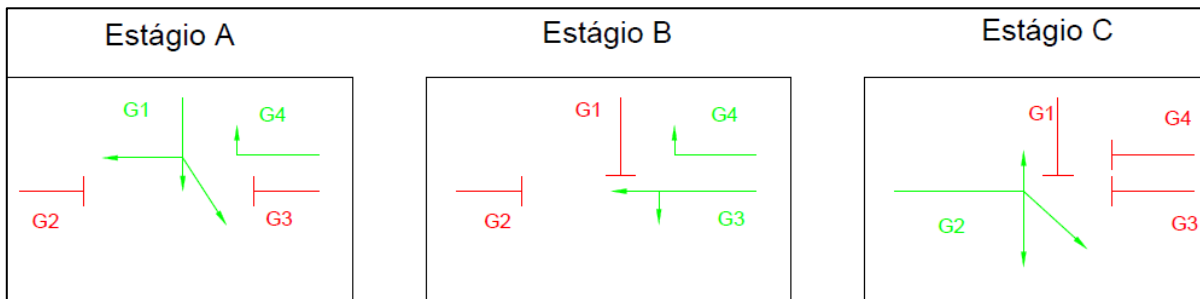


Figura 41 – Diagrama de barras testado para o pico do meio dia eliminando a aproximação da Av. Brasil sul, mas sem estágio de pedestres. Fonte: os autores.

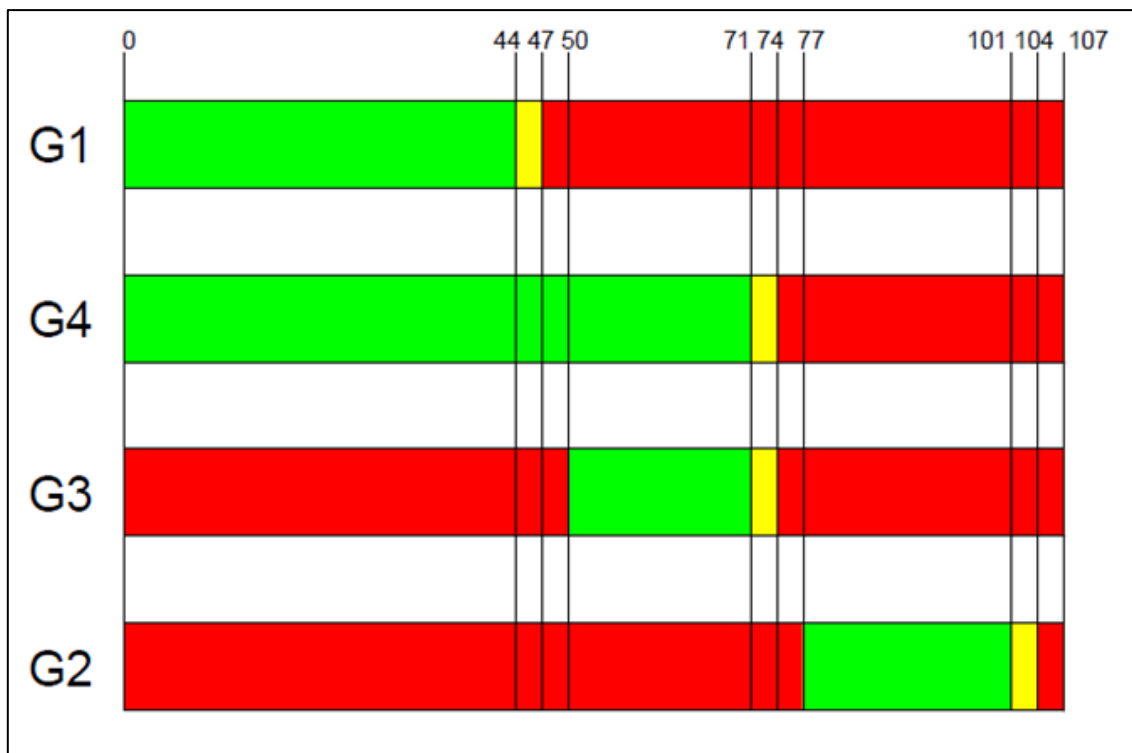
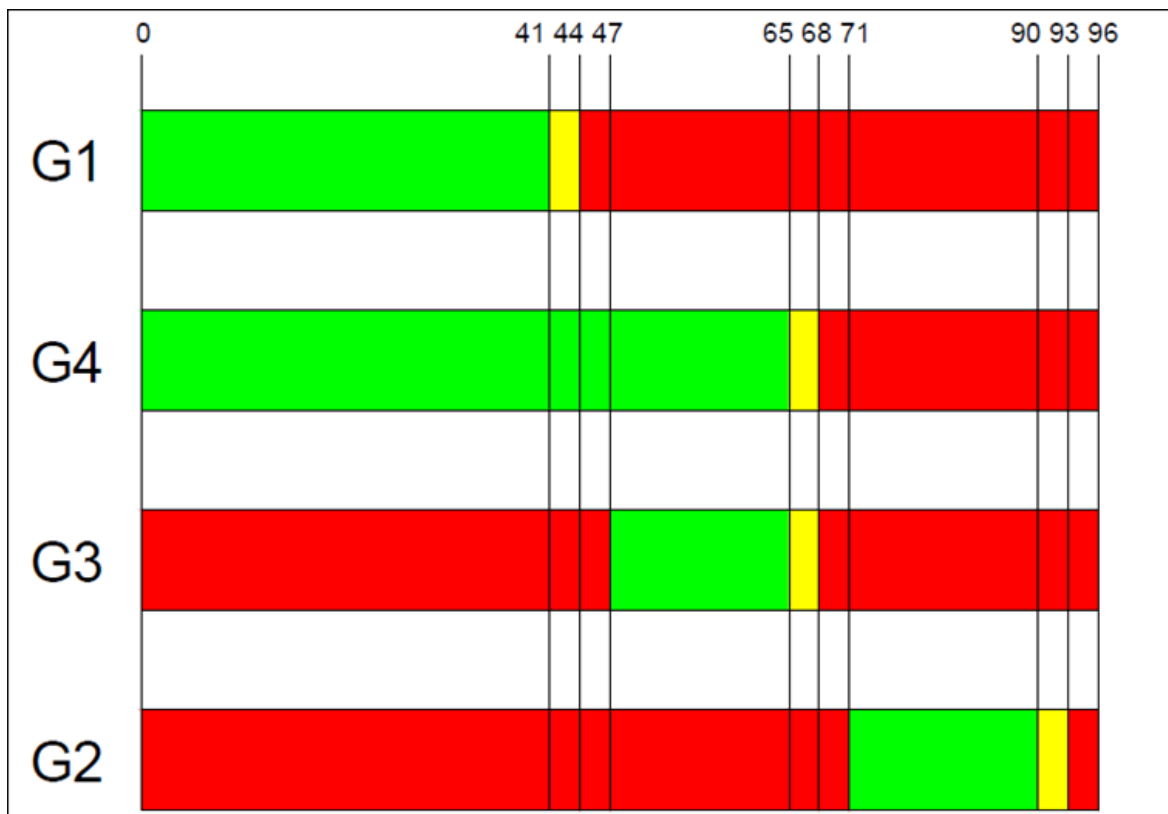


Figura 42 – Diagrama de barras testado para o pico da tarde eliminando a aproximação da Av. Brasil sul, mas sem estágio de pedestres. Fonte: os autores.



A partir do cenário testado, os tempos semafóricos foram recalculados levando em consideração um estágio exclusivo para a travessia de pedestres. Os estágios semafóricos podem ser vistos na Figura 43.

A partir desta nova configuração de cenário os cálculos de tempo de ciclo foram recalculados. Considerando um tempo mínimo de 7s de tempo de verde para a travessia de pedestres e, conforme manual, adicionado 1s ao tempo de vermelho geral anterior ao estágio de pedestres. Desta forma, os resultados obtidos são expressos nas Figuras 44 e 45.

Figura 43 – Diagrama de estágios da Proposta 1 de reprogramação semafórica para o pico da tarde. Fonte: os autores.

