



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE ACESSO À PORTARIA 5 DO CÂMPUS SANTA MÔNICA DA UFU

Alessandra Luiza Silva Cunha

UBERLÂNDIA, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE ACESSO À PORTARIA 5 DO CÂMPUS SANTA MÔNICA DA UFU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil (FECIV), da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Nassau de Nogueira Nardez

UBERLÂNDIA, 2017

PROJETO DE ACESSO À PORTARIA 5 DO CÂMPUS SANTA MÔNICA DA UFU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil (FECIV), da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Nassau de Nogueira Nardez

Uberlândia, 2017

Prof. Dr. Nassau de Nogueira Nardez
(Orientador)

Prof. Dra. Camilla Miguel Carrara Lazzarini
(Examinador - UFU)

Prof. Dr. José Aparecido Sorratini
(Examinador - UFU)

Alessandra Luiza Silva Cunha
(Aluna)

Agradecimentos

Agradeço a Deus, Dono da minha vida, por colocar em meu coração o sonho de ser engenheira civil, por ter me guiado e me concedido sabedoria para alcançar o meu objetivo.

Aos meus pais Eustáquio e Neide, pelos conselhos, amor e amparo incondicional em todos os momentos da minha vida. Minha gratidão aos meus irmãos Nayara e Gabriel, pelo companheirismo e carinho de sempre.

Agradeço ao Professor Nassau de Nogueira Nardez, que me orientou e auxiliou em todas as etapas para que o trabalho fosse bem elaborado, doando seu tempo, conhecimento e paciência.

Aos Professores Rogério Lemos Ribeiro, José Aparecido Sorratini e Camilla Miguel Carrara Lazzarini, pelo conhecimento técnico e disposição em ajudar.

Ao técnico Josildo de Azevedo, por me auxiliar no levantamento topográfico.

Aos meus amigos Adriana Patrícia, Bruna Caroline, Carla Ferreira, Fernanda Fernandes, Laís Zapparoli e Luiz Flávio de Queiroz, por me ajudarem em várias etapas deste trabalho, demonstrando em todos os momentos sua amizade e companheirismo.

Resumo

Um problema recorrente de infraestrutura viária é a perda de fluidez, organização e acessibilidade no trânsito, causada pela implantação de empreendimentos que funcionam como Polos Geradores de Viagens (PGV). Nesse caso, a operação gera um aumento no fluxo de veículos e volume de tráfego que reflete negativamente nas vias no entorno ao empreendimento. No Brasil, a Resolução do CONAMA nº. 237/1997 regulamenta que, é de responsabilidade do empreendedor a apresentação de um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e prevê que este deve arcar com ônus das obras necessárias para mitigação dos efeitos negativos nas áreas impactadas. O acesso secundário para a UFU (portaria 5), na Av. Francisco Vicente Ferreira foi reimplantado recentemente. Sua implantação gerou um aumento considerável no tráfego local, que tem sido absorvido pela infraestrutura existente. Nesta avenida existem dois pontos de interseção do tipo retorno, onde até mesmo pequenos veículos de passeio possuem dificuldades em realizar o movimento, precisando realizar manobras, e muitas vezes acontecendo do motorista subir na calçada para concluir a trajetória. Este trabalho teve como objetivo a melhoria da mobilidade para condutores e pedestres que circulam pelo local, por meio da elaboração de um projeto baseado em medidas de engenharia. A metodologia do trabalho consistiu, primeiramente, em um estudo das interseções utilizando as diretrizes do Manual de Projeto de Interseções – DNIT (2005). Foram realizadas análises dos dados principais das interseções, suas classificações e caracterizações. Realizaram-se, também, um levantamento topográfico da área, levantamentos de tráfego e estudos de capacidade utilizando o *software* HCS+. A segunda etapa consistiu na proposta de projeto para as interseções. Nesta fase, realizou-se a escolha do veículo de projeto e dos critérios para determinar os tipos de interseções mais adequados. Foi sugerida a inserção de faixas de aceleração e desaceleração e propostas de sinalizações viárias horizontal e vertical. Todas as definições foram contempladas no projeto final deste trabalho, que demonstra que a nova proposta pode trazer benefícios de operacionalidade, nível de serviço e segurança da via.

Palavras-chave – Trânsito urbano, Polo Gerador de Viagens (PGV), projeto de interseções, dispositivos de acesso e retorno

Abstract

A recurring problem with road infrastructure is the loss of traffic flow, organization and accessibility, caused by the implementation of companies acting as Traffic Generation Hubs (TGH). In this case, its operation increases in vehicle flow and traffic volume, negatively reflecting on the routes that are linked to the enterprise. In Brazil, CONAMA 237/1997 regulates that is the entrepreneur's responsibility to submit an Environmental Impact Report (EIR) and provides that it supports the necessary work to mitigate the negative effects in impacted areas. The minor access to UFU (lobby 5) Ave. Francisco Vicente Ferreira has been recently redeployed. Its creation has generated a considerable increase in local traffic, which has been absorbed by the existing infrastructure. In this lane there are two intersection points of the return type that even small vehicles are having difficulties to complete the movement, therefore forcing the driver to climb on the sidewalk to complete a trajectory. The current work had the objective of improving mobility for drivers and pedestrians who passes by the cited spot of analysis, through the elaboration of a project based on engineering measures. The work methodology consisted first in a study of the intersections using the guidelines of the Project Intersection Manual - DNIT (2005). Analyzes of the main data of the intersections, their classifications and characterizations were carried out, as well as a topographic survey of the area, traffic surveys and capacity studies using the software HCS+. The second stage consisted of the project proposal for the intersections. In this phase, it was chosen the project vehicle type and the criteria to determine the most appropriate types of intersections. It was suggested an insertion of acceleration and deceleration lanes and suggestions for horizontal and vertical road signs. All definitions were included in the final project of this work, which demonstrates that a new proposal can bring benefits in terms of operational, service level and road safety.

Keywords - Urban traffic, Traffic Generation Hubs (TGH), intersection project, access and return devices

Sumário

1	Introdução.....	10
1.1	Objetivo geral.....	11
1.2	Objetivos específicos.....	11
2	Justificativa.....	12
3	Interseções Rodoviárias.....	13
3.1	Dados Básicos.....	15
3.2	Classificação das interseções.....	17
3.3	Caracterização de alguns tipos de cruzamentos.....	19
3.4	Veículos tipo.....	20
3.5	Escolha do veículo de projeto.....	24
3.6	Critérios de seleção do tipo de interseção.....	25
3.6.1	Enquadramento da interseção nos tipos básicos – Norma Sueca.....	26
3.6.2	Roteiro Sueco para escolha do tipo de interseção.....	27
3.7	Interseção em nível de três ramos.....	28
3.8	Retorno.....	31
3.8.1	Abertura do canteiro central para retorno.....	32
3.9	Faixas de mudança de velocidade.....	33
3.9.1	Tipos das faixas de mudança de velocidade.....	34
3.9.2	Largura e comprimento dos trechos.....	35
3.10	Capacidade e nível de serviço.....	37
3.10.1	<i>Highway Capacity Software (HCS+)</i>	39
4	Sinalização viária.....	40
4.1	Sinalização Vertical de Regulamentação.....	41
4.1.1	Aspectos legais e abrangência da sinalização.....	41
4.1.2	Geometria e cores.....	41

4.1.3	Material da sinalização.....	45
4.1.4	Tipos de suportes utilizados.....	46
4.1.5	Posicionamento.....	47
4.2	Sinalização Vertical de Advertência.....	47
4.2.1	Aspectos legais e abrangência da sinalização.....	48
4.2.2	Geometria e cores.....	49
4.2.3	Critérios de implantação.....	50
4.3	Sinalização Horizontal.....	52
4.3.1	Importância.....	53
4.3.2	Geometria e cores.....	53
4.3.3	Material da sinalização.....	54
4.3.4	Classificação da sinalização.....	54
5	Levantamento topográfico.....	56
6	Metodologia: Estudos das interseções existentes.....	58
6.1	Dados Básicos.....	60
6.1.1	Primeiro fator: Controle de acessos, prioridades de passagens e velocidade diretriz da via principal.....	60
6.1.2	Segundo fator: Levantamento topográfico.....	63
6.1.3	Terceiro fator: Dados de tráfego – Veículos e pedestres.....	64
6.2	Classificação das interseções.....	72
6.3	Caracterização dos cruzamentos prioritários.....	72
6.4	Capacidade e nível de serviço.....	73
7	Proposta de projeto para as interseções.....	78
7.1	Escolha do veículo de projeto.....	79
7.2	Seleção do tipo de interseção para os locais.....	83
7.3	Estado da arte nas propostas de projetos de interseção.....	87
8	Resultados e considerações.....	89

8.1 Memorial: Projeto de interseção de três ramos – Interseção 1	89
8.2 Memorial: Projeto de infraestrutura – Interseção 2.....	91
8.3 Proposta de travessia elevada	92
8.4 Proposta de sinalização horizontal.....	95
8.4.1 Marcas longitudinais	95
8.4.2 Marcas Transversais	99
8.4.3 Marcas de canalização.....	102
8.4.4 Marcas de delimitação e controle de estacionamento.....	103
8.4.5 Inscrições no pavimento.....	104
8.5 Proposta de sinalização vertical de regulamentação	106
8.6 Proposta de sinalização vertical de advertência.....	110
8.7 Proposta de sinalização de indicação	111
8.8 Proposta de dispositivos de sinalização de alerta	115
8.9 Projeto das novas interseções	117
8.10 Projeto da travessia elevada	119
9 Conclusão.....	120
REFERÊNCIAS	122
APÊNDICE A – Contagem dos veículos nos períodos de pico, 2017	126
APÊNDICE B – Média dos volumes levantados e volume da frota no ano de projeto (2027).....	132
APÊNDICE C – Equivalência da frota de projeto em ucp/h em 2027	136
APÊNDICE D – Equivalência em ucp dia (11/04/2017): Para cálculo da capacidade e nível de serviço em 2017.....	137
APÊNDICE E - Projeto	139

1 Introdução

Conforme o último levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013), verificou-se que 54% dos domicílios brasileiros possuem pelo menos um carro ou motocicleta para realização do deslocamento de seus moradores. O alto índice apontado pela pesquisa revela a necessidade de uma infraestrutura de vias que comporte e proporcione conforto para a elevada quantidade de veículos existentes no Brasil.

Um problema recorrente de infraestrutura é a perda de fluidez, organização e acessibilidade no trânsito, causado pela implantação de empreendimentos que funcionam como Polos Geradores de Viagens (PGV). Nesse caso, a operação do empreendimento gera um aumento no fluxo de veículos ou volume de tráfego que reflete de maneira negativa nas vias que estão direta ou indiretamente ligadas ao empreendimento.

Um Polo Gerador de Viagens (PGV) é um local, geralmente um empreendimento de grande porte, que possui a capacidade de produzir ou atrair determinado número de viagens, produzindo certo volume de tráfego (DENATRAN, 2001). O aumento do número de viagens e volume de tráfego traz reflexos negativos, reduzindo o nível de serviço e segurança das vias, gerando a necessidade de intervenções para melhoria do local.

No Brasil, a Resolução do CONAMA nº. 237/1997 estabelece que, é de responsabilidade do empreendedor a apresentação de um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) que contenha análise dos impactos e indicação de medidas mitigatórias dos efeitos negativos gerados pela implantação do polo nas vias de seu entorno. A resolução prevê que o empreendedor deve arcar com os custos das obras necessárias para regulamentação do trânsito ou áreas impactadas.

No município de São Paulo também existe um controle em relação à operação dos PGV. A Secretaria Municipal de Transportes (SMT/CET-SP) é responsável pela elaboração do estudo dos impactos e pela emissão de uma Certidão de Diretrizes (CD),

em que constam as disposições a serem seguidas na execução do empreendimento e melhorias viárias que se fizerem necessárias (CET-SP, 2016).

A Lei Municipal de São Paulo nº. 15.150, artigo 3º, de 6 de maio de 2010 (SÃO PAULO, 2010), regulamenta:

Art. 3º A implantação ou reforma de empreendimentos qualificados como Polos Geradores de Tráfego no Município de São Paulo dependerá da obtenção pelo interessado de Certidão de Diretrizes, emitida pela Secretaria Municipal de Transportes - SMT, na qual estarão fixados os parâmetros a serem seguidos no projeto da edificação e as medidas mitigadoras de impacto no tráfego decorrentes do empreendimento.

Segundo Oliveira *et al.* (2013), a instalação e operação de um Polo Gerador de Viagens, quando não acompanhada de melhorias na circulação viária produz efeitos indesejáveis. Esses efeitos vão desde ocorrência de congestionamentos até o aumento considerável no número de acidentes no local, gerando prejuízos materiais e trazendo danos às vítimas e famílias envolvidas. Esses efeitos mostram a importância das leis, decretos e resoluções frente a necessidade de adaptação das áreas impactadas pela operação do empreendimento.