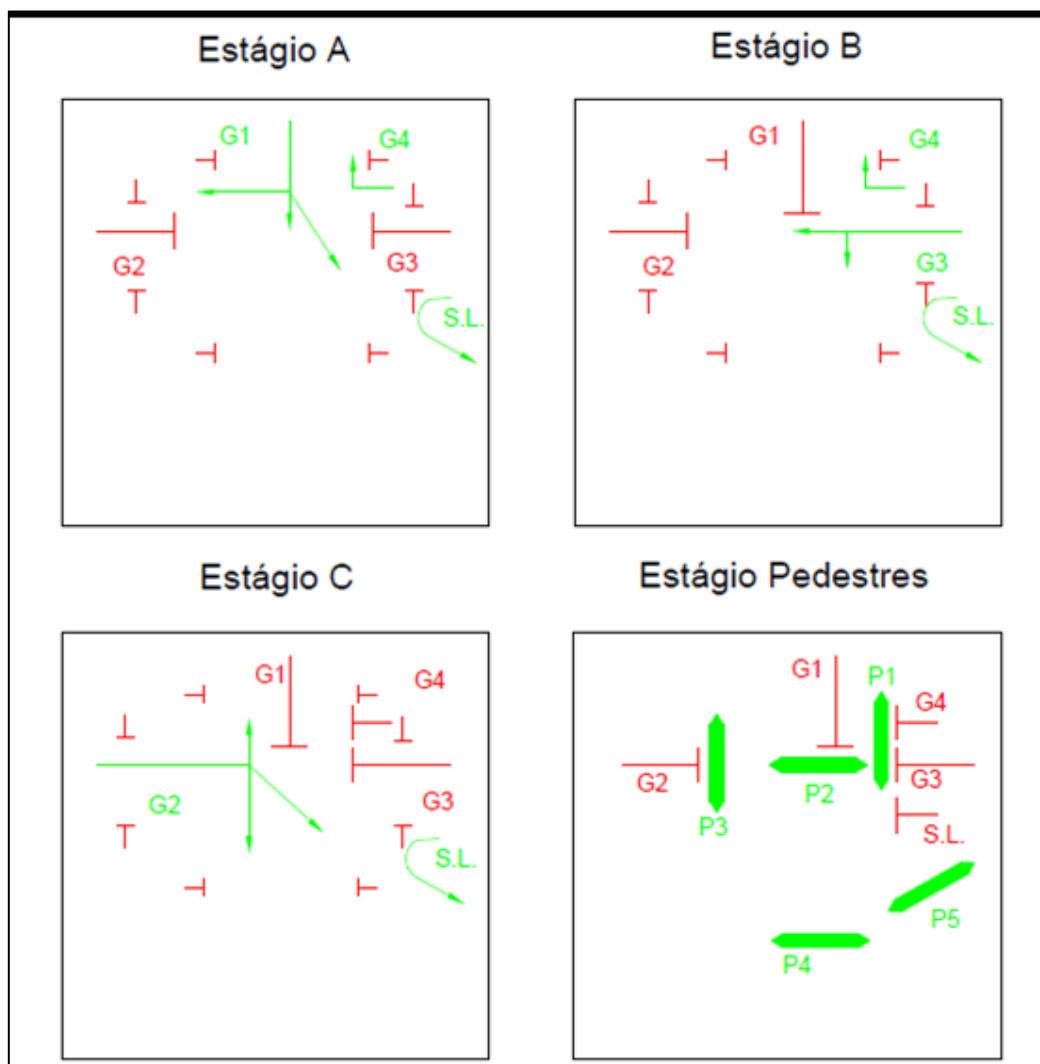


Figura 44 – Diagrama de barras da Proposta 1 de reprogramação semafórica para o pico do meio dia. Fonte: os autores.

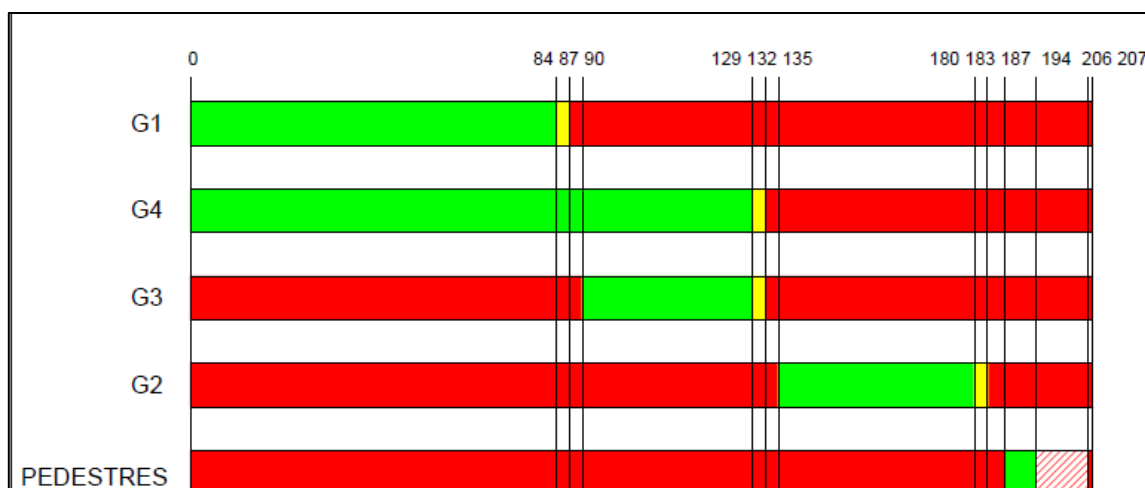
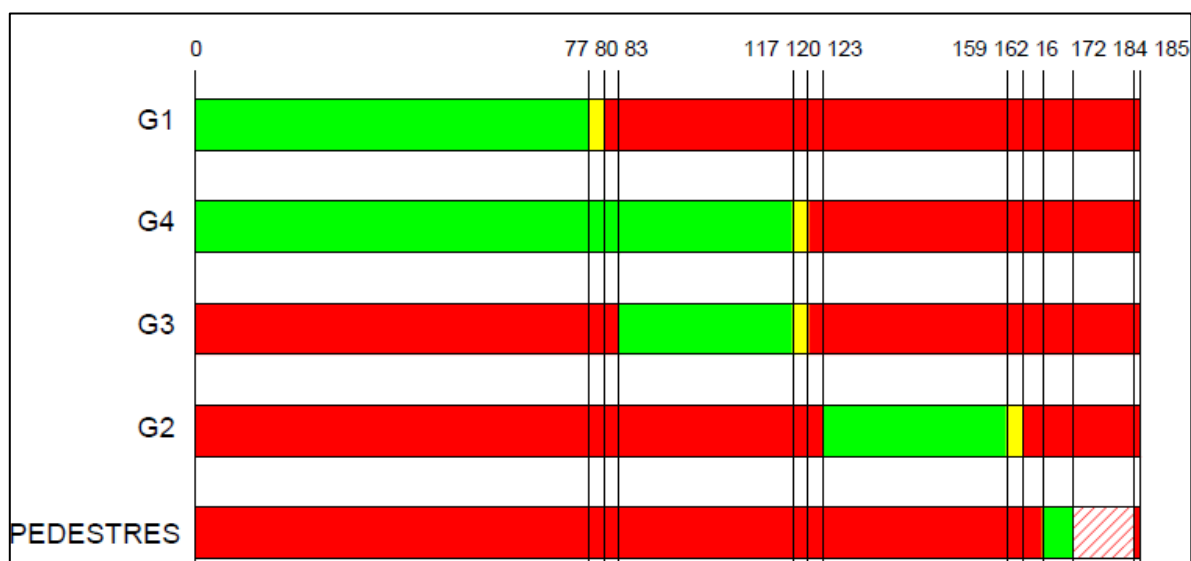


Figura 45 – Diagrama de barras da Proposta 1 de reprogramação semafórica para o pico da tarde. Fonte: os autores.



Podemos observar a influência que o estágio de pedestres exerce sobre o tempo de ciclo, onde o mesmo passa de 107 s e 96 s, sem estágio de pedestres, para 207 e 185 s considerando o estágio para os pedestres, respectivamente. De novo, de acordo com a recomendação do manual de semáforos, tempos semafóricos superiores a 120 s não são adequados, e por essa razão essa configuração não é viável.

5.2.2. Proposta 2

A proposta 2 também visa melhorar a trafegabilidade na região e proporcionar maior segurança aos pedestres, permanecendo também 4 tempos semafóricos como apresentados a seguir em que o movimento denominado q13 é eliminado.

Na Figura 46 observa-se o primeiro estágio da interseção dessa proposta. A sugestão é que são permitidos os movimentos em frente e à direita das duas aproximações da Av. Brasil. Nesse estágio, os pedestres do movimento P1 poderiam atravessar. O segundo estágio aparece representado na Figura 47. Nele, abre-se o semáforo para os motoristas que estão na Av. Brasil continuarem na Rua Júlio de Castilhos e também para os motoristas vindo da Rua Bento Gonçalves à direita (sentido Av. Brasil). Nesse estágio, os pedestres que estiverem a utilizar a faixa de segurança localizada na Rua Bento Gonçalves oeste e na Av. Brasil sul poderiam atravessar em segurança.

Figura 46 – Representação do estágio A da Proposta 2 de reprogramação semafórica.

Fonte: os autores.

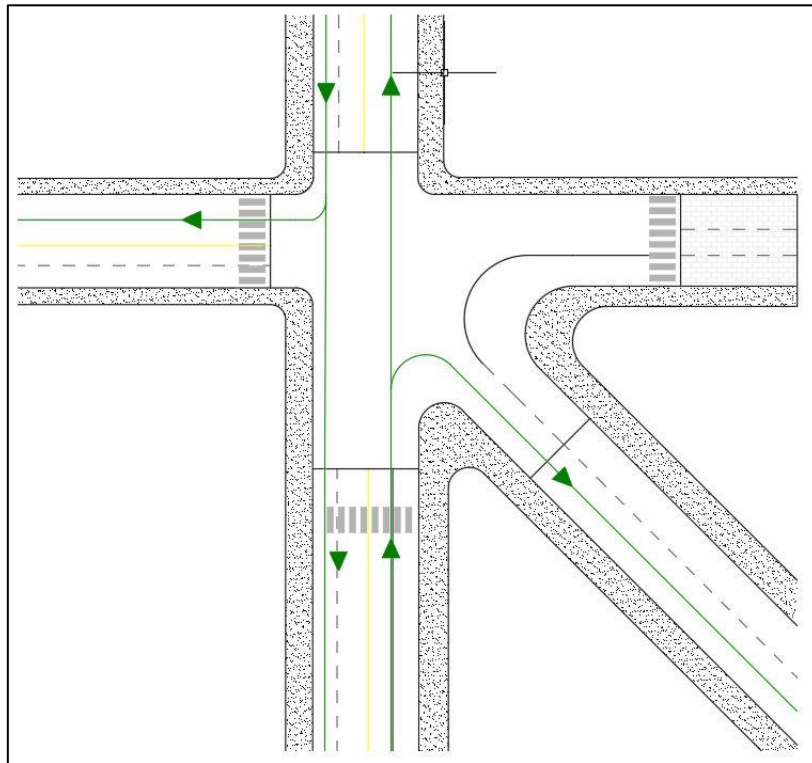
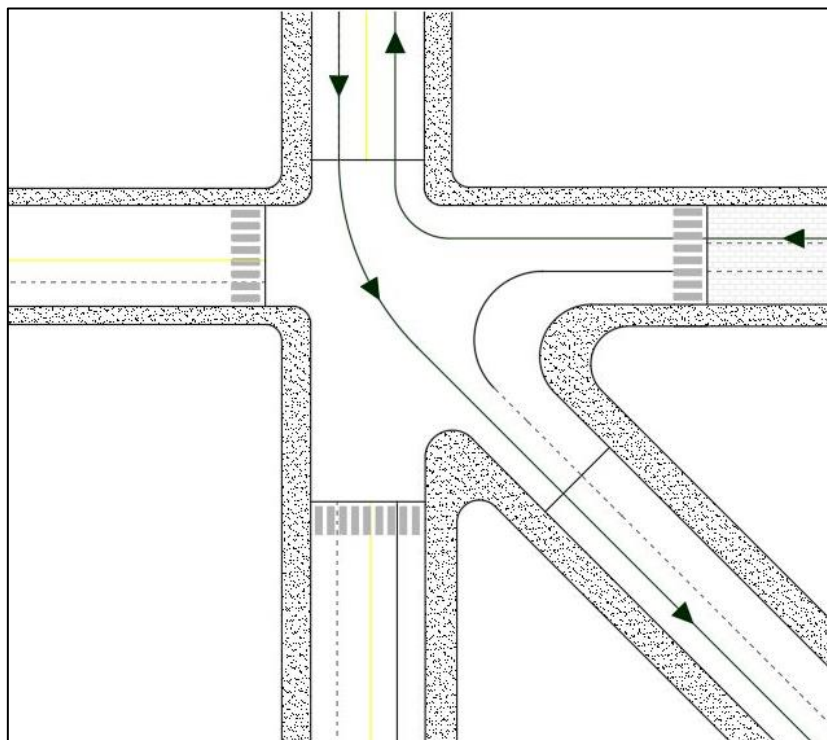


Figura 47 – Representação do estágio B da Proposta 2 de reprogramação semafórica. Fonte:

os autores.



Os movimentos permitidos no terceiro estágio são representados na Figura 48, nas duas aproximações da Rua Bento Gonçalves, mas apenas em frente e à direita. Nesse estágio, os movimentos de pedestres estariam proibidos. No quarto estágio, como observa-se na Figura 49, apenas a conversão a esquerda da Rua Bento Gonçalves vindo da Rodoviária em direção à Avenida Brasil sentido norte. Assim, as travessias de pedestres P1, P4 e P5 estariam permitidas.

Para ambas as propostas, além da modificação do sentido dos fluxos, é importante que a sinalização da região, tanto vertical quanto horizontal seja melhorada e modificada. As faixas de segurança terão que ser sinalizadas no solo e, a acessibilidade feita conforme as normas em vigor para que quem precise, possa ingressar nas faixas de segurança.

Figura 48 - Representação do estágio C da Proposta 2 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.

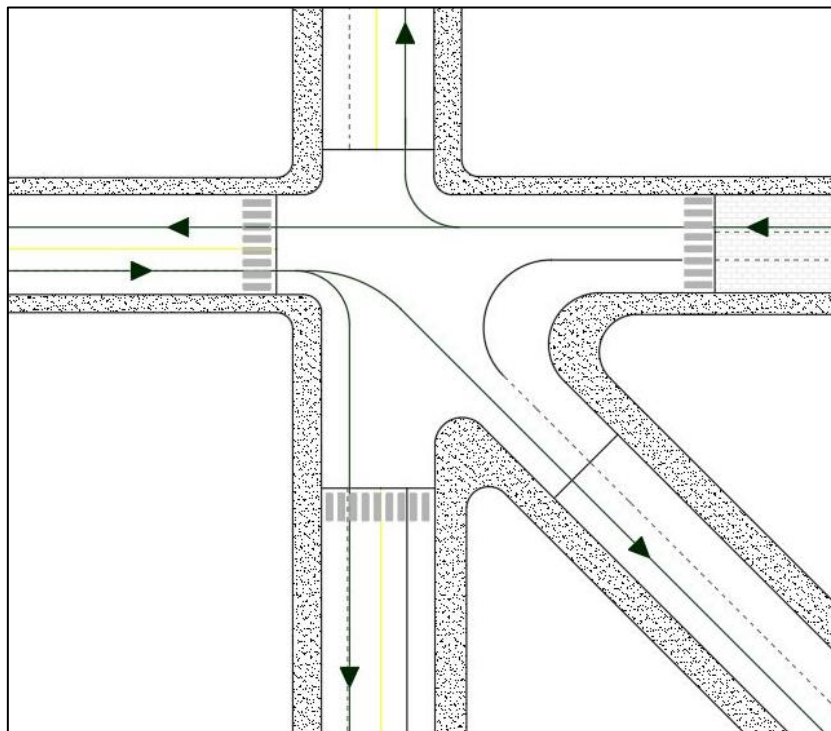
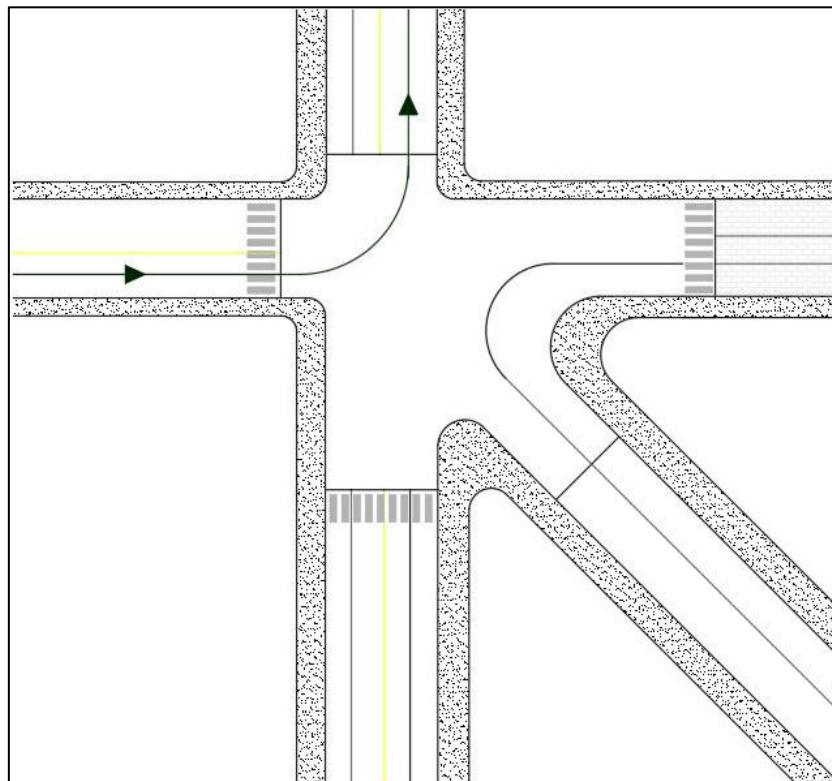
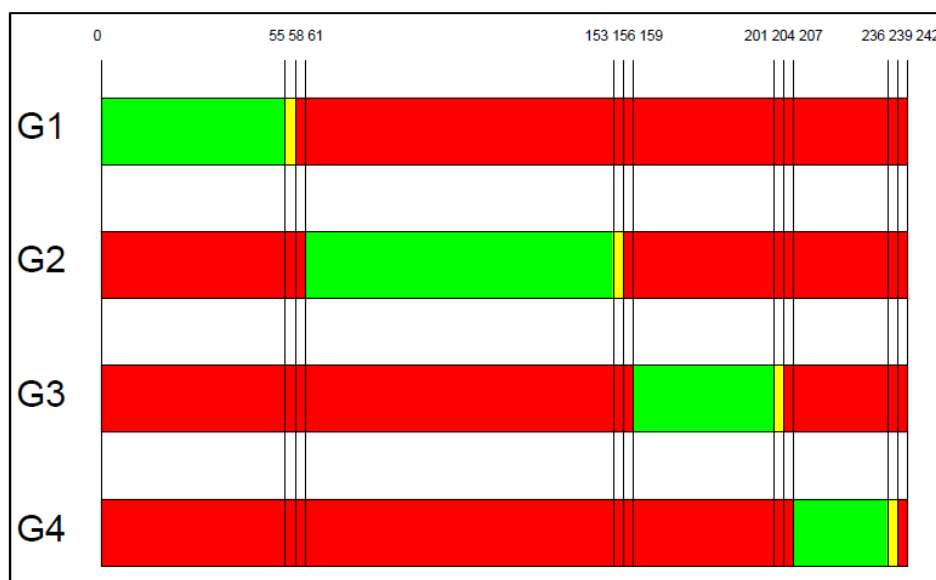


Figura 49 - Representação do estágio D da Proposta 2 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



Os tempos semafóricos calculados para a proposta 2 ficam como apresentado na Figura 50. Como pode ser observado, o tempo de ciclo é também excessivo, o que inviabiliza a proposta.

Figura 50-Tempos semafóricos para a Proposta 2 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