1.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho consiste na análise, estudo e elaboração de um projeto de dispositivos de acessos e retornos próximos à portaria 5 da Universidade Federal de Uberlândia, na Avenida Francisco Vicente Ferreira, que possa disciplinar o tráfego local e servir de modelo para outros projetos de interseções urbanas em nível.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamentos topográficos com coordenadas planimétricas da região de estudo;
- Fazer o levantamento dos Volumes Horários (VH) por meio de inspeção direta;

- Determinar a capacidade e nível de serviço do local;
- Realização de simulações no software AutoCAD com diversos raios de giro nas interseções estudadas de forma a determinar o veículo de projeto;
- Determinar as geometrias mais adequadas aos locais;
- Criar faixas de aceleração e desaceleração;
- Propor sinalizações horizontal e vertical para o local.

2 Justificativa

Quando se faz a implantação de um Polo Gerador de Viagens (PGV) alguns tipos de impactos podem ocorrer na circulação viária causando efeitos indesejáveis como, congestionamentos, que provocam aumento no tempo de deslocamento; deterioração das condições ambientais da área de influência do PGV devido ao aumento de poluição, desconforto e acidentes gerados; conflitos entre o tráfego de passagem e o tráfego de acesso ao empreendimento e aumento na demanda de estacionamentos, entre outros.

De acordo com DENATRAN (2001), os impactos gerados devem ser estudados por meio de um sistema de análises, projetos e propostas de tratamentos em vias influenciadas pelo PGV. O estudo deve levar em consideração os efeitos indesejados gerados na mobilidade e acessibilidade de pessoas e veículos causados pelo aumento do tráfego na região.

No caso do deste trabalho o PGV é o acesso secundário para a UFU (portaria 5), na Av. Francisco Vicente Ferreira. Esse acesso foi reimplantado recentemente e tem gerado um aumento considerável no tráfego local, que tem sido absorvido pela infraestrutura existente. Na avenida existem dois pontos de interseção do tipo retorno, onde até mesmo pequenos veículos de passeio possuem dificuldades em realizar o movimento, precisando realizar manobras, e muitas vezes acontecendo do motorista subir na calçada para concluir a trajetória.

Sendo assim, este trabalho teve como finalidade a elaboração de um projeto de interseções que possa gerar melhoria da mobilidade para condutores e pedestres que circulam pelo local.

3 Interseções Rodoviárias

Segundo Pimenta e Oliveira (1990), as interseções são locais onde existem o cruzamento ou entroncamento de duas ou mais vias de trânsito. Em situações específicas, quando estudos indicam a necessidade, são realizadas obras com o intuito de minimizar os conflitos gerados pelos tipos de movimentos em um encontro de vias.

De forma geral, as interseções interferem na segurança, capacidade de tráfego, velocidade de operação, além de serem obras de custos significativamente altos em relação ao custo total de uma estrada. As interseções podem ser classificadas inicialmente em dois grandes grupos, interseções em nível e em desnível, ou em cotas, altitudes diferentes.

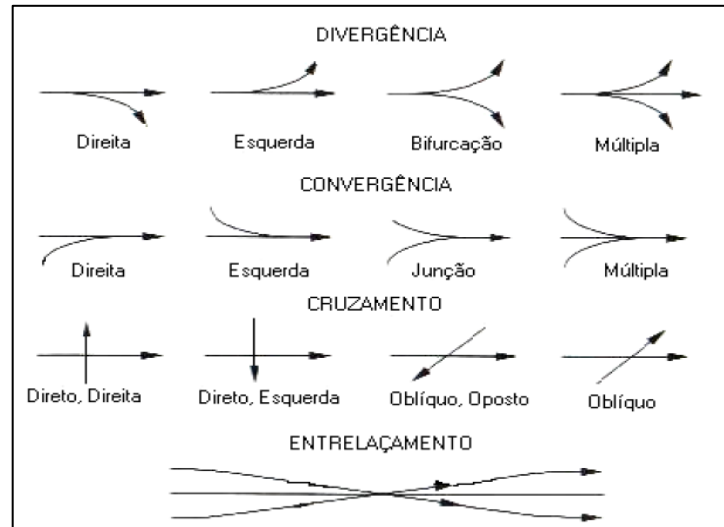
Além dessa classificação geral, as interseções podem ser divididas em três subgrupos menores, chamados de cruzamentos, entroncamentos e rotatórias. Os cruzamentos ocorrem quando uma via é cortada por outra, o entroncamento quando uma via se inicia ou termina em outra e a rotatória quando duas ou mais vias encontram-se em um ponto e a solução passa a ser um círculo central de distribuição de tráfego. Além da divisão dos subgrupos é feita também a classificação dos tipos de movimento e conflitos.

➤ Tipos de movimento

Os tipos de movimento podem ser classificados em quatro grupos: movimentos de divergência, convergência, cruzamento e entrelaçamento. O primeiro tipo é caracterizado pela separação do tráfego e formação de novas correntes.

O segundo tipo, chamado de convergência, consiste na junção de duas ou mais correntes de tráfego formando apenas uma. Na movimentação tipo cruzamento, as correntes de tráfego se cruzam em um ângulo reto ou obliquamente. Por fim, no movimento de entrelaçamento, as correntes se convergem em um trecho de entrelaçamento e logo se separam. Na Figura 1 estão ilustrados os quatro tipos

Figura 1 - Tipos de movimentos em uma interseção

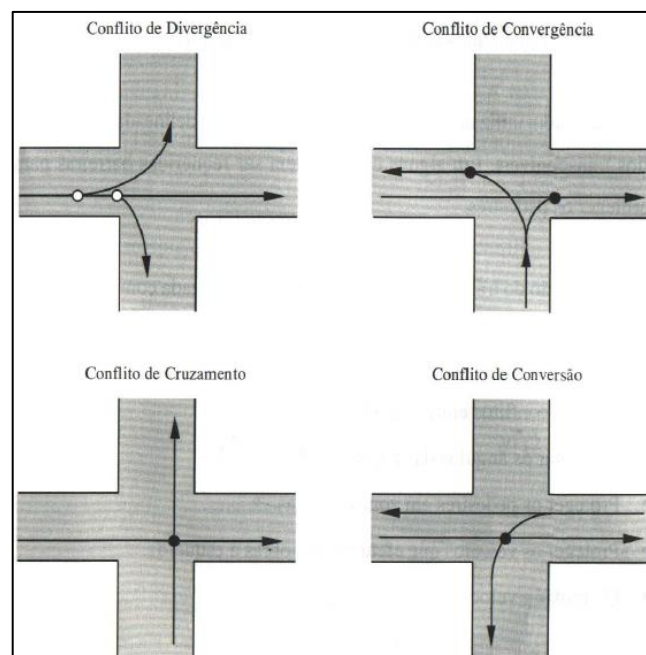


Fonte: Albano (2014).

➤ Tipos de conflito

Em um cruzamento de duas vias com mão dupla existem trinta e dois conflitos. Desses trinta e dois, dezesseis são de cruzamento e os outros dezesseis de convergência ou divergência. Esses conflitos estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 - Conflitos existentes em um cruzamento



Fonte: Albano (2014).

3.1 Dados Básicos

De acordo com o Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005), para se elaborar um projeto de interseção deve-se levar em conta diversos fatores, dentre eles as condições de tráfego, as condições físicas, econômicas e ambientais. Isso significa que o tipo de solução encontrada para um local depende não só do tráfego, mas também da topografia, dos custos de implantação e da capacidade da via. A seguir são descritos os principais fatores que devem ser levados em consideração ao se projetar uma interseção.

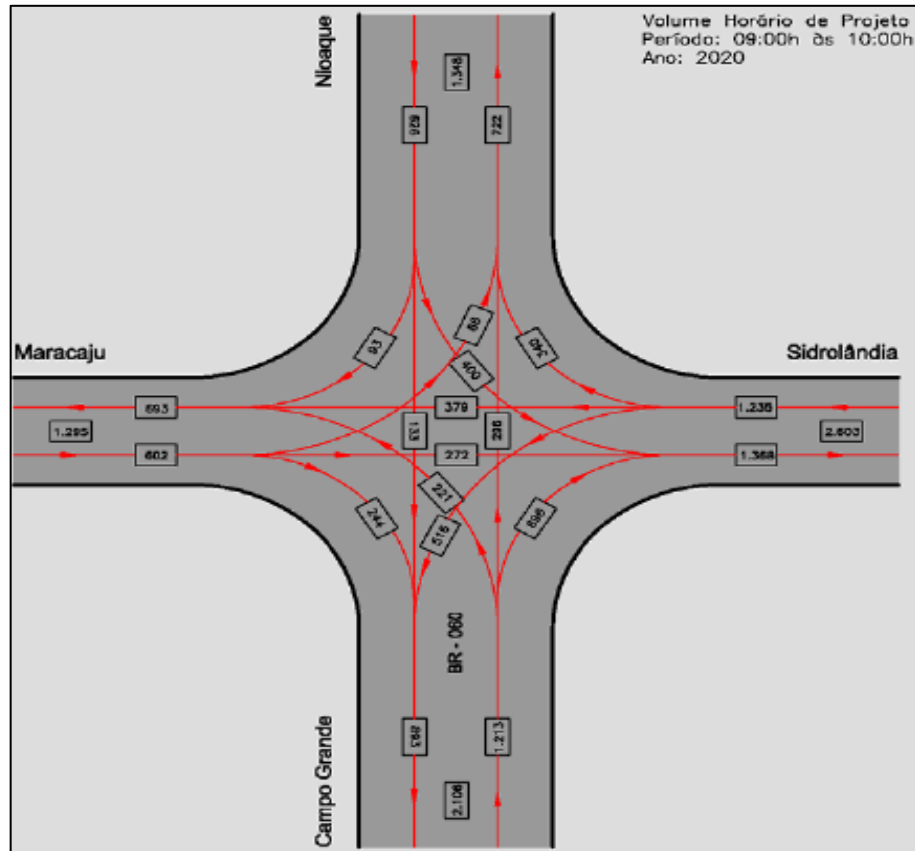
O primeiro fator que deve ser considerado ao iniciar o projeto de uma interseção são os dados funcionais das vias que se interceptam. Isso significa que nesta etapa é preciso realizar um estudo que caracterize a via, mostrando quais os tipos de controle de acessos, velocidades específicas, prioridades de passagem, que mostram como a via opera.

O segundo fator a se considerar são os dados físicos levantados por topografia. O levantamento pode ser realizado mediante aerofotogrametria, levantamentos clássicos ou por meio de sistemas de processamento de dados. A partir do levantamento, deve-se fazer a planta do local incluindo todos os dados que possam afetar e interferir nas soluções a serem adotadas, como edificações e acidentes geográficos. A escala usual para esses projetos é de 1/500, podendo variar de acordo com o tamanho da área a ser representada.

O terceiro fator são os dados de tráfego, divididos entre tráfego de veículos e tráfego de pedestres. Consideram-se os volumes e as características do tráfego que irá circular no ano de projeto, geralmente o décimo ano após a conclusão das obras programadas.

Os volumes devem ser representados em Volume na Hora de Pico (VHP) na forma de fluxogramas indicativos com os diversos tipos de veículos expressos em Unidades de Carro de Passeio (UCP). Os fluxogramas devem ser preparados para o ano de projeto, em alguns casos para o ano de abertura ao tráfego e para os anos de ampliação. Na Figura 3 está ilustrado um modelo de fluxograma.

Figura 3 - Modelo de fluxograma (UCP/hora)



Fonte: DNIT (2005).

Anteriormente a elaboração dos fluxogramas é preciso realizar a contagem do tráfego nas interseções seguindo algumas orientações (DNIT, 2005), conforme expresso a seguir.

- Realizar a determinação dos períodos de pico de tráfego, dias da semana e horários, por meio de contagem preliminar, observação no local ou consulta a autoridades com informações confiáveis;
- Identificar e classificar os veículos de maiores dimensões que fazem uso da interseção;
- Fazer a contagem do tráfego durante os períodos de pico por, pelo menos, três dias, que devem ser escolhidos incluindo o provável pico semanal, com totalização a cada quinze minutos. A contagem deverá ser feita de forma separada para cada tipo de veículo;

- Caso exista, fazer a identificação de elementos que possam determinar os fatores de sazonalidade para ajustamento dos resultados das contagens ao período que tenha o maior fluxo de tráfego;
- Realizar a identificação de fatores de expansão próximos à interseção que possam ser necessários para a determinação do volume diário das correntes;
- Obter, a partir de estudos socioeconômicos ou de tráfego, o levantamento de valores de taxas de crescimento para se aplicar sobre os volumes encontrados nas contagens.

Em interseções onde existe tráfego considerável de pedestres que influenciam na capacidade e segurança da via, devem-se registrar os seus movimentos e seus volumes com o objetivo de se estudar uma solução para o caso. Geralmente, as soluções adotadas para pedestres são faixas de pedestres, travessias elevadas, construções de passarelas ou implantação de fase especial para pedestres em ciclos semaforicos.