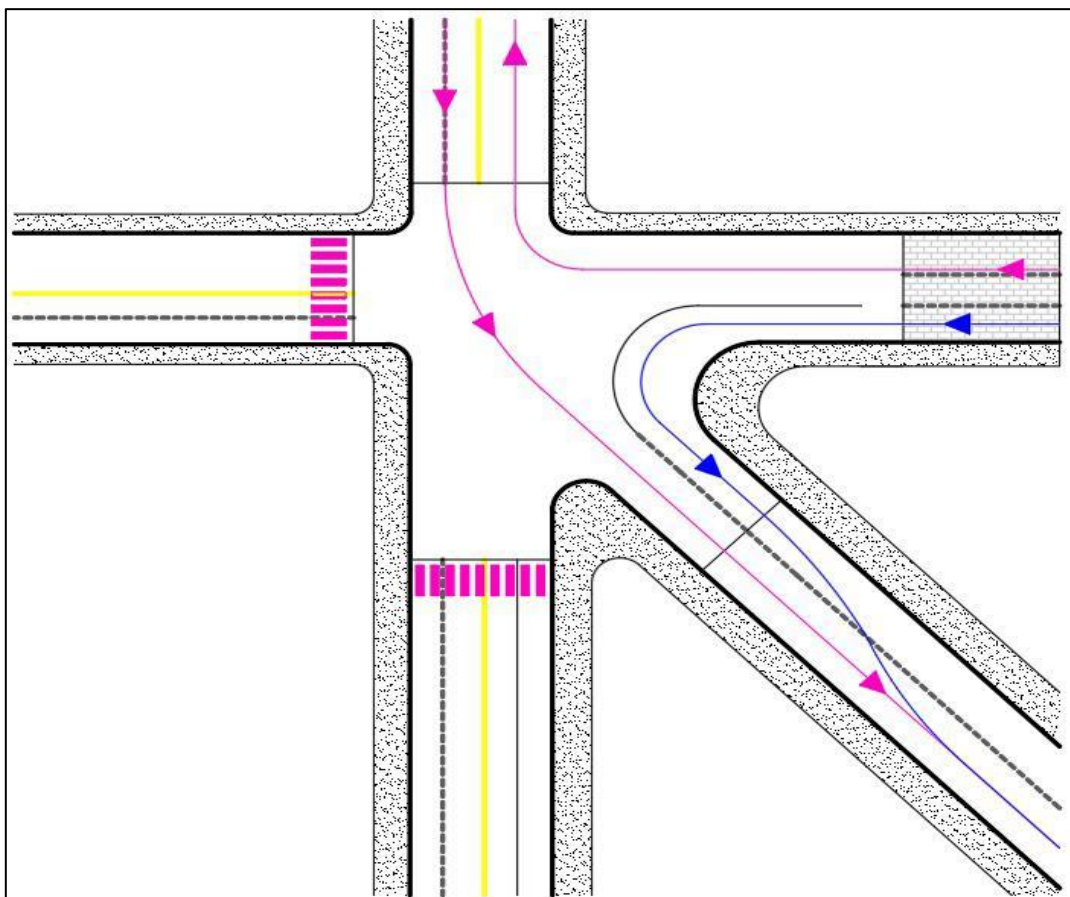
5.2.3. Proposta 3

A seguinte proposta também passa pela reprogramação semafórica da interseção a partir de algumas mudanças de movimentos permitidos na mesma, sempre com o objetivo de melhorar a trafegabilidade na região e proporcionar maior segurança aos pedestres. Com esta proposta, os estágios semafóricos passam de 4 para 3, e as conversões à esquerda q13, q33 e q43 são proibidas, visando diminuir o tempo de ciclo mas incluindo estágios para pedestres.

No primeiro estágio semafórico seriam permitidos dois movimentos de veículos, o de quem trafega pela Av. Brasil em direção à Rua Júlio de Castilhos, e quem trafega pela Rua Bento Gonçalves e faz conversão à direita para ingressar na Av. Brasil. Com estes dois movimentos permitidos, é possível proporcionar segurança aos pedestres que desejam atravessar a via na porção sul da Av. Brasil e na porção Oeste da Rua Bento Gonçalves, pois não terá circulação de veículos neste momento, e também necessário a demarcação de faixa de segurança no solo, conforme a Figura 51.

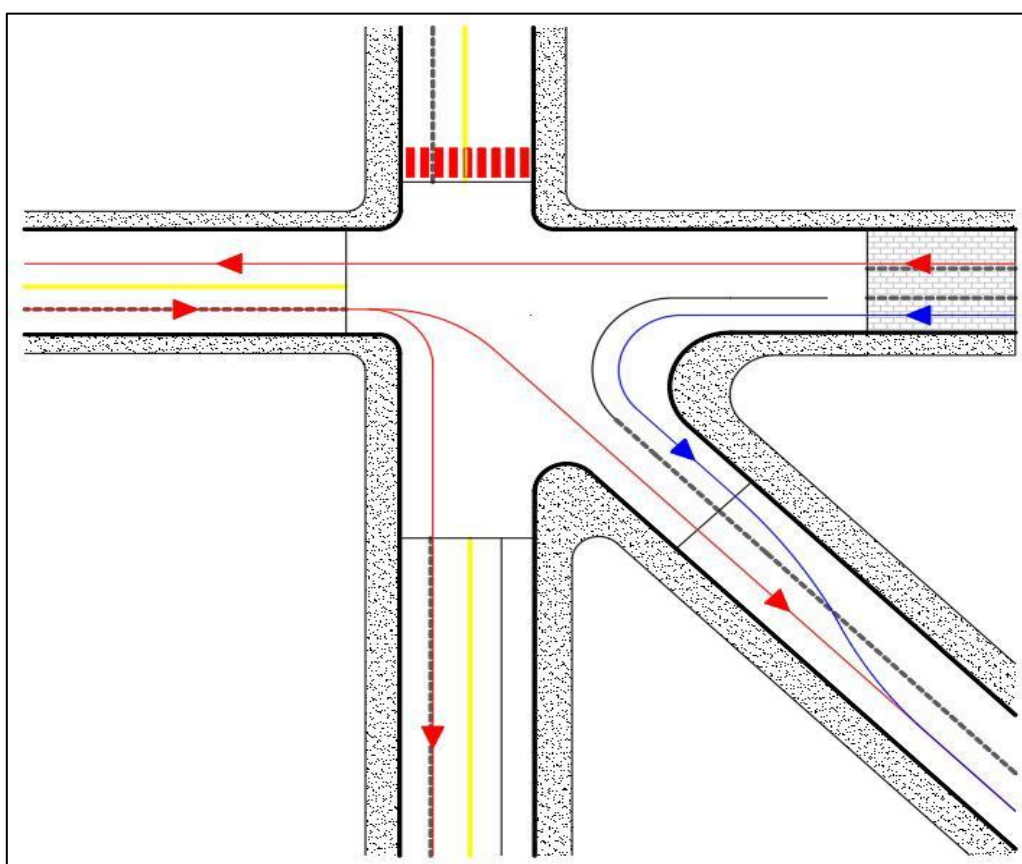
Figura 51 – Representação do estágio A da Proposta 3 de reprogramação semafórica.

Fonte: os autores.



No segundo estágio semafórico, os veículos trafegariam pela Rua Bento Gonçalves da direção Leste-Oeste, também trafegariam da Rua Bento Gonçalves em direção à Rua Júlio de Castilhos, e da Rua Bento Gonçalves fazendo conversão a direita para ingressar na Av. Brasil. Deste modo a Av. Brasil na porção norte não teria movimento de veículos, o que aliado a uma faixa de segurança demarcada no solo da via, proporcionaria segurança aos pedestres para atravessar a mesma. A Figura 52 exemplifica o que está sendo proposto.

Figura 52 – Representação do estágio B da Proposta 3 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



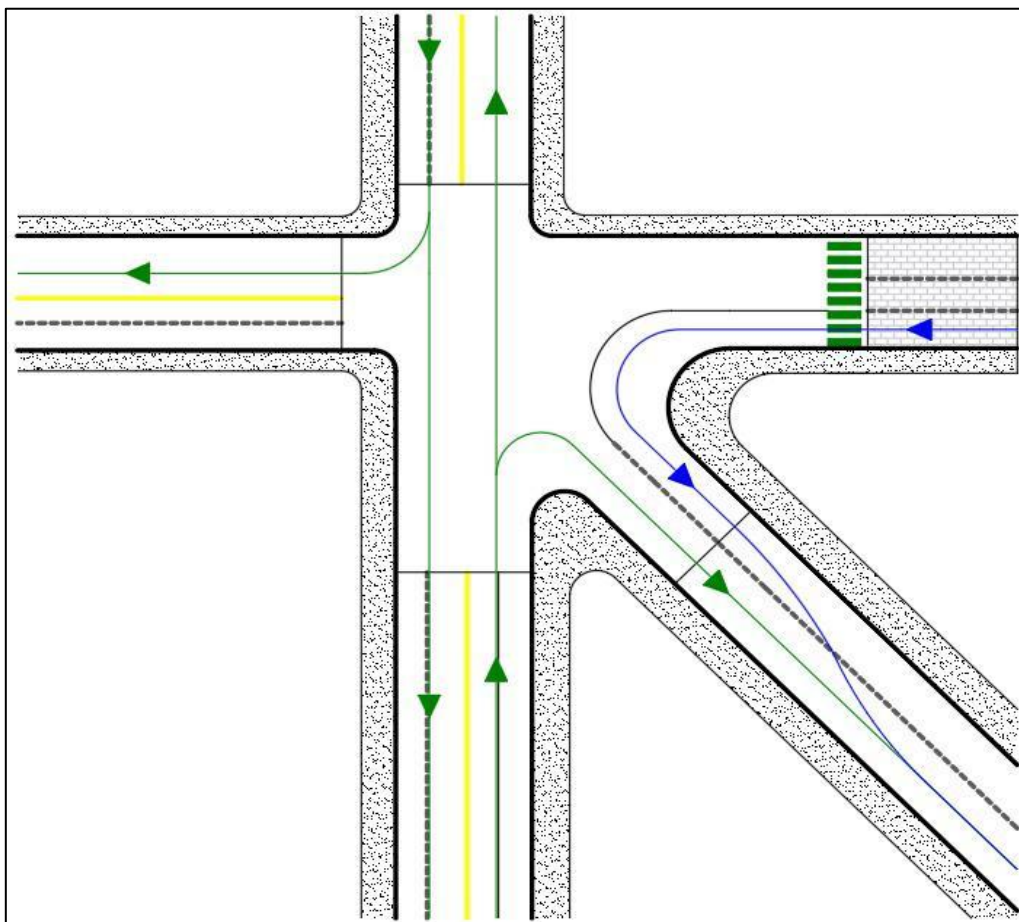
Por fim, com a proposta de diminuir os estágios semafóricos de 4 para 3, seria necessário proibir o movimento de conversão a esquerda em 3 momentos. O primeiro é de quem trafega pela Rua Bento Gonçalves no sentido Oeste-Leste, não poderia ingressar na Av. Brasil. Para tanto, a tendência é os veículos realizarem conversão a esquerda no cruzamento da Rua Bento Gonçalves com a Rua Marcílio Dias.

Outra conversão à esquerda proibida é a de quem trafega pela Av. Brasil no sentido Sul-Norte e deseja ingressar na Rua Bento Gonçalves. Com esta proibição, a tendência é que

os veículos que trafegam pela Rua Senador Pinheiro Machado no sentido Sul-Norte, continuem seu movimento em direção à Rua dos Loretos.

No terceiro estágio semafórico, a proposta é que os veículos possam transitar partindo da Av. Brasil no sentido Norte-Sul e a conversão a direita para ingressar na Rua Bento Gonçalves seja permitida, bem como a continuação do movimento em direção ao Sul. Outro movimento a ser permitido neste estágio semafórico é de quem trafega pela Av. Brasil no sentido Sul-Norte, que poderá continuar seu movimento em direção ao Norte, bem como realizar a conversão a direita para ingressar na Rua Júlio de Castilhos. Com isto, a Rua Bento Gonçalves na porção Leste, aliado a uma faixa de segurança demarcada no solo, proporcionaria segurança aos pedestres que desejarem atravessar a via. A Figura 53 exemplifica a proposta.

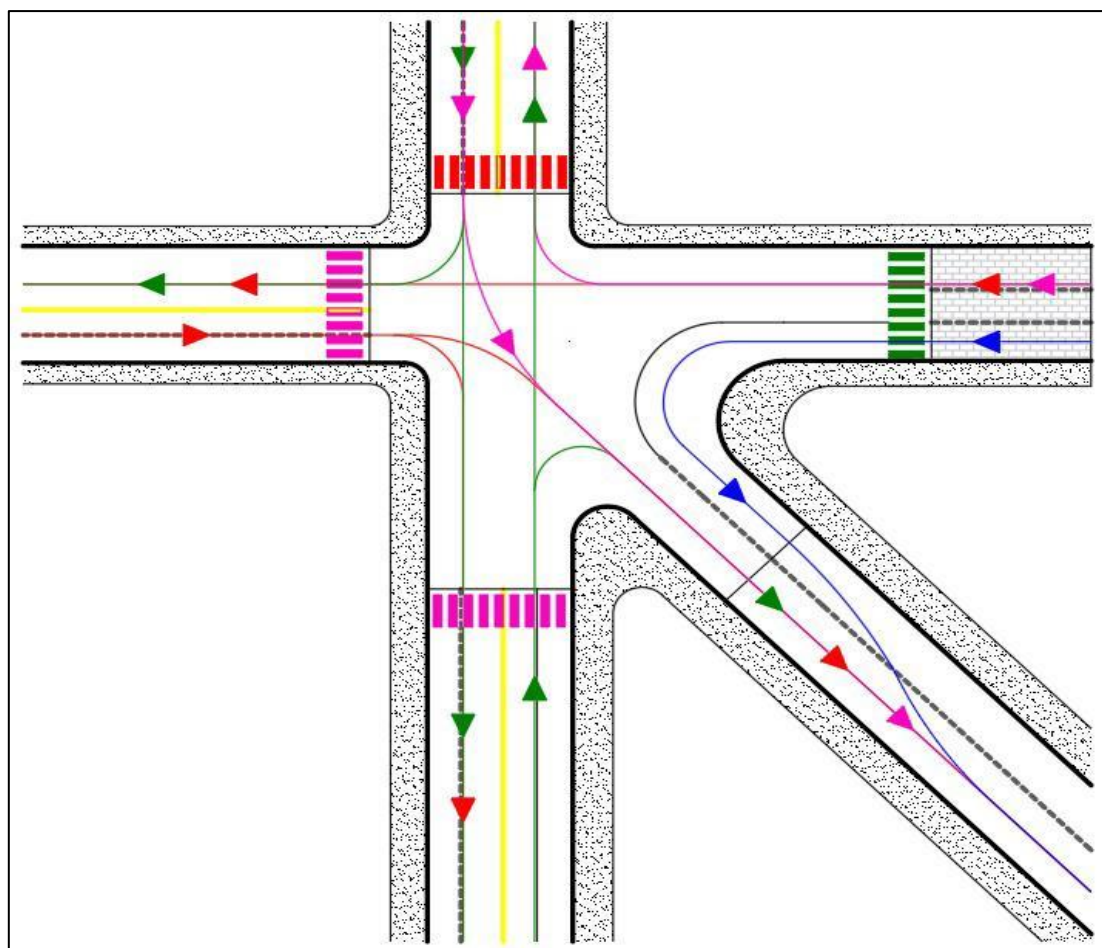
Figura 53 – Representação do estágio C da Proposta 3 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



O terceiro movimento a ser proibido a esquerda é o de quem trafega pela Rua Bento Gonçalves no sentido Leste-Oeste e deseja ingressar na Av. Brasil. Ele é denominado como “q13”. A proibição deste movimento tem uma particularidade pois afeta o transporte público da cidade; os ônibus urbanos teriam que seguir em direção a rodoviária pela Rua Bento Gonçalves e retornariam pela Rua dos Loretos para ingressar na Av. Brasil e seguir em direção ao Norte da cidade.

A Figura 54 demonstra todos os movimentos permitidos na intersecção com a proposta de modificação da intersecção e as faixas de pedestres sinalizadas no solo.

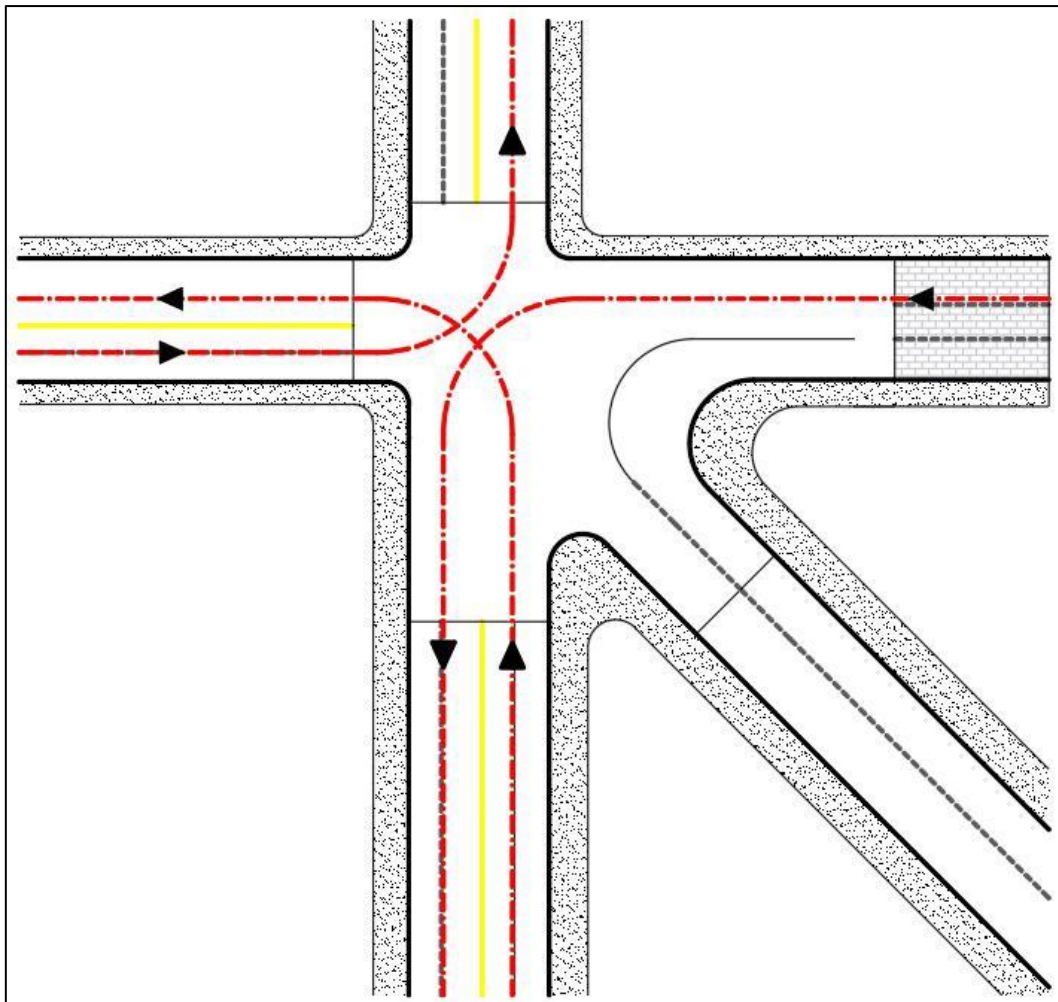
Figura 54 – Representação dos movimentos permitidos a partir da Proposta 3 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



Para permitir a travessia de pedestres na Rua Júlio de Castilhos, recomenda-se a sinalização de uma faixa de pedestres, com a sinalização necessária para dotar de segurança à mesma.

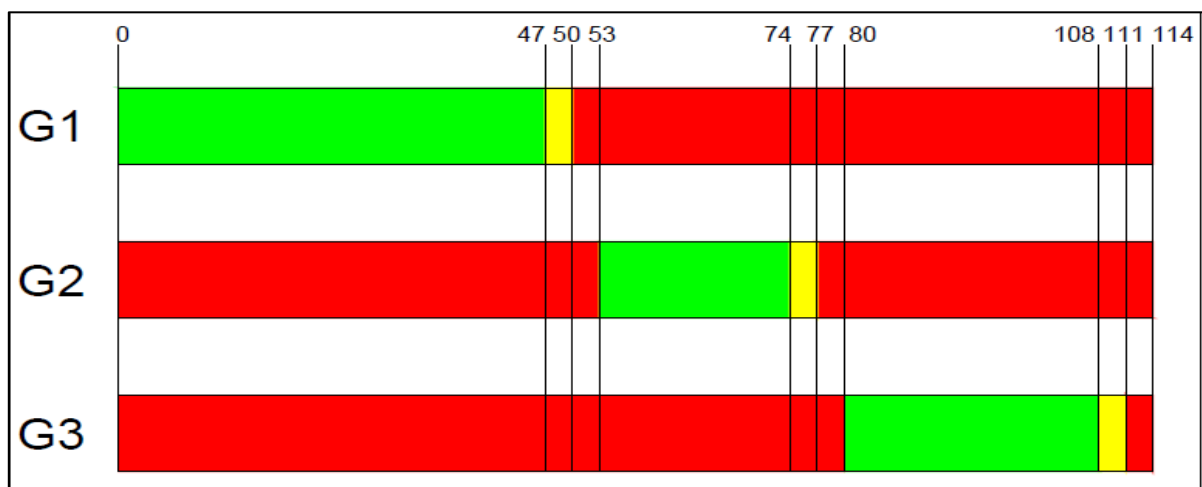
Na Figura 55 estão representados todos os movimentos não permitidos na interseção com a proposta de modificação da interseção. Com isto e, conforme demonstrado nas figuras anteriores, o fluxo de quem trafega na Rua Bento Gonçalves no sentido Leste-Oeste e deseja ingressar na Rua Júlio de Castilhos, terá seu movimento permitido sempre, este movimento é denominado “siga-livre”, e foi mantido devido a ter sido registrado o maior fluxo de veículos, fluxo maior inclusive de quem se desloca pela Av. Brasil em direção à Rua Júlio de Castilhos. É importante ressaltar que o “siga-livre” possui liberdade para realizar a sua trajetória, porém deverá obedecer a sinalização da faixa de pedestre sinalizada no solo.