É recomendável que as contagens de pedestres sejam realizadas durante os horários de pico da interseção. Na contagem devem ser consideradas as travessias em faixa e fora da faixa, sendo anotados os volumes de pedestres em intervalos de quinze minutos.

O quarto fator diz respeito aos dados de acidentes. Nesta fase, é importante obter relatórios de acidentes do local que contenham informações relevantes em relação às causas, tipos de acidentes, entre outros. Por fim, o quinto fator é relacionado aos dados econômicos. Esse fator é representado pelo custo de implantação do projeto da interseção. É importante lembrar que o custo da construção dependerá muito da solução, do local a ser implantado e das desapropriações e apropriações que poderão ser necessárias.


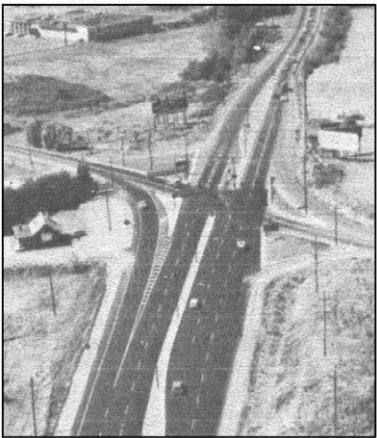


3.2 Classificação das interseções

Existem dois grandes grupos que classificam as interseções: em nível e em desnível. O presente trabalho retratará apenas a que consiste o objeto de estudo, as interseções em nível.

De acordo com o DNIT (2005), as interseções em nível podem ser classificadas quanto ao número de ramos: três ramos ou T, quatro ramos e ramos múltiplos. Outra classificação é em função do controle de sinalização: sem sinalização semafórica ou com sinalização semafórica.

Existe, também, a classificação quanto ao tipo de solução adotada. Nas ilustrações representadas na Figura 4 estão os principais tipos de soluções utilizadas em interseções para organizar o tráfego.

Figura 4 – Tipo de interseção em função da solução adotada

 <p>Gota: É feito uma ilha direcional do tipo “gota”, o objetivo é organizar e melhorar os movimentos de giro à esquerda;</p>	 <p>Canalizada: Movimento com trajetória definida por sinalização horizontal, através de ilhas. O objetivo desse tipo de solução é minimizar os conflitos;</p>
 <p>Rótula (rotatória): Neste tipo de solução o tráfego da interseção se move ao redor de uma ilha central, no sentido anti-horário;</p>	 <p>Rótula vazada: Neste caso, o tráfego atravessa em uma via reta e ao seu redor existem metades de uma rótula, cujo demais tráfego circula em sentido anti-horário.</p>

Fonte: Adaptado de DNIT (2005).

3.3 Caracterização de alguns tipos de cruzamentos

Existem diversos tipos de cruzamentos, todos eles apresentam um conjunto de princípios e regras destinadas a regular as prioridades entre as diversas correntes de tráfego existentes (MACEDO, 2005). A seguir são apresentados os principais tipos de cruzamentos e suas características.

- Cruzamento com prioridade à direita

Este é um tipo de cruzamento simples em que não é necessário qualquer tipo de canalização, também não há qualquer tipo de sinalização reguladora e as prioridades de passagem são definidas a partir da aplicação da regra da prioridade à direita.

O Código de Trânsito Brasileiro, capítulo III, artigo 29, de 1997, estabelece que quando dois ou mais veículos se aproximam de um cruzamento não sinalizado o condutor deve ceder passagem para aquele que estiver a sua direita. A regra funciona eficientemente quando o volume de tráfego é pequeno, entretanto, o desempenho dessa regra diminui à medida que há acréscimo no volume de tráfego.

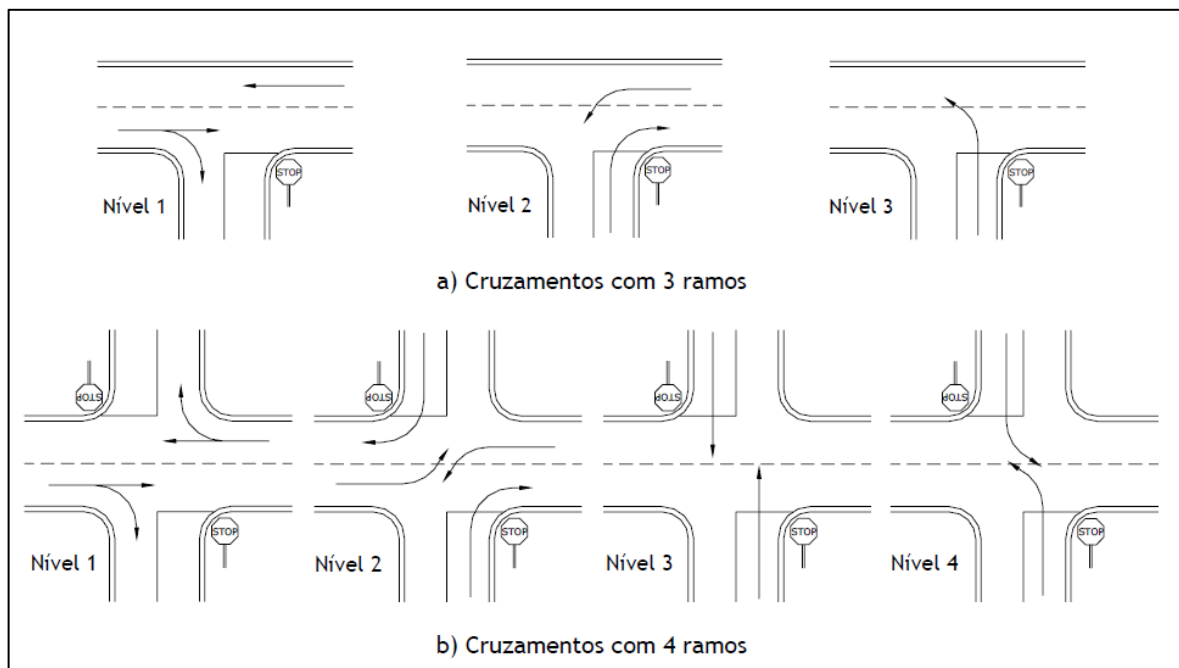
- Cruzamentos prioritários

Os cruzamentos prioritários são o tipo mais comum em redes rurais e urbanas. Os carros que trafegam na via principal possuem prioridade de passagem em relação aos que trafegam na via secundária.

As vias devem ser devidamente sinalizadas por sinais verticais e horizontais, devendo ser realizadas instalações de dispositivos semaforicos quando necessário. Nos cruzamentos de três e quatro ramos existem diferentes níveis de prioridade de passagem, conforme está ilustrado na Figura 5.

Os cruzamentos podem ser de diversos tipos dependendo do número de ramos, do tipo de canalização e ângulo das vias. Na Tabela 1 estão mostradas algumas configurações que podem ser utilizadas para classificar os cruzamentos.

Figura 5 - Níveis de prioridades em cruzamentos de 3 e 4 ramos



Fonte: MACEDO (2005).

Tabela 1 – Classificação dos cruzamentos

Classificação dos cruzamentos		
Número de ramos	3 ramos	Em T
		Em Y
	4 ramos	Em "Cruz"
		Enviesado
	Mais de quatro ramos	
Canalização de movimento	Sem canalização	
	Com canalização demarcada	
	Com canalização materializada	
Ângulo de inserção	Ortogonal	
	Oblíquo	

Fonte: Adaptado de MACEDO (2005).

3.4 Veículos tipo

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), utilizando da competência que lhe confere o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), estabelece pela resolução nº 12, de 6 de

fevereiro de 1998, dimensões, peso e comprimento para veículos em trânsito livre. De acordo com o CONTRAN a largura e altura máxima devem ser de 2,60 m e 4,40 m, respectivamente. O comprimento total máximo para veículos simples, articulados e com reboque são 14,00 m, 18,15 m e 19,80 m, nesta ordem.

Utilizando esses parâmetros e as características de tráfego, o DNIT (2005) descreve cinco tipos básicos de veículos de projeto designados pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Na Tabela 2 estão ilustradas as cinco designações e na Tabela 3 suas dimensões básicas.

Tabela 2 - Tipos básicos de veículos de projeto pelo AASHTO

Tipos básicos de veículos de projeto – AASHTO		
Sigla	Característica	Exemplo
VP	Veículos leves.	Automóveis, minivans, vans, utilitários, pick-ups e outros.
CO	Veículos comerciais rígidos, não articulados. Dois eixos e quatro a seis rodas.	Caminhões e ônibus convencionais.
O	Veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Três eixos, de maiores dimensões que o veículo CO básico. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos.	Ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e caminhões longos.
SR	Veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples e um semirreboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria.	Veículos comerciais articulados. Semirreboque.
RE	Representa os veículos comerciais com reboque. É composto de um caminhão trator trucado, um semirreboque e um reboque. Seu comprimento é o máximo permitido pela legislação.	Reboque.

Fonte: Adaptado de DNIT (2005).

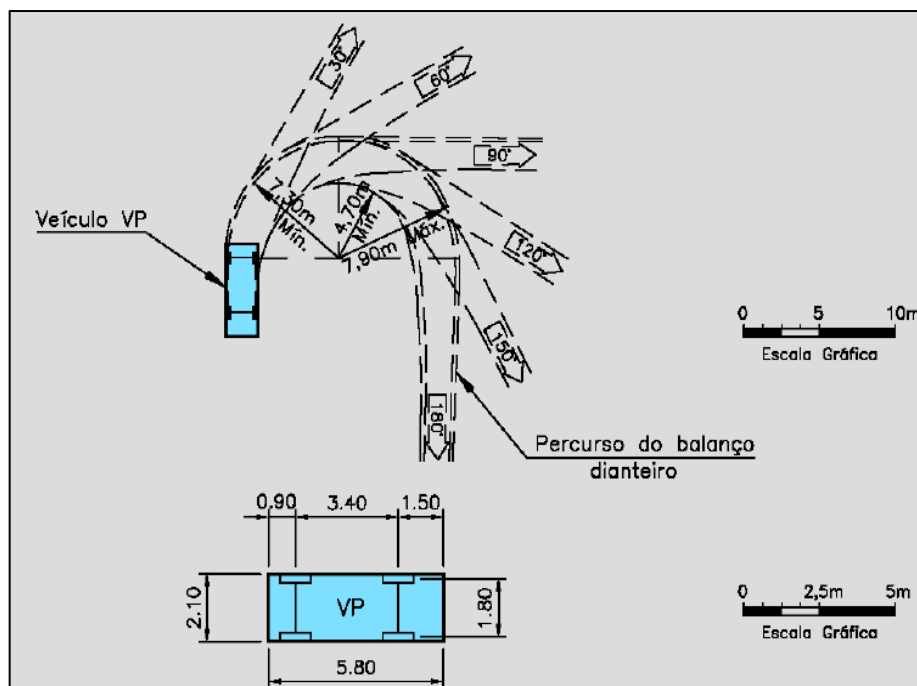
Tabela 3 - Dimensões básicas dos veículos de projeto

Dimensões básicas dos veículos de projeto					
Veículo	VP	CO	O	SR	RE
Largura total (m)	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total (m)	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio mínimo da roda externa dianteira (m)	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7
Raio mínimo da roda interna traseira (m)	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9

Fonte: Adaptado de DNIT (2005).

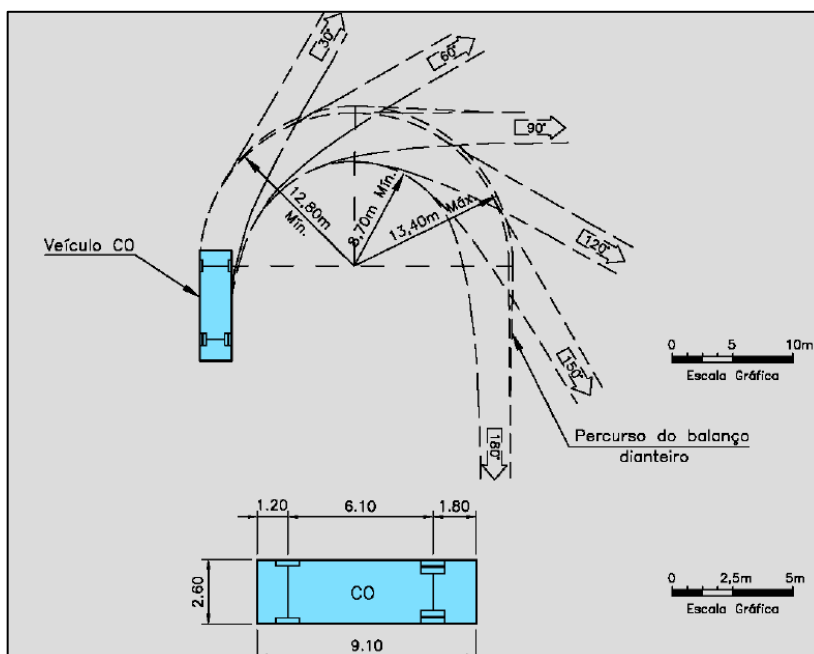
Cada um desses veículos possui um gabarito, cuja utilidade é a reprodução de simulações e a verificação de condições limites. Os gabaritos representam as dimensões e os menores valores de giro que os veículos são capazes de percorrer. Nas Figuras 6, 7 e 8 estão ilustrados os gabaritos para três tipos de veículos mais comuns em áreas urbanas: VP, CO e O, respectivamente.