Figura 55 – Representação dos movimentos proibidos pela Proposta 3 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



Os tempos semafóricos calculados para a proposta 3 são apresentado na Figura 56, onde pode se observar que o tempo de ciclo ficou menor de 2 minutos, menor também da situação atual.

Figura 56 –Tempos semafóricos para a Proposta 3 de reprogramação semafórica. Fonte: os autores.



Outra vantagem dessa proposta é que não é necessário o estágio específico para pedestres, que causa um grande impacto na operação da interseção, mas os pedestres possuem oportunidades de realizarem as travessias em segurança, sempre que sejam instalados focos semafóricos para pedestres e faixas de segurança sejam adequadamente sinalizadas. Porém, esta proposta deixa não oferece um tempo livre para a travessia dos pedestres na Rua Júlio de Castilhos, mas esse aspecto pode ser amenizado colocando também uma faixa de pedestres em local mais afastado da interseção, com sinalização evidente e, ainda, dispositivos que reduzam o tempo de travessia (pois essa travessia apresenta 10 m de largura, como indicado na seção 2.3) e melhorem sua visibilidade. Nesse caso, recomenda-se a eliminação dos estacionamentos em ambos os lados da rua no espaço compreendido entre a interseção e a faixa de pedestres proposta, implantando avanços de calçada que reduzam a largura da pista de rolamento a 6,0 m (duas faixas estreitas, uma para a que procede do “siga livre” e outra para os demais movimentos procedentes dos semáforos), o que também favorecerá para redução da velocidade dos veículos nesse trecho.

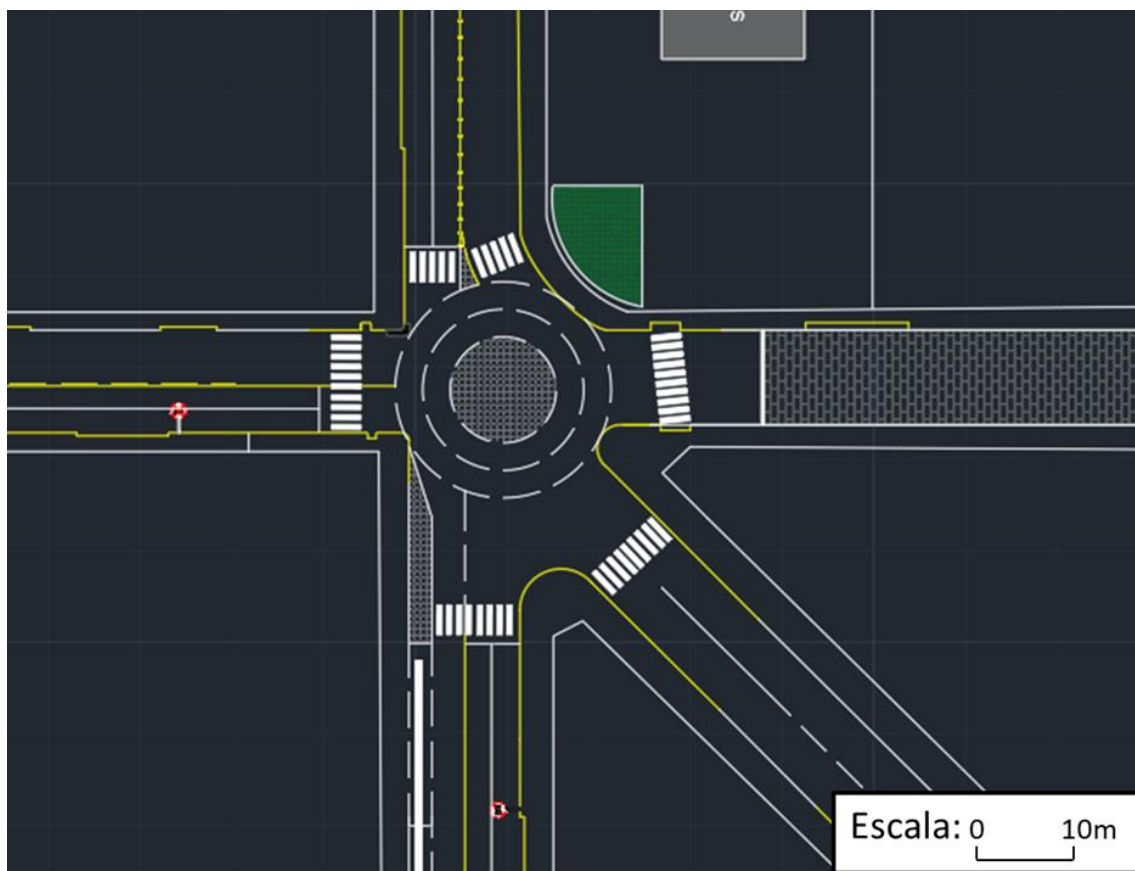
5.3. Implantação de rotatória

De acordo com a verificação da necessidade de separação de conflitos na interseção, também foi realizado o estudo de viabilidade técnica para a implantação de uma rotatória. Esse tipo de solução visa a implementação de uma ilha central que permite que o tráfego se mova no sentido anti-horário, podendo realizar os movimentos de entrada e saída da

interseção sem a necessidade de um semáforo. No caso estudado foram consideradas três propostas, todas com rotatórias com duas faixas de rolamento com três metros cada.

A primeira proposta, considerando uma rotatória com raio do canteiro central de cinco metros e oitenta centímetros, recebendo todos os fluxos de aproximação da interseção. Esta proposta mostrou-se inadequada do ponto de vista geométrico, pois não preenche devidamente o espaço existente na da interseção, ou seja, os fluxos de veículos não são canalizados para a rotatória. Essa situação pode ser observada na Figura 57.

Figura 57 - Proposta 1 de rotatória. Fonte: os autores.

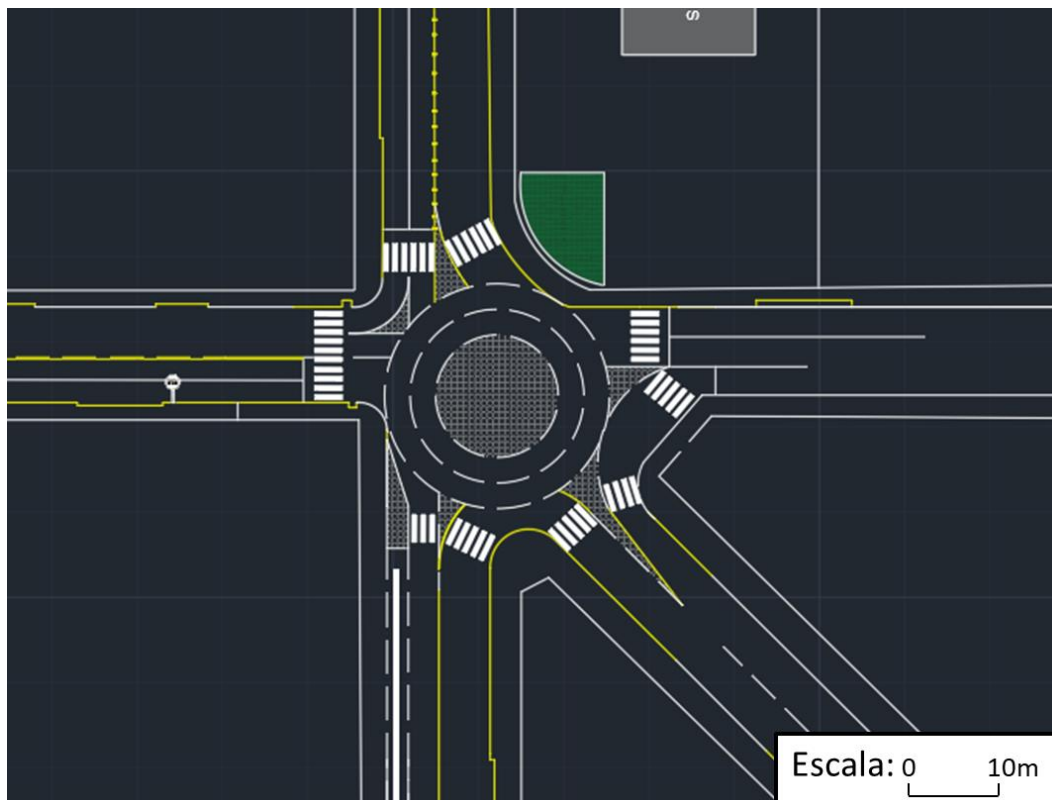


A segunda proposta, considerando uma rotatória com raio de ilha central de sete metros e vinte centímetros, apresenta na aproximação da interseção pela Rua Bento Gonçalves uma terceira faixa à esquerda destinada ao “siga-livre” para quem acessa a Júlio de Castilhos, não necessitando ingressar na rotatória para realizar o movimento, ou seja, podendo usufruir de uma faixa exclusiva para essa conversão. Neste caso, o “siga livre” tem largura central de sete metros e setenta centímetros para acomodar a circulação de veículos comerciais (não acomodando a circulação de ônibus). Para acomodar tal largura, é necessário adentrar na quadra, utilizando o espaço atualmente ocupado por uma edificação entre a Rua

Bento Gonçalves e a Rua Júlio de Castilhos, da qual soube-se através da mídia local que existe intenção da Prefeitura de desapropriar com objetivo de melhorar a mobilidade da região.

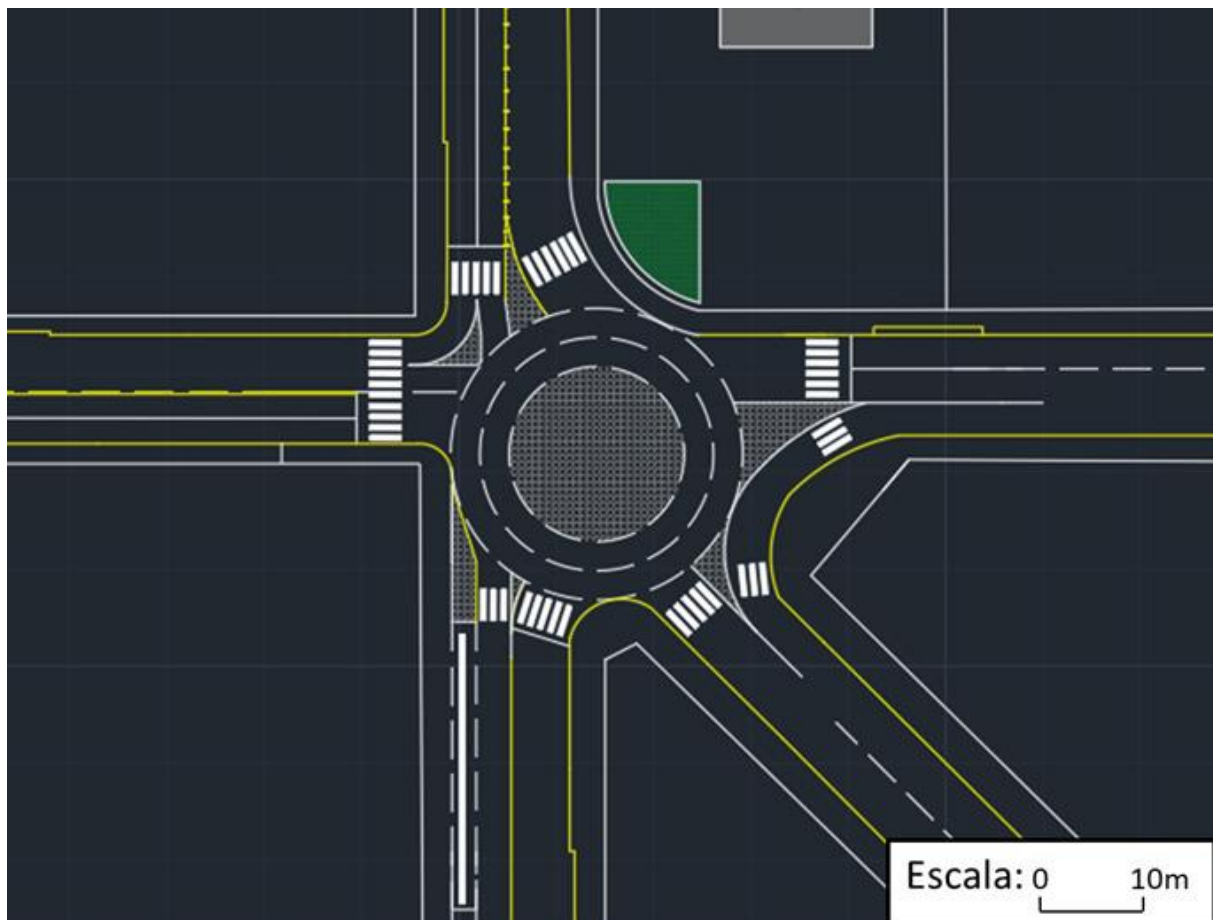
Diferente da proposta anterior, os fluxos são canalizados para a interseção, contudo na conversão q21 há a recomendação de um “siga livre” para conversão a direita, e a conversão q41 também pode ser realizada sem adentrar na interseção. Sendo assim, as principais limitações dessa proposta tangem aos fluxos da Avenida Brasil, quem se aproxima pela “porção Norte” da Av. Brasil e deseja continuar na via pode realizar um movimento retilíneo na interseção, o que é inadequado. A aproximação pela “porção Sul” da Av. Brasil para quem deseja acessar a Avenida Julho de Castilhos não tem seu fluxo devidamente acomodado, apresentando espaços não preenchidos e podendo ocasionar situações de conflitos com o fluxo circulante da rotatória que deseja ingressar na Avenida Julho de Castilhos. Por fim, outro aspecto negativo é que o fluxo que utiliza o “siga livre” da Rua Bento Gonçalves tangencia o fluxo circulante da rotatória em sentido oposto, essa situação é de alto risco, podendo ocasionar colisão frontal principalmente quando veículos comerciais grandes estão utilizando o “siga livre” Avenida Julho de Castilhos. A Figura 58 apresenta essa proposta.

Figura 58 - Proposta 2 de rotatória. Fonte: os autores.



Por fim, a terceira proposta foi elaborada considerando uma rotatória com nove metros de raio do canteiro central. Este cenário é acompanhado de dois “siga livre”, um para quem se aproxima da interseção pela “porção Norte” da Av. Brasil e deseja realizar a conversão a direita e outro para quem se aproxima da interseção pela Rua Bento Gonçalves e acessa a Rua Júlio de Castilhos. Nesta proposta, esse último “siga livre” é deslocado mais para dentro da quadra, apresentando uma extensão maior permitindo que a mudança de sentido seja realizada em dois momentos, essa situação permite o giro de todo tipo de veículos em virtude das dimensões praticadas. Para manter o passeio com largura adequada, é necessário que este adentre a quadra na esquina entre a Av. Brasil e a Rua Bento Gonçalves um pouco mais do que a proposta anterior. Observa-se na Figura 59 que todos os espaços da interseção são ou preenchidos por faixas de rolamento ou por ilhas para pedestres que conduzem o fluxo para a interseção e podem ser utilizadas como ponto de espera segura para os pedestres realizarem a travessia.

Figura 59 - Proposta 3 de rotatória. Fonte: os autores.



Todas as propostas tiveram o seu nível de serviço verificado para os cenários atual e para um cenário futuro considerando um crescimento da demanda de 30%. Em suma, os resultados obtidos apontam que o cenário da primeira proposta de rotatória apresenta pior desempenho no futuro, apresentado níveis de serviço C para quem entra na interseção pela Rua Bento Gonçalves sentido Rodoviária e Nível de Serviço B para quem entra na rotatória pela porção norte Av. Brasil. Nas demais propostas, observa-se para o cenário atual e o cenário futuro o nível de serviço A em todas as aproximações. Logo, comparando as propostas dois e três sob a ótica de aspectos geométrica da via a terceira proposta de rotatória mostrou-se a mais adequada, visto que com exceção aos “siga livre” todos os demais fluxos devem ingressar na interseção para realizar as conversões.

Sugere-se também a implantação de ilhas centrais nas aproximações das vias à interseção, a fim de canalizar os fluxos para entrar na intercepção reduzindo a velocidade de aproximação. Nesse caso, é interessante o emprego de faixas de segurança para pedestres, permitindo com que estes realizem a travessia em etapas, uma para cada sentido de tráfego. Recomenda-se ainda o reforço de sinalização horizontal e vertical, para que os motoristas ao se aproximarem na interseção deem preferência para o fluxo circulante na rotatória. Por fim, o ponto de taxi da Av. Brasil deve ser deslocado para o sentido de dentro da quadra, dando espaço para uma faixa de segurança para a travessia de pedestres. Para garantir condições de visibilidade, na Av. Brasil e na R. Bento Gonçalves, como já foi comentado nas propostas gerais, é necessária a remoção de estacionamento na proximidade da interseção garantindo com que o fluxo que entra e sai da rotatória consiga realizar a manobra facilmente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo enfatiza a benfeitoria de alianças entre a universidade e entes públicos onde os maiores beneficiários são os estudantes, que aplicam na prática os conhecimentos adquiridos durante a formação, e a população em geral visto que os resultados obtidos destes trabalhos são validados tecnicamente sendo possível a aplicação de suas propostas. Dito isto, destaca-se a parceria estabelecida entre Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS) e a Prefeitura Municipal desde o auxílio na formulação do Plano de Mobilidade Urbana e agora com atividades vinculadas à implementação das ações previstas nele.

O desenvolvimento deste trabalho necessitou de amplo planejamento tanto de pessoas e recursos quanto de tempo para que pudesse ser concluído no prazo estabelecido e com a qualidade exigida. Para isso, necessitou-se o engajamento de aproximadamente 100 pessoas, entre alunos da UFSM-CS, professores e acadêmicos integrantes do Laboratório de Mobilidade e Logística, além dos militares do 3º Batalhão de Engenharia de Combate de Cachoeira do Sul. Este pessoal arranjado em grupos realizou a coleta de dados durante 40 horas para que, posteriormente, fossem processados e analisados pelos alunos das disciplinas de Engenharia de Tráfego I e II.

De posse dos dados coletados, conseguiu-se fazer um diagnóstico geral da operação do tráfego da interseção no contexto da área na qual está inserida. Assim, destaca a ausência total de prioridade para as travessias e movimentos dos pedestres no ponto analisado, assim como o elevado volume de tráfego, tanto veicular quanto de pedestres, presente em todos os dias de contagem realizados. Ressalta-se a existência de até 4 picos durante os dias úteis da semana e a existência de um movimento em “siga livre” entre as Ruas Bento Gonçalves e Júlio de Castilhos que representa o maior fluxo veicular em todos os períodos. O controle de tráfego da interseção atualmente é realizado mediante 5 grupos semaforicos com um ciclo de 123 segundos distribuídos em 4 estágios, não apresentando saturação em nenhum dos momentos analisados; porém não apresenta estágio específico para travessias de pedestres.

A partir disto sugeriram-se propostas de melhorias para o tráfego na interseção, buscando melhorar a segurança e aumentar a eficiência do trânsito local norteados pelas diretrizes do Plano de Mobilidade Urbana. A aplicação de técnicas metodológicas sobre os dados coletados retornara importantes indicativos para o diagnóstico da interseção.

Um dos principais resultados é referente à necessidade da separação de pontos de conflito, expressa pela necessidade da presença de semáforos controlando a preferência de passagem (seção 4.5) ou mediante a modificação do tipo de interseção (seção 4.4), com várias simulações de cenários. Além disso, como é possível notar no capítulo de propostas, sugere-se em geral a melhoria na sinalização, tanto horizontal quanto vertical e semaforizada, além de atenção especial quanto ao estado do pavimento, a iluminação e bueiros.