Figura 6 - Raio de Giro - Veículo de Projeto (VP)



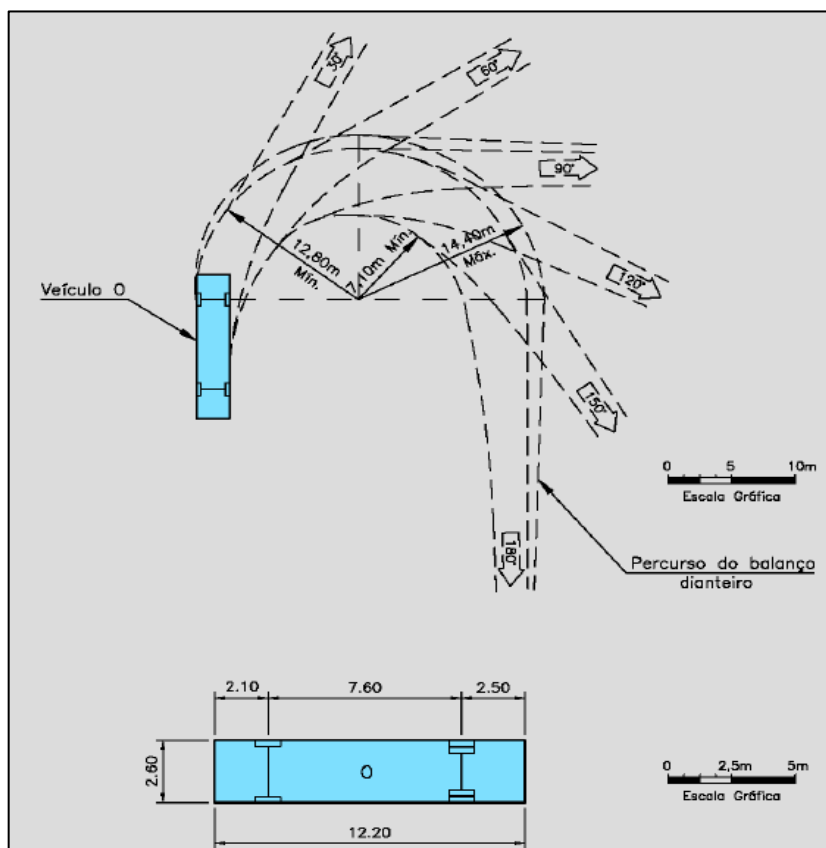
Fonte: DNIT (2005).

Figura 7 - Raio de Giro – Veículo de Projeto (CO)



Fonte: DNIT (2005).

Figura 8 - Raio de Giro – Veículo de Projeto (O)



Fonte: DNIT (2005).

3.5 Escolha do veículo de projeto

A escolha de um veículo de projeto para projeção de uma interseção ou uma via qualquer define, basicamente, que qualquer veículo com características iguais ou inferiores ao escolhido, conseguirá operar com segurança no local. De acordo com o DNIT (2005), isso não quer dizer necessariamente que os veículos com dimensões, peso e características maiores não possam percorrer a via: eles poderão trafegar por estes locais, entretanto com piores condições operacionais e de conforto.

Essa definição deve ser feita levando em conta a frota que percorre a interseção, obtida por meio de levantamento em campo e, também, levando em conta o futuro desenvolvimento da área. O DNIT (2005) considera algumas orientações importantes ao se fazer a escolha do veículo de projeto, conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Escolha do veículo de projeto

Orientações para a escolha do veículo de projeto	
Utilização do local principalmente por veículos de passeios, como ocorre em parte de rodovias, interseções de acesso a pontos turísticos, interseções mínimas e parque de estacionamentos;	VP
Rodovia com ampla participação de veículos comerciais rígidos como ônibus, veículos de carga ou caminhões convencionais;	CO
Áreas urbanas de cidades grandes que contam com ampla participação de ônibus longos;	O
Interseções onde existem nas proximidades terminais de carga, centros de abastecimentos, depósitos de materiais, veículos de transporte de automóveis e entre outros;	SR
Interseções de vias expressas com expressivo volume de tráfego, com acesso a fazendas utilizadas para fins comerciais, depósitos e outras situações com alta ocorrência de veículo com reboque.	RE

Fonte: Adaptado de DNIT (2005).

3.6 Critérios de seleção do tipo de interseção

Critérios para a seleção de uma interseção destinada a organizar o tráfego entre dois ou mais eixos viários não existem de forma generalizada. Porém, uma avaliação multicritério que considera fatores como terreno, tráfego, circulação, segurança e custo auxiliam na decisão.

Com base nisso, o DNIT (2005) considera alguns princípios básicos para que a interseção atenda ao maior número de critérios e ponderações. Os principais critérios são a análise da velocidade e o volume de tráfego. Alguns casos relacionados aos projetos de interseções urbanas são listados a seguir.

- Em acessos e interseções em locais de menor porte, as soluções do tipo T simples ou deslocado atendem ao local e mostram ao motorista da via secundária a necessidade de reduzir a velocidade, dando preferência ao tráfego da via principal;
- Para o caso de acessos de maior porte é indicado a implantação de interseções canalizadas, rotatórias, interconexões, ou mesmo uso de semáforos em casos extremos;
- Em trechos de alta velocidade, não devem ser implantadas interseções que possam gerar quedas bruscas de velocidade na via principal (rotatórias e semáforos);

Um bom projeto de interseção é aquele que consegue atender o tráfego local, de forma a permitir a passagem entre as vias principais e secundárias com o mínimo de demora e o máximo de segurança. Sua configuração e operação devem ser de fácil entendimento e boa visibilidade. Os custos devem evitar altos padrões, estando dentro da realidade econômica do local.

É importante lembrar que o nível de serviço e a capacidade da via devem ser determinados antes e depois da implantação dos projetos, por meio de fórmulas ou programas usuais.

O DNIT (2005) também sinaliza para a escolha do tipo de solução seguindo as Normas Suecas, que orientam o projetista por meio de fórmulas, gráficos e recomendações sobre qual tipo de interseção adotar.

3.6.1 Enquadramento da interseção nos tipos básicos – Norma Sueca

As Normas Suecas defendem que para elaboração de um projeto de interseção, os conflitos de tráfego sejam tratados de forma uniforme. Desta forma, as normas visam garantir que ao se deparar com uma interseção, o condutor não tenha surpresas e consiga realizá-la de forma simples e segura (DNIT, 2005).

As Normas Suecas dividem as interseções em sete tipos e dois grupos. Os tipos existentes são A, B, C, D, E, F e G, já os grupos se dividem em interseções menores e maiores. Como o presente trabalho possui o foco em interseções de pequeno porte, apenas estas serão retratadas.

- Interseções menores: A, B, C, G

Esses tipos são caracterizados por não necessitarem de grandes obras para a melhoria da circulação. Os tipos A, B e C podem ser usados em vias rurais e urbanas, em redes principais ou locais. A interseção tipo G é recomendada apenas para centros urbanos. Na Tabela 5 estão ilustradas as interseções de pequeno porte.

Tabela 5 – Tipos de interseção de pequeno porte

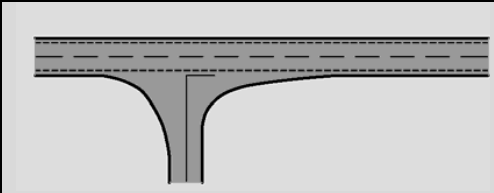
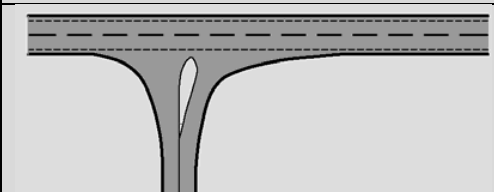
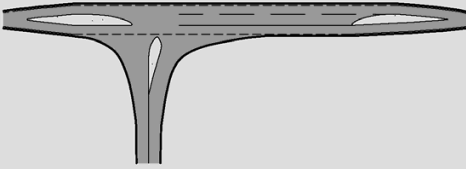
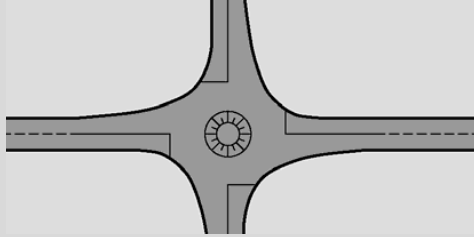
Interseções de pequeno porte – Norma Sueca	
	<p>Tipo A - Interseção mínima: Não existe canalização; Geralmente há apenas uma faixa para cada movimento.</p>
	<p>Tipo B – Interseção tipo gota: Ilha divisória no formato de uma gota que organiza o tráfego que entra ou sai da via principal; Possui apenas uma faixa para cada movimento.</p>

Tabela 5 – Tipos de interseção de pequeno porte

Continuação

	<p>Tipo C – Interseção canalizada:</p> <p>Faixa de trânsito para curva à esquerda na via principal; As ilhas divisórias diminuem o risco de colisões traseiras. Devem ser redimensionadas se houver elevado volume de pedestres para realização de travessias.</p>
	<p>Tipo G – Rótula urbana:</p> <p>Tem objetivo principal de diminuir a velocidade dos veículos; Deve-se fazer parada obrigatória antes de adentrar na área de circulação.</p>

Fonte: Adaptado de DNIT (2005).

3.6.2 Roteiro Sueco para escolha do tipo de interseção

A metodologia apresentada nesta subseção fornece subsídios para análise da escolha do tipo de interseção avaliando os volumes de tráfego e a segurança no trânsito. Entretanto para uma decisão final é importante que se pondere outros fatores, como foi descrito na seção 3.1.

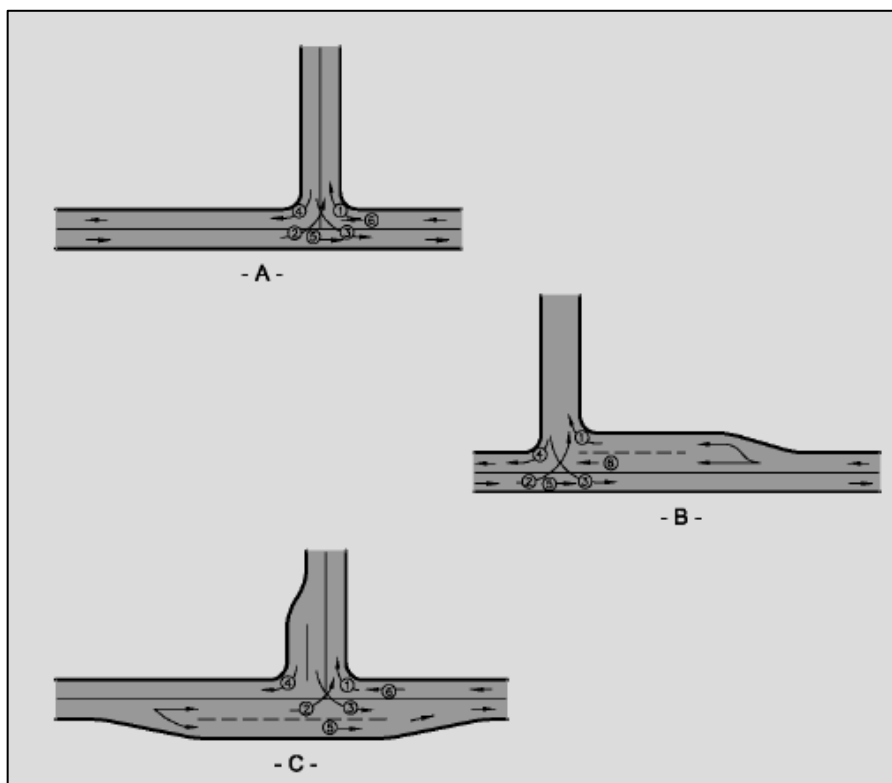
- Determinar os volumes médios de veículos por dia (VMD) no ano de projeto para todos os fluxos do cruzamento;
- Determinar:
 - Qs: Número de veículos que chegam à interseção, provenientes da via secundária (Volume de aproximação);
 - Qp: Número de veículos que chegam à interseção, provenientes da via principal (Volume de aproximação);
 - Gt: Número de pedestre por dia;
 - Ct: Número de ciclistas por dia;
- Escolher o gráfico que corresponde ao caso de estudo - (DNIT, 2005, p.124);
- Marcar no gráfico os pontos Qp e Qs. Caso as variáveis Gt e Ct sejam nulas, a região encontrada indica a interseção a se adotar;

- Caso as variáveis G_t e C_t não sejam nulas, deve-se determinar o número de acidentes por ano, os valores de Q_p , Q_s , G_t e C_t e utilizar os gráficos destinados a este caso.

3.7 Interseção em nível de três ramos

As interseções de três ramos são um tipo comum encontrado nas cidades brasileiras. Um tipo de solução bastante utilizado neste caso está ilustrado na Figura 9-A. Os veículos que giram à esquerda necessitam parar no alinhamento e os que irão seguir na via principal precisam contornar os primeiros. Esse tipo de solução causa conflito e perda de fluidez no trânsito e, por isso, deve ser evitado, sendo justificado apenas quando houver a impossibilidade de criação de uma nova faixa.

Figura 9 - Interseção em T com e sem faixas de mudança de velocidade



Fonte: DNIT (2005).

Uma solução mais segura e que não prejudica a fluidez do tráfego pode ser realizada acrescentando faixas adicionais de mudança de velocidade como indicado na Figura 9 B-C.

As faixas adicionais são exclusivas, destinadas aos giros à esquerda e, em alguns casos, à direita também. Elas ajudam o motorista a executar a manobra, melhorando a capacidade, operacionalidade e segurança da via.

Por não ser objeto do trabalho, apenas os critérios de projeto para as faixas de giros à esquerda serão descritos. A seguir são apresentados esses parâmetros.

➤ Largura da faixa auxiliar

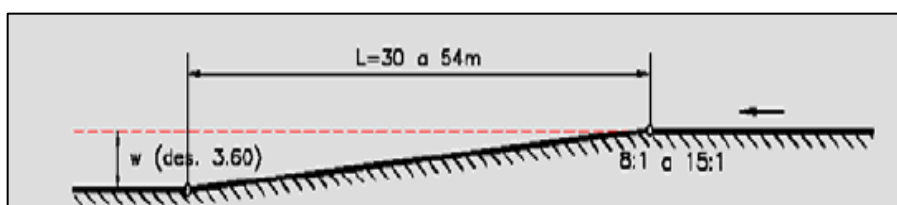
A largura da faixa adicional deve ser de 3,0 m quando o objetivo é atender o tráfego de ônibus e caminhões e de 2,70 m quando houver pequena participação desses tipos de veículos. Aconselha-se que a largura do canteiro central não seja inferior a 1,20 m (DNIT, 2005).

➤ Comprimento da faixa auxiliar

O comprimento da faixa auxiliar é composto por três partes, o “taper”, o comprimento de desaceleração e o comprimento de armazenagem dos veículos. O comprimento total da faixa é a soma dessas partes, entretanto, é aceito que uma parte da desaceleração seja feita no “taper” (DNIT, 2005).

O comprimento do “taper” para áreas urbanas deve variar entre 30 e 54 m no máximo. “Tapers” muito longos tendem a fazer com que os motoristas não entendam que se trata de uma faixa auxiliar. Na Figura 10 está ilustrado como deve ser um “taper” para um local reto como o do projeto.

Figura 10- Exemplo de um “taper” em trecho reto



Fonte: DNIT (2005).

Depois do “taper”, inicia-se a faixa de desaceleração. Na Tabela 6 estão apresentados os comprimentos desejáveis para a desaceleração de acordo com a velocidade da via. Apesar disso, o DNIT (2005) orienta que não é necessário que se coloque todo o comprimento no projeto, pois fazendo assim, considera-se que toda a desaceleração será feita na faixa auxiliar, o que não é o mais adequado. O ideal é que o condutor comece a reduzir sua velocidade antes mesmo de entrar na faixa auxiliar.

Tabela 6 - Faixa de desaceleração para giros à esquerda

Velocidade de projeto (km/h)	Comprimento da desaceleração (m)
50	70
60	100
70	130
80	165
90	205

Fonte: DNIT (2005).

Por fim, a última parte consiste no comprimento de armazenagem utilizado para abrigar os veículos em períodos que a passagem pelo cruzamento é mais demorada. O comprimento da faixa é calculado medindo o fluxo de veículos que desenvolvem o movimento durante dois minutos no horário de pico. Esse comprimento deve possuir espaço para no mínimo dois carros de passeio. Na Tabela 7 apresentam-se os comprimentos mínimos, considerando o tempo de espera de dois minutos.

Tabela 7 – Comprimentos para a faixa de armazenagem

Números de veículos que giram por hora	≤ 60	100	200	300
Extensão da faixa (m)	15	30	50	75

Fonte: DNIT (2005).

➤ Separadores de tráfego

Para conseguir organização no tráfego e não causar confusão ao condutor é importante que a faixa auxiliar seja separada das faixas de rolamento. Existem vários tipos de

separadores que podem ser utilizados, entre eles pinturas, tachões, pavimentos contrastantes, marcas salientes e ilhas divisórias.

➤ Comprimento da abertura do canteiro central

O DNIT (2005) orienta que o comprimento mínimo para abertura do canteiro central seja de 8 m, para abrigar carros de passeio maiores de maneira confortável. Em locais em que o projeto com o comprimento orientado é inviável, são permitidos comprimentos menores.

3.8 Retorno

De acordo com o DNIT (2005), os retornos são dispositivos existentes dentro da faixa de domínio, que permitem a inversão do sentido da circulação. São geralmente utilizados em pistas duplas, entretanto, sua adoção pode ser justificada também em pistas simples.

Ao se implantar um retorno, o objetivo é regulamentar os locais adequados para realização deste movimento de forma a não prejudicar a fluidez do trânsito. A seguir são listados alguns aspectos que devem ser analisados antes de fixar essa interseção.

- Verificar a atual posição de acessos e interseções aos quais o retorno pode influenciar. Devem-se evitar retornos em áreas com outros tipos de interseções, para impedir que seja causada confusão ao condutor;
- Fazer a identificação de quem utilizará o retorno;
- Realizar o levantamento do tráfego da via e linhas de desejo com o objetivo de determinar a melhor posição;
- Realizar um levantamento topográfico com a finalidade de verificar se os pontos enquadram nas condições de visibilidade;
- Fazer a verificação do comprimento necessário dos trechos que cruzam à via para acomodar esses volumes com a velocidade diretriz.

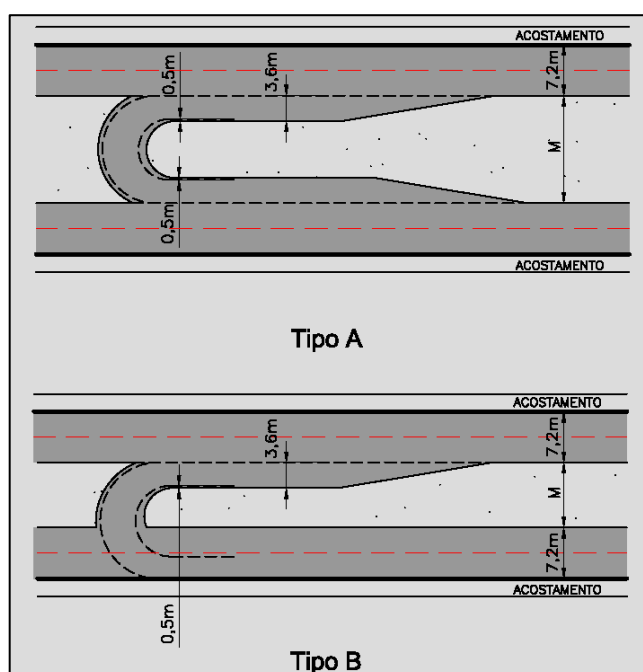
3.8.1 Abertura do canteiro central para retorno

Grande parte das vias brasileiras ainda possui o retorno do tipo abertura simples. Nesse caso, realiza-se uma abertura no canteiro central da via que permite a conversão à esquerda. Esse tipo de configuração pode ser perigoso, pois não possui largura suficiente para acomodação dos veículos, além disso, obriga-os a permanecerem com parte do veículo sobre a faixa de ultrapassagem, o que pode acarretar em perda de fluidez da via e até mesmo em acidentes (DNIT, 2005).

Com o intuito de diminuir o risco de problemas e acidentes nesses locais, têm sido projetadas faixas internas de mudança de velocidade, descritas na seção 3.9. A função destas faixas é permitir que o veículo acelere ou desacelere, de acordo com a necessidade do movimento que será descrito, estando protegido do fluxo normal da via.

Existem três situações com essas faixas que podem ser aplicadas dependendo da dimensão do canteiro central. Retornos sem faixas de mudança de velocidade não são indicados devido ao alto risco que o condutor fica exposto. Na Figura 11 são mostradas essas configurações.

Figura 11 - Dimensões mínimas do canteiro central para retorno em U



Fonte: DNIT (2005).

Na Figura 11 tipo A, é verificada a existência das duas faixas internas de mudança de velocidade, no tipo B é considerado apenas a faixa de desaceleração em que o veículo sai do retorno adentrando diretamente na via principal. A dimensão M representa a largura do canteiro antes da abertura da faixa auxiliar.

Para pistas duplas com quatro faixas nos dois sentidos, o DNIT (2005) estabelece algumas larguras mínimas e desejadas do canteiro central para situações urbanas, apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Larguras mínimas e desejáveis do canteiro central para retorno

Função	Largura mínima (m)	Largura desejada (m)
Separação de fluxos opostos	1,20 (0,60)	3,00
Refúgio de pedestres e espaço para controle do tráfego	1,80 (1,20)	4,20
Faixa de giro à esquerda e armazenamento de veículos	3,60 (3,00)	6,00
Proteção dos veículos que cruzam	6,00	14,00
Retornos em "U", movimentos entre faixas internas	9,00	19,00

Fonte: DNIT (2005).

3.9 Faixas de mudança de velocidade

Normalmente, para sair ou adentrar em uma rodovia, retorno ou outros tipos de dispositivos, o condutor deve reduzir ou acelerar de acordo com o movimento que deseja fazer. Por exemplo, caso o condutor esteja saindo de uma via ele precisa desacelerar para realizar o movimento e caso esteja entrando, precisa imprimir uma aceleração para que atinja a velocidade da via e dos demais veículos.

Quando essas mudanças de velocidade são feitas na própria via de tráfego, em um local movimentado e de alta velocidade, elas podem gerar conflitos nas vias podendo se transformar em algo perigoso e reduzir a trafegabilidade. Com o intuito de reduzir esses riscos foram criadas as faixas de mudança de velocidade.

Segundo o DNIT (2005), as faixas de mudança de velocidade têm o objetivo de receber o tráfego de veículos que estão saindo ou adentrando na via, para que estes possam

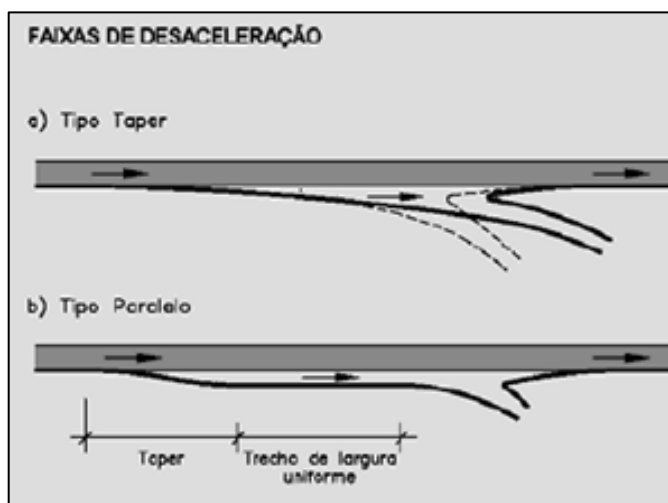
executar suas manobras causando o mínimo de interferência com o fluxo de tráfego direto. Essas faixas são dimensionadas com largura e comprimento suficientes para executar os movimentos.

As faixas de desaceleração para giros à esquerda são vantajosas em muitos casos, pois além de gerar maior segurança no trânsito elas contribuem para aumentar a capacidade da via. Em rodovias de duas pistas e canteiros centrais mais largos, essas faixas podem ser construídas dentro do canteiro, deixando livres as faixas de rolamento.

3.9.1 Tipos das faixas de mudança de velocidade

Existem dois tipos básicos de faixas de mudança de velocidade. A primeira, tipo “taper” consiste em uma faixa que se inicia com ângulo e largura bem pequena e vai aumentando até atingir a largura necessária de projeto. Já a faixa tipo paralelo se inicia e percorre até o fim com uma largura constante. Na Figura 12 estão ilustrados esses tipos de faixa de desaceleração.

Figura 12 - Tipos básicos de faixas de mudança de velocidade - Desaceleração



Fonte: DNIT (2005).

O DNIT (2005) orienta que, em casos de vias com velocidades elevadas é mais eficiente que o veículo faça a maior parte da redução de velocidade fora da faixa de tráfego. Quando a via não possui volumes de tráfego muito elevados, a trajetória do tipo “taper”

consegue solucionar o problema. Para rodovias até Classe I é indicado adotar o tipo paralelo.