Em relação às propostas de controle de tráfego, três delas fazem referência à permanência de semaforização, mas modificando os tempos semaforizados incluindo a proibição dos movimentos, sejam eles por serem responsáveis por maior impacto no trânsito ou para proporcionar a travessia dos pedestres, conforme indicado na seção 5.2. Apenas a última proposta das testadas manifestou-se aceitável (Proposta 3), por permitir travessias seguras para os pedestres, mas exigindo de todas as conversões à esquerda nos semáforos (exceto o movimento de descida da Av. Brasil em direção à Rua Júlio de Castilhos e o movimento denominado “siga livre” da Rua Bento Gonçalves ingressando na Rua Júlio de Castilhos, que fica fora do controle semaforizado). Nos outros casos, os tempos de ciclo necessários para evitar o congestionamento da interseção em horários de pico apresentam valores muito elevados, mesmo considerando apenas um tempo mínimo para a travessia.

Por outro lado, a seção 5.3 sugere a implementação de uma rotatória como modo de separar os conflitos, possuindo três disposições diferentes de rotatória, das quais o presente estudo recomenda apenas a terceira opção por permitir igualmente o controle mais seguro e adequado para veículos e pedestres. Além disso, dentre todas as propostas indicadas julga-se como mais adequada ao local a Proposta 3 de rotatória em comparação às alterações de movimentos e alteração de tempos semaforizados.

Assim, a implementação da rotatória proposta, associada a ilhas centrais, possibilita aos pedestres uma travessia parcial das vias (de grandes dimensões) tornando-a mais segura. Tudo isso sem necessidade de semáforos e permitindo todos os movimentos veiculares atuais, assim como movimentos livres que não precisam ingressar na rotatória. Porém, a solução exige que a interseção adentre na quadra, utilizando o espaço atualmente ocupado por uma edificação entre a Rua Bento Gonçalves e a Rua Júlio de Castilhos, cuja desapropriação a Prefeitura já tem declarado de utilidade pública. Ademais, os cálculos de nível de serviço da rotatória indicaram que, mesmo prevendo um crescimento de 30% da frota veicular, a rotatória continuaria apresentando níveis satisfatórios de desempenho no futuro.

Pode-se sugerir como proposta de estudos futuros a análise das demais interseções no entorno da estudada para fazer uma macroavaliação do tráfego da região, pois as mudanças propostas afetarão à mobilidade em geral dessa área e é possível que os efeitos sobre as outras interseções próximas sejam importantes. Isto seria fundamental para fazer a análise do sistema de transporte de forma ampla, implicando em possíveis alternativas conjuntas, dada a possibilidade de analisar as influências em cada uma das interseções e da mobilidade em geral da cidade.

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. Manual de Semáforos. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília-DF, 1984. 172 p.

BRASIL. Manual de Estudos de Tráfego (IPR. Publ., 723). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro-RJ, 2006. 384 p.

BRASIL. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília-DF, 2011. 301 p.

BRASIL. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades. Brasília-DF, 2013. 37 p.

BRASIL. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Volume V. Sinalização Semafórica. Conselho Nacional de Trânsito. Departamento Nacional de Trânsito. Ministério das Cidades. Brasília-DF, 2014.

CACHOEIRA DO SUL. Plano de Mobilidade de Cachoeira do Sul. PlanMob. Prefeitura Municipal. Abril de 2019.

ANEXO 1



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA DO SUL
PRINCESA DO JACUÍ – CAPITAL NACIONAL DO ARROZ
GABINETE DO PREFEITO

Ofício. GP nº 166/2019

Cachoeira do Sul, 25 de março de 2019.

Assunto: Estudo para solução de conflitos de mobilidade

Senhor Diretor:

Ao cumprimentar Vossa Senhoria, oficializamos o convite feito a essa Universidade, em reunião com o professor Alejandro Ruiz Padillo, coordenador do Laboratório de Mobilidade e Logística, para coordenar um estudo de tráfego, visando soluções de conflitos de mobilidade na interseção conhecida como 5 esquinas, com a participação de acadêmicos da Universidade.

Certos de sua atenção, agradecemos e solicitamos informações sobre os procedimentos que devemos tomar para esta parceria.


Sergio Ghignatti,
Prefeito Municipal

Rogério Brittes da Silva
Diretor
Campus UFSM Cachoeira do Sul

ANEXO 2



PESQUISA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA

Universidade Federal de Santa Maria - Cachoeira do Sul

PESQUISADOR:

DATA: / /2019

CLIMA: () Sol () Chuva () Nublado

PERÍODO: () 7:00-9:00 () 9:00-11:00 () 11:00-13:00 () 13:00-15:00 () 15:00-17:00 () 17:00-19:00

PONTO DE CONTAGEM: Q1



| MOVIMENTO: | À ESQUERDA | | | | | EM FRENTE | | | | | À DIREITA | | | | |
|------------|------------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|
| | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE |
| 1 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | SETA | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | |

| MOVIMENTO: | | À ESQUERDA | | | | | EM FRENTE | | | | | À DIREITA | | | | |
|----------------|-------|------------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|
| TEMPO DE CICLO | | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE |
| 26 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |

| MOVIMENTO: | | À ESQUERDA | | | | | EM FRENTE | | | | | À DIREITA | | | | |
|----------------|-------|------------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|
| TEMPO DE CICLO | | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE |
| 46 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | SETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GERAL | | | | | | | | | | | | | | | |

PESQUISADOR:



PESQUISA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA

Universidade Federal de Santa Maria - Cachoeira do Sul

PESQUISADOR: DATA: ___/___/2019 CLIMA: () Sol () Chuva () Nublado

PERÍODO: () 7:00-9:00 () 9:00-11:00 () 11:00-13:00 () 13:00-15:00 () 15:00-17:00 () 17:00-19:00

PONTO DE CONTAGEM: Q__

LAMOT

LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA

| MOVIMENTO: | À ESQUERDA | | | | | EM FRENTE | | | | | À DIREITA | | | | | PEDESTRE |
|----------------|------------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|----------|
| TEMPO DE CICLO | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | P__ |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| TEMPO DE CICLO | À ESQUERDA | | | | | EM FRENTE | | | | | À DIREITA | | | | | PEDESTRE |
|----------------|------------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|-----------|-------|---------|--------|------|----------|
| | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | P__ |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | |



PESQUISA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA

Universidade Federal de Santa Maria - Cachoeira do Sul

PESQUISADOR: _____

DATA: ____/____/2019

CLIMA: () Sol () Chuva () Nublado

PERÍODO: () 7:00-9:00 () 9:00-11:00 () 11:00-13:00 () 13:00-15:00 () 15:00-17:00 () 17:00-19:00

PONTO DE CONTAGEM: Q14



LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA

| MOVIMENTO: | À ESQUERDA | | | | | PEDESTRE | MOVIMENTO: | À ESQUERDA | | | | | PEDESTRE |
|----------------|------------|-------|---------|--------|------|----------|----------------|------------|-------|---------|--------|------|----------|
| TEMPO DE CICLO | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | P1 | TEMPO DE CICLO | LEVES | MOTOS | PESADOS | ÔNIBUS | BIKE | P1 |
| 1 | | | | | | | 31 | | | | | | |
| 2 | | | | | | | 32 | | | | | | |
| 3 | | | | | | | 33 | | | | | | |
| 4 | | | | | | | 34 | | | | | | |
| 5 | | | | | | | 35 | | | | | | |
| 6 | | | | | | | 36 | | | | | | |
| 7 | | | | | | | 37 | | | | | | |
| 8 | | | | | | | 38 | | | | | | |
| 9 | | | | | | | 39 | | | | | | |
| 10 | | | | | | | 40 | | | | | | |
| 11 | | | | | | | 41 | | | | | | |
| 12 | | | | | | | 42 | | | | | | |
| 13 | | | | | | | 43 | | | | | | |
| 14 | | | | | | | 44 | | | | | | |
| 15 | | | | | | | 45 | | | | | | |
| 16 | | | | | | | 46 | | | | | | |
| 17 | | | | | | | 47 | | | | | | |
| 18 | | | | | | | 48 | | | | | | |
| 19 | | | | | | | 49 | | | | | | |
| 20 | | | | | | | 50 | | | | | | |
| 21 | | | | | | | 51 | | | | | | |
| 22 | | | | | | | 52 | | | | | | |
| 23 | | | | | | | 53 | | | | | | |
| 24 | | | | | | | 54 | | | | | | |
| 25 | | | | | | | 55 | | | | | | |
| 26 | | | | | | | 56 | | | | | | |
| 27 | | | | | | | 57 | | | | | | |
| 28 | | | | | | | 58 | | | | | | |
| 29 | | | | | | | 59 | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | |

PESQUISADOR:

**PESQUISA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA**

Universidade Federal de Santa Maria - Cachoeira do Sul

PESQUISADOR: _____

DATA: / /2019

CLIMA: () Sol () Chuva () Nublado

PERÍODO: () 7:00-9:00 () 9:00-11:00 () 11:00-13:00 () 13:00-15:00 () 15:00-17:00 () 17:00-19:00

PONTO DE CONTAGEM: Q_



| PEDESTRE | P5 | PEDESTRE | P5 | PEDESTRE | P5 |
|----------------|----|----------------|----|----------------|----|
| TEMPO DE CICLO | | TEMPO DE CICLO | | TEMPO DE CICLO | |
| 1 | | 21 | | 41 | |
| 2 | | 22 | | 42 | |
| 3 | | 23 | | 43 | |
| 4 | | 24 | | 44 | |
| 5 | | 25 | | 45 | |
| 6 | | 26 | | 46 | |
| 7 | | 27 | | 47 | |
| 8 | | 28 | | 48 | |
| 9 | | 29 | | 49 | |
| 10 | | 30 | | 50 | |
| 11 | | 31 | | 51 | |
| 12 | | 32 | | 52 | |
| 13 | | 33 | | 53 | |
| 14 | | 34 | | 54 | |
| 15 | | 35 | | 55 | |
| 16 | | 36 | | 56 | |
| 17 | | 37 | | 57 | |
| 18 | | 38 | | 58 | |
| 19 | | 39 | | 59 | |
| 20 | | 40 | | | |

PESQUISADOR: _____