3.9.2 Largura e comprimento dos trechos

➤ Trecho de largura variável ou “taper”

O trecho de largura variável forma um afunilamento da faixa adicionada até o bordo normal da pista. Esse trecho é inserido no início da faixa de desaceleração e no fim da faixa de aceleração possuindo forma de um triângulo (DNIT, 2005).

Estima-se que os motoristas levem de três a quatro segundos para se deslocarem e se inserirem na faixa adjacente. Para cálculo, considera-se o valor de 3,5 segundos e velocidade de 1 m/s para largura da faixa de 3,5 m. Na Tabela 9 são apresentados os comprimentos do taper em função da velocidade média de operação.

Tabela 9 – Comprimentos do “taper” nas faixas de mudança de velocidade

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	38	46	54	62	71	79	86	92	98
Comprimento mínimo (m)	39	45	53	60	69	77	84	89	95
Comprimento arredondado (m)	40	45	55	60	70	80	85	90	100

Fonte: DNIT (2005).

➤ Largura do trecho constante

Para os trechos com largura constante é desejável que se tenha de 3,5 a 3,6 m, largura normal de uma faixa. Para vias urbanas, esse valor pode ser menor, desde que seja justificado. O DNIT (2005) orienta que, quando a faixa for do lado do acostamento, não é necessário manter toda a largura, podendo ser mantido apenas uma largura parcial. Caso existam meios-fios intransponíveis, estes devem possuir um afastamento lateral de 0,3 a 0,6 m.

➤ Comprimento das faixas de mudança de velocidade

Os comprimentos das faixas de mudança de velocidade são definidos em função da velocidade diretriz da via e da velocidade de segurança no início e no fim do trecho das faixas de aceleração e desaceleração. Os comprimentos do “taper” já estão inclusos nos comprimentos da faixa. Nas Tabelas 10 e 11 são exibidos esses comprimentos para faixas de desaceleração e aceleração, respectivamente, para greides de até 2%.

Tabela 10 - Comprimentos das faixas de mudança de velocidade (desaceleração)

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

Fonte: DNIT (2005).

Tabela 11 - Comprimentos das faixas de mudança de velocidade (aceleração)

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Fonte: DNIT (2005).

Para greides maiores que 2% utilizam-se fatores de correção descritos no DNIT (2005), em que, em greides ascendentes, o comprimento das faixas de desaceleração diminui, enquanto o das faixas de aceleração aumenta. Já nos greides descendentes, ocorre o

contrário, aumentando o comprimento nas faixas de desaceleração e diminuindo na aceleração.

3.10 Capacidade e nível de serviço

A capacidade viária pode ser definida como o máximo fluxo de veículos que uma via pode acomodar por período de tempo. Características geométricas e de tráfego influenciam diretamente na definição da capacidade (GOLDNER, 2017).

Quando uma via opera próximo ao seu limite de capacidade, a operacionalidade da via diminui, assim como a velocidade, dificultando mudanças de faixa e exigindo ainda mais a atenção dos condutores. Para avaliar a qualidade de operação de uma via utiliza-se o conceito de nível de serviço e volume de serviço.







O nível de serviço consiste basicamente em uma definição qualitativa das condições de operação e conforto. Os fatores que influenciam na determinação desses níveis são a liberdade para escolher a velocidade em que trafegar e o espaço para mudar de faixa. Observa-se, na Tabela 12, os seis tipos de níveis de serviço.

A cada um desses níveis de serviço é associado um volume de serviço. O volume de serviço consiste no máximo fluxo em que pode ser observadas as características do nível de serviço correspondente, desta forma, quantificam-se os intervalos de fluxo para cada nível.

De acordo com Tecnologia UFPR (2016) os fatores que mais afetam a capacidade e os volumes de serviços de uma via são: o tipo de via, o número de faixas, a largura do acostamento, tipo de usuário, composição da frota e fatores que se relacionam ao traçado da via.

Os cálculos relativos à capacidade de uma via podem ser realizados por meio de fórmulas ou programas usuais. No caso do projeto em questão escolheu-se o *software* HCS+ para realização dos cálculos.

Tabela 12 – Tipos de níveis de serviço

Tipos de níveis de serviço	
	<p>Nível A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Fluxo é livre; • Concentração de carros muito reduzida; • Liberdade na escolha da velocidade; • Facilidade para mudar de faixa. <p>Conforto e conveniência: Ótimo</p>
	<p>Nível B:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Fluxo é estável; • Concentração de carros reduzida; • Liberdade parcial na escolha da velocidade; • Facilidade parcial para mudar de faixa. <p>Conforto e conveniência: Bom</p>
	<p>Nível C:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Fluxo é estável; • Concentração de carros média; • Liberdade pouco prejudicada na escolha da velocidade; • Facilidade pouco prejudicada para mudar de faixa. <p>Conforto e conveniência: Regular</p>
	<p>Nível D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Fluxo é instável; • Concentração alta de carros; • Reduzida liberdade na escolha da velocidade; • Reduzida facilidade para mudar de faixa. <p>Conforto e conveniência: Ruim</p>
	<p>Nível E:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Fluxo é instável; • Concentração muito alta de carros; • Nenhuma liberdade na escolha da velocidade; • Nenhuma facilidade para mudar de faixa. <p>Conforto e conveniência: Péssimo</p>
	<p>Nível F:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Fluxo é forçado; • Concentração altíssima de carros; • Velocidades baixas e frequentes paradas; • Mudanças de faixa forçadas quando há colaboração de outro motorista; <p>Conforto e conveniência: Inaceitável</p>

Fonte: Tecnologia UFPR (2016).

3.10.1 Highway Capacity Software (HCS+)

O software HCS+, produzido pela *McTrans Moving Technology*, na Universidade da Florida (EUA), é um programa de análise de tráfego voltado para capacidade viária. O programa utiliza como base de dados o *Highway Capacity Manual (HCM)*, manual referência em estudos e diretrizes para cálculos e avaliação de níveis de serviço e capacidade viária (KHASAWNEH E OBADAT, 2013).

O HCS+ pode ser utilizado em estudos de capacidade e nível de serviço em diversos tipos de via. Na Figura 13 está ilustrada a interface do programa, em que se faz a escolha do tipo de análise, a ser realizada.

Figura 13 - Tela inicial do HCS+



Fonte: Khasawneh e Obadat (2013).

- Interseções semaforizadas;
- Interseções não semaforizada;
- Vias arteriais;
- Vias de pista simples, duas faixas, dois sentidos;
- Vias de múltiplas faixas;
- Vias expressas;

- Seções de entrelaçamento;
- Rampas;
- Acessos e egressos;
- Transporte coletivo;

O *software* conta atualmente com novas versões, sendo o HCS 7 versão 7.2 a mais recente. Para o presente trabalho utilizou-se a versão 5.2 do HCS+, disponível nos computadores do laboratório da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Neste trabalho foi utilizado o subprograma para análise de interseção não semaforizada.

4 Sinalização viária

As funções da sinalização viária são informar e orientar os usuários das vias, tendo como princípio as condições de percepção dos condutores, para garantir sua real eficácia. Para assegurar as condições de percepção dos condutores, alguns princípios são seguidos de acordo com o CONTRAN (2007a).

- Legalidade: Obedecer ao Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e sua legislação complementar;
- Suficiência: Implantar a quantidade de sinalização adequada ao local e permitir que seja facilmente percebida;
- Padronização: Sempre sinalizar seguindo o padrão estabelecido e sinalizar lugares semelhantes da mesma forma;
- Clareza: Expor mensagens de fácil entendimento;
- Precisão e confiabilidade: Sempre sinalizar correspondendo a situação existente. Possuir credibilidade;
- Visibilidade e legibilidade: A sinalização precisa ser enxergada pelo condutor na distância necessária para tomada de decisão;
- Manutenção e conservação: Estar sempre limpa, fixa e visível aos condutores.

O trabalho retratará apenas a sinalização utilizada em projeto, explicando sua função e critérios de projeto.

4.1 Sinalização Vertical de Regulamentação

Esse tipo de sinalização tem como função regulamentar o uso das vias urbanas ou rurais, impondo condições, obrigações, proibições e restrições em seu uso. Essa regulamentação deve ser atendida e seguida pelos condutores, pois o seu não cumprimento pode colocar em risco a segurança do local, sendo ainda passível de penalidades (CONTRAN, 2007b).

É importante que ao projetar uma sinalização, exista um cuidado especial em sua coerência e validade, para que uma sinalização não contrarie a outra. Quando houver necessidade, devem-se estabelecer os dias, horários e tipos de veículo a que sua função está destinada. Na Figura 14 está ilustrado o conjunto de sinais de regulamentação.

4.1.1 Aspectos legais e abrangência da sinalização

A sinalização vertical de regulamentação deve sempre ser respeitada, sendo seu descumprimento passível de infração de acordo com o capítulo XV, do Código de Trânsito Brasileiro (CONTRAN, 2007b).

Ao propor uma sinalização para determinado local, devem-se atender rigorosamente às especificações de forma, cor e dimensão dos sinais, conforme regulado pelo CONTRAN (2007b).

4.1.2 Geometria e cores


A geometria da sinalização de regulamentação possui padrão circular, excetuando os sinais de “Parada Obrigatória” e “Dê a preferência”. Em relação às cores, são em vermelho e branco e seguem os padrões apresentados nas Figuras 15 e 16.

Figura 14 - Sinais de regulamentação





Fonte: Autoescola Jacana (2016).

Figura 15 – Geometria e cores padrões da sinalização de regulamentação

Forma		Cor	
 OBRIGAÇÃO/ RESTRIÇÃO PROIBIÇÃO	Fundo	Branca	
	Símbolo	Preta	
	Tarja	Vermelha	
	Orla	Vermelha	
	Letras	Preta	

Fonte: CONTRAN (2007b).

Figura 16 – Geometria e cores das sinalizações de “Parada Obrigatória” e “Dê a Preferência”

Sinal		Cor	
Forma	Código		
	R-1	Fundo	Vermelha
		Orla interna	Branca
		Orla externa	Vermelha
		Letras	Branca
	R-2	Fundo	Branca
		Orla	Vermelha

Fonte: CONTRAN (2007b).

Em relação à geometria, os sinais seguem dimensões mínimas e recomendadas pelo manual. As dimensões são estabelecidas de acordo com o tipo da via e estão exibidas nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 – Dimensões mínimas e recomendadas para sinais de forma circular

Dimensões para sinais de regulamentação de forma circular						
Via	Diâmetro mínimo (m)	Diâmetro recomendado (m)	Tarja mínima (m)	Tarja recomendada (m)	Orla mínima (m)	Orla recomendada (m)
Urbana (trânsito rápido)	0,4	0,75	0,04	0,075	0,04	0,075
Urbana (demais vias)	0,4	0,5	0,04	0,05	0,04	0,05
Rural (Estrada)	0,5	0,75	0,05	0,075	0,05	0,075
Rural (Rodovia)	0,75	1	0,075	0,1	0,075	0,1
Áreas com legislação especial	0,3	-	0,03	-	0,03	-

Fonte: Adaptada CONTRAN (2007b).

Tabela 14 – Dimensões mínimas e recomendadas para sinais de forma octogonal

Dimensões para sinais de regulamentação de forma octogonal						
Via	Lado mínimo (m)	Lado recomendado (m)	Orla interna branca mínima (m)	Orla interna branca necessária (m)	Orla externa vermelha mínima (m)	Orla externa vermelha necessária (m)
Urbana	0,25	0,35	0,02	0,028	0,01	0,014
Rural (Estrada)	0,35	0,35	0,028	0,028	0,014	0,014
Rural (Rodovia)	0,40	0,50	0,032	0,04	0,016	0,02
Áreas protegidas por legislação especial	0,18	-	0,015	-	0,008	-

Fonte: Adaptada CONTRAN (2007b).

Tabela 15 – Dimensões mínimas e recomendadas para sinais de forma triangular

Dimensões para sinais de regulamentação de forma triangular				
Via	Lado mínimo (m)	Lado recomendado (m)	Orla mínima (m)	Tarja recomendada (m)
Urbana	0,75	0,90	0,10	0,15
Rural (Estrada)	0,75	0,90	0,10	0,15
Rural (Rodovia)	0,90	1,00	0,15	0,20
Áreas protegidas por legislação especial	0,40	-	0,06	-

Fonte: Adaptada CONTRAN (2007b).

No presente projeto, sempre que possas placas foram propostas utilizando as dimensões recomendadas para vias urbanas. Essas dimensões foram escolhidas para que o condutor possa ter as melhores condições de visibilidade desses sinais.

4.1.3 Material da sinalização

Os materiais a serem utilizados na sinalização vertical devem possuir boas condições de visibilidade e durabilidade, além de não sofrerem com as condições climáticas. Os materiais mais adequados para construção das placas são aço, alumínio, plástico reforçado e madeira imunizada.

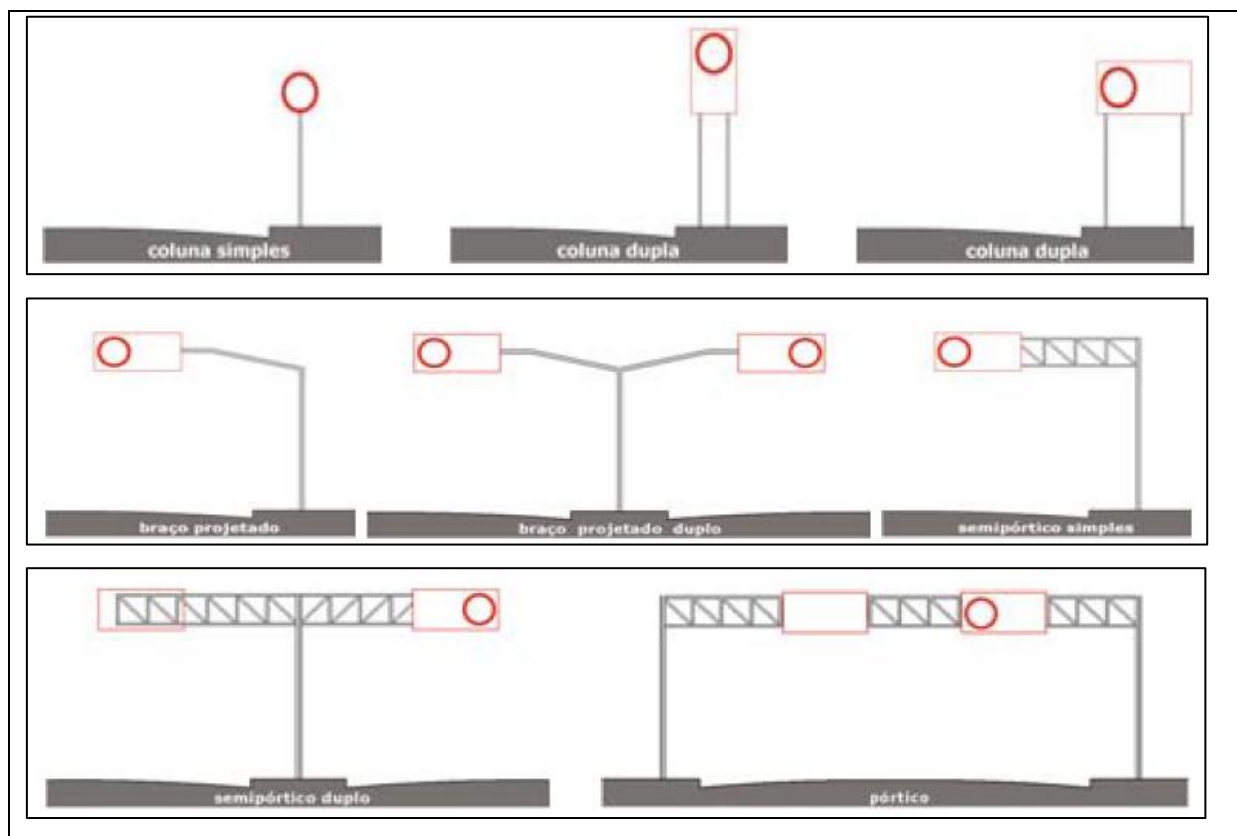
Na confecção dos símbolos da sinalização as tintas mais indicadas são o esmalte sintético, fosco ou semifosco e pintura eletrostática. As películas podem ser usadas também na representação dos símbolos, devendo ser plásticas e não refletiva, podendo ser dos seguintes tipos: esferas inclusas, esferas encapsuladas ou lentes prismáticas, definidas de acordo com o projeto. A parte de trás da placa deve sempre ser da cor preta e fosca ou semifosca.

4.1.4 Tipos de suportes utilizados

Diversos tipos de suportes podem ser utilizados para fixar as sinalizações verticais, apesar disto, precisam atender algumas exigências do CONTRAN, (2007b). Os suportes devem suportar seu peso próprio, peso das placas e as ações do vento, devem ser colocados de forma que qualquer deslocamento seja evitado. Elementos fixadores devem ser utilizados para impedir que solte, gire ou se desloque.

Os principais materiais indicados para utilizar nesses suportes são aço e madeira imunizada, na cor neutra. Estão ilustrados, na Figura 17, os tipos de suporte utilizados para fixar as placas de regulamentação. Esses suportes podem ser em coluna, braço projetado, semipórtico e pórtico, podendo ser simples ou duplos.

Figura 17 – Tipos de suporte utilizados para sinalização de regulamentação



Fonte: CONTRAN (2007b).

4.1.5 Posicionamento

O padrão de posicionamento das placas de sinalização é do lado direito da via no sentido do fluxo do tráfego. As placas devem ser instaladas fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação ao tráfego, de forma a garantir melhores condições de visibilidade e evitar o reflexo causado pela incidência dos faróis na sinalização.

Para realizar o posicionamento das sinalizações verticais em áreas urbanas, algumas recomendações devem ser seguidas. As placas em coluna devem ser instaladas de forma que fiquem com uma altura livre de 2,0 a 2,5 m permitindo a iluminação por postes e não impedindo a passagem dos pedestres no local. Já em locais de placas suspensas, a altura livre mínima deve ser de 5,50 m.

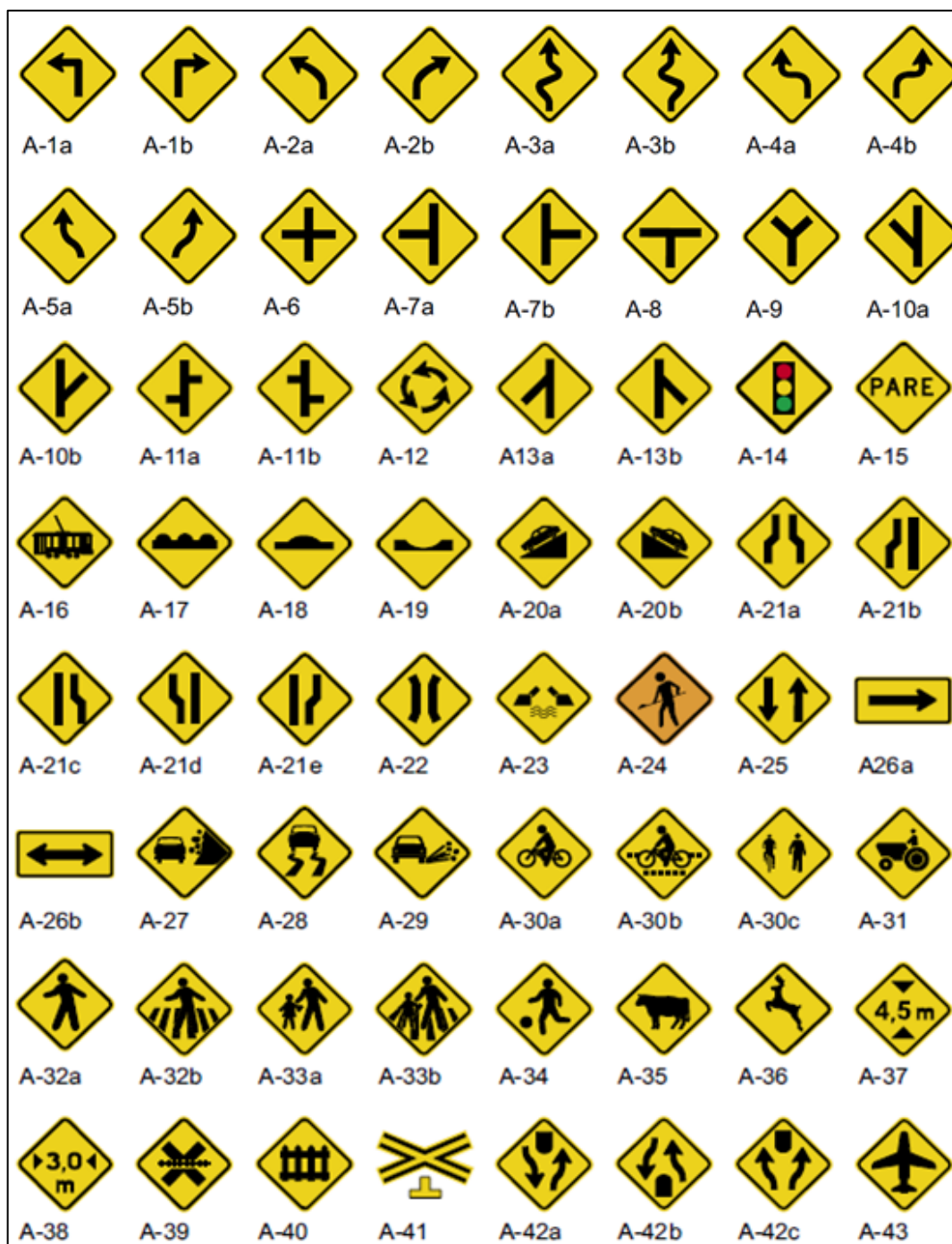
A locação deve respeitar também os afastamentos laterais de 0,3 a 0,4 m da borda lateral da calçada para qualquer tipo de suporte. Caso a via possua mais de três faixas por sentido, ou apresente alguma necessidade de reforço dos sinais, as sinalizações podem ser implantadas também do lado esquerdo.

4.2 Sinalização Vertical de Advertência

A sinalização vertical de advertência tem a função de alertar os usuários em relação a obstáculos, restrições ou situações perigosas na via. Geralmente, o intuito dessas sinalizações é fazer com que o condutor reduza sua velocidade para passar pelo local com maior segurança.

Esse tipo de sinalização deve ser utilizado sempre que o perigo não se evidencie por si só. Por isso, antes de implantar essas placas nos locais, estudos de engenharia devem ser feitos para garantir que a placa seja fiel à situação real da via. Na Figura 18 estão mostrados alguns sinais de advertência existentes.

Figura 18 - Sinais de advertência



Fonte: CONTRAN (2007a).

4.2.1 Aspectos legais e abrangência da sinalização

A sinalização vertical de advertência segue os mesmos aspectos legais da Sinalização de Regulamentação.


A abrangência da sinalização é para todos os condutores da via, devendo ser locada em lugares percebidos por eles, de maneira que possam compreender e ter tempo suficiente de reagir adequadamente.

4.2.2 Geometria e cores

A geometria dos sinais de advertência é quadrada com uma das diagonais posicionada verticalmente. São exceções deste tipo de geometria, as sinalizações de “Sentido único”, “Sentido duplo”, e “Cruz de Santo André”.

As cores deste tipo de sinalização são amarela e preta, constituindo exceção as sinalizações de “Semáforo à frente” e “Obras”. Na Figura 19 está apresentado o tipo mais comum dessa sinalização.

Figura 19 – Características dos sinais de advertência

Forma	Cor	
	Fundo	Amarela
	Símbolo	Preta
	Orla interna	Preta
	Orla externa	Amarela
	Legenda	Preta

Fonte: CONTRAN (2007a).

As dimensões das placas quadradas e retangulares devem seguir os mínimos valores estabelecidos pelo CONTRAN (2007a), conforme mostrado nas Tabelas 16 e 17.

Os materiais indicados para confecção das sinalizações, bem como os tipos de suporte utilizados e o posicionamento das placas, seguem os mesmos princípios expostos nas subseções 4.1.3, 4.1.4 e 4.1.5, respectivamente.

Tabela 16 – Dimensões mínimas para sinalização de advertência na forma quadrada

Dimensões para sinais de advertência de forma quadrada			
Via	Lado mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,45	0,0009	0,018
Rural (Estrada)	0,50	0,01	0,02
Rural (Rodovia)	0,60	0,012	0,024
Áreas protegidas por legislação especial	0,30	0,006	0,012

Fonte: CONTRAN (2007a).

Tabela 17 - Dimensões mínimas para sinalização de advertência na forma retangular

Dimensões para sinais de advertência de forma retangular				
Via	Lado maior mínimo (m)	Lado menor mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,50	0,25	0,005	0,01
Rural (Estrada)	0,80	0,40	0,008	0,016
Rural (Rodovia)	1,00	0,50	0,01	0,02
Áreas protegidas por legislação especial	0,40	0,20	0,006	0,012

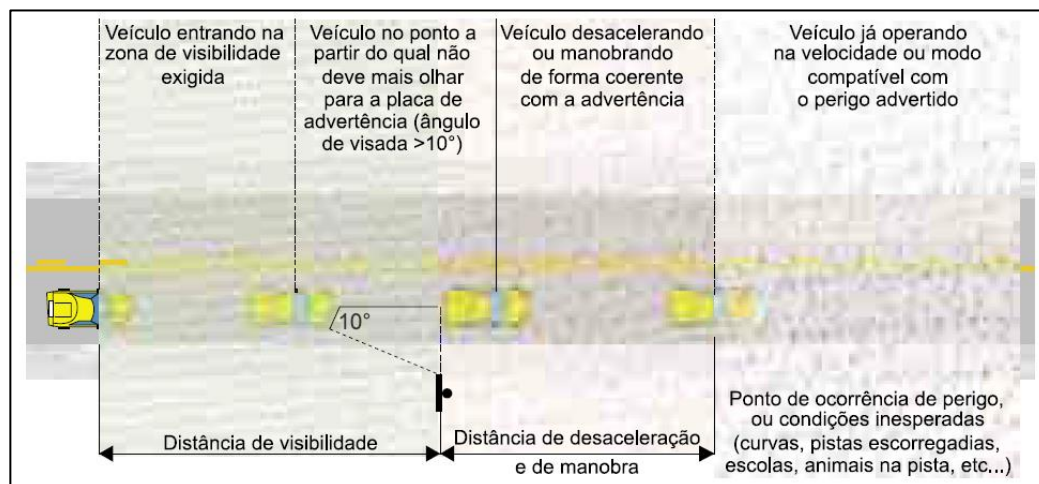
Fonte: CONTRAN (2007a).

4.2.3 Critérios de implantação

Como já relatado, a função das placas de advertência é advertir o usuário em relação a alguma situação inesperada, sendo assim, é importante que a sinalização esteja colocada a uma distância que permita a visibilidade do condutor e sua reação.

O posicionamento deste tipo de sinalização depende diretamente de duas distâncias a serem analisadas: a distância de visibilidade e a de desaceleração e/ou manobra. Na Figura 20 está mostrado o veículo e as reações em cada uma destas distâncias.

Figura 20 - Critérios de implantação da sinalização de advertência



Fonte: CONTRAN (2007a).

A primeira destas distâncias, a de visibilidade, é calculada em função da velocidade da pista. Na Figura 21 estão exibidas essas distâncias, considerando um tempo de percepção e reação de 2,5 segundos. A distância de visibilidade inclui o trecho em que o condutor deixa de visualizar a placa até está formar um ângulo de 10° com o veículo.

Figura 21 – Distâncias mínimas de visibilidade em função da velocidade de aproximação

Velocidade de aproximação (Km/h)	Distância mínima de visibilidade (m)
40	60
50	70
60	80
70	85
80	95
90	105
100	115
110	125
120	135

Fonte: CONTRAN (2007a).

Já a distância de desaceleração e/ou manobra deve ser tal que permita ao veículo desacelerar até que pare totalmente, quando for necessário. Essa distância depende da manobra a ser realizada e da velocidade de aproximação do veículo.

Na Figura 22 estão expressas as distâncias mínimas necessárias para desaceleração e/ou manobra entre a placa de sinalização e a situação crítica. Considerou-se uma desaceleração constante de 2,00 m/s².

Figura 22 – Distância de desaceleração e manobra

Velocidade Aproximação (km/h)	Distância de desaceleração e/ou manobra – (m):												
	Veloc. km/h	zero	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	Distância (m)	31	29	23	14	-							
50		48	46	41	31	17	-						
60		69	68	62	52	39	21	-					
70		95	93	87	77	64	46	25	-				
80		123	122	116	106	93	75	54	29	-			
90		156	154	149	139	125	108	87	62	33	-		
100		193	191	185	176	162	145	123	98	69	37	-	
110		232	231	226	216	203	185	164	139	110	77	41	-
120		278	276	270	260	247	230	208	183	154	122	85	44

Fonte: CONTRAN (2007a).

4.3 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal tem como função orientar e transmitir mensagens aos usuários sobre a forma como a via deve ser utilizada, mostrando suas proibições, restrições e informações pertinentes aos usuários. A classificação da sinalização é feita de acordo com a sua função (CONTRAN, 2007c):

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos;
- Orientar o fluxo de pedestres;
- Orientar os veículos quanto a geometria, topografia e obstáculos da via;
- Complementar a sinalização vertical;
- Regular os casos descritos no Código de Trânsito Brasileiro.

4.3.1 Importância

A sinalização horizontal, além de aumentar o aproveitamento dos espaços da via, permite aumentar a segurança em condições adversas, transmitir mensagens aos motoristas e até contribui para evitar acidentes.

4.3.2 Geometria e cores

Assim como os outros tipos, a sinalização horizontal é constituída por um padrão de formas e cores que definem os diversos tipos de marcas e suas funções. Os padrões de forma dos sinais podem ser de três tipos: contínua, tracejada ou seccionada e de setas, símbolos e legendas.

Os padrões de formas são utilizados com as cores amarelo, branco, vermelho, azul e preto, cada uma combinada com uma forma tem uma função específica. A sinalização amarela tem a função de separar os movimentos de fluxos opostos, regulamentar ultrapassagens, delimitar espaços proibidos para estacionamento e/ou paradas e demarcar obstáculos na pista, como lombadas.

A sinalização branca é utilizada para fluxos de mesmo sentido, logo, sua função é separar, delimitar as áreas de circulação e trechos destinados a estacionamentos, regulamentar as faixas de pedestres e linhas de ultrapassagem, demarcar as linhas de retenção e linhas de “Dê a preferência” e inscrever setas, símbolos e legendas.

Além das cores de sinalização mais utilizadas, existe a sinalização na cor vermelha, com a função de demarcar áreas de ciclovias e inscrever o símbolo cruz; a azul com a função de inscrever os símbolos de estacionamento e parada para pessoas portadoras de deficiência física; e a sinalização na cor preta, utilizada, principalmente, em pavimentos de concreto com a função de criar contraste entre a marca viária e o pavimento (CONTRAN, 2007c).

As dimensões das larguras das linhas longitudinais, transversais e o dimensionamento dos símbolos e legendas, são definidos em função de características físicas e

operacionais da via. As linhas tracejadas são definidas em função do tipo de linha e da velocidade regulamentada da via.

4.3.3 Material da sinalização

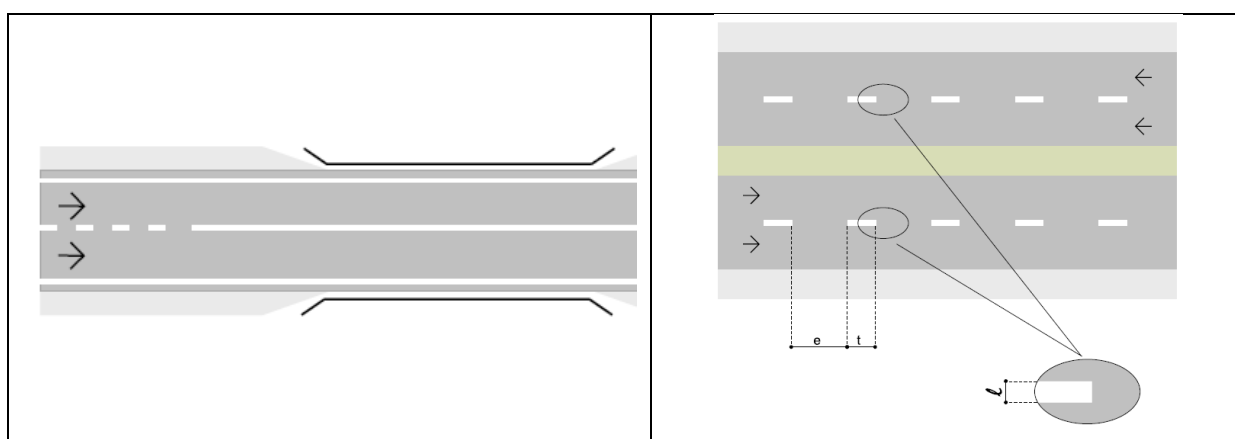
Os materiais mais indicados para esse tipo de sinalização são tintas, massas plásticas de dois componentes, massas termoplásticas, plásticos aplicáveis a frio e películas pré-fabricadas. O material utilizado na sinalização deve permitir visibilidade noturna e ser retrorrefletivo.

4.3.4 Classificação da sinalização

As sinalizações horizontais são classificadas quanto ao tipo de marca e inscrições no pavimento. Sendo assim, são classificadas em marcas longitudinais, marcas transversais, de canalização, de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento e inscrições no pavimento.

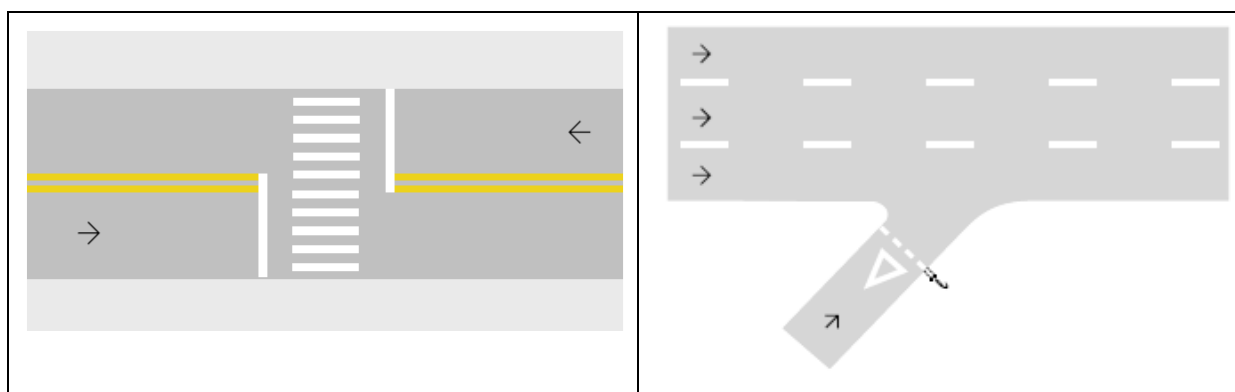
As marcas longitudinais tem a função de separar e organizar o fluxo de veículos. As marcas transversais ordenam o fluxo transversal e organizam o movimento de pedestres. Nas figuras 23 e 24 estão ilustrados alguns exemplos de marcas.

Figura 23 - Marcas longitudinais



Fonte: CONTRAN (2007c).

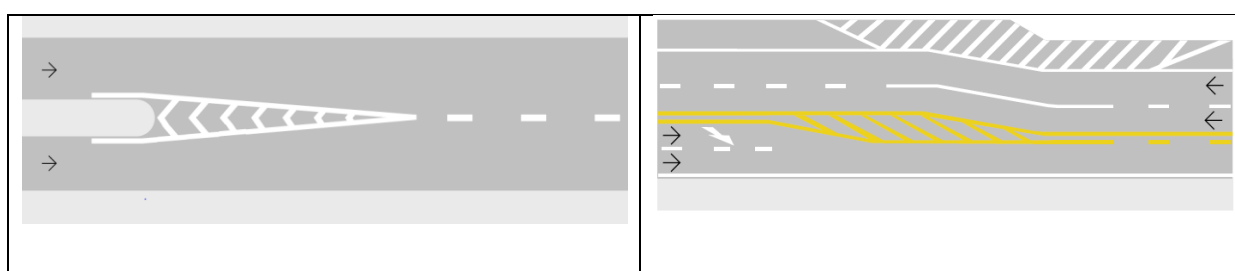
Figura 24 – Marcas transversais



Fonte: CONTRAN (2007c).

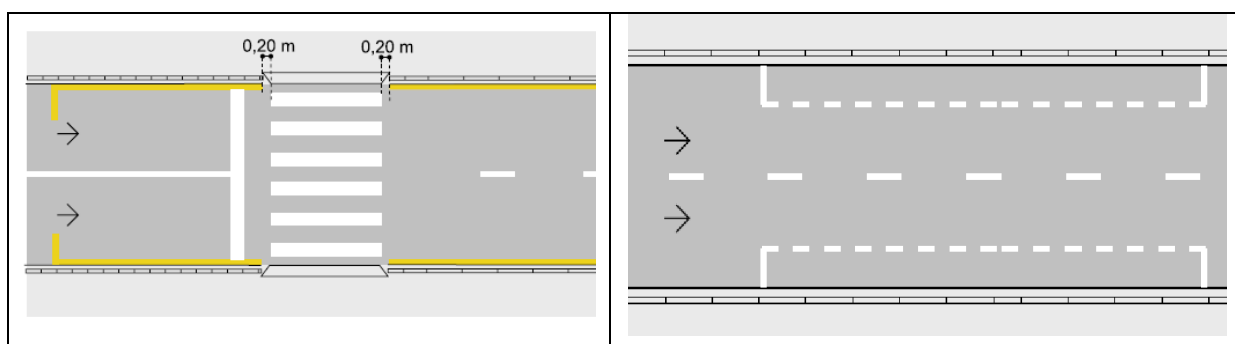
As marcas de canalização (Figura 25) orientam o fluxo de tráfego na via. As marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento (Figura 26) têm a função de controlar e delimitar vagas. Além destas marcas existem as inscrições no pavimento que são utilizadas para auxiliar o condutor (Figura 27).

Figura 25 - Marcas de canalização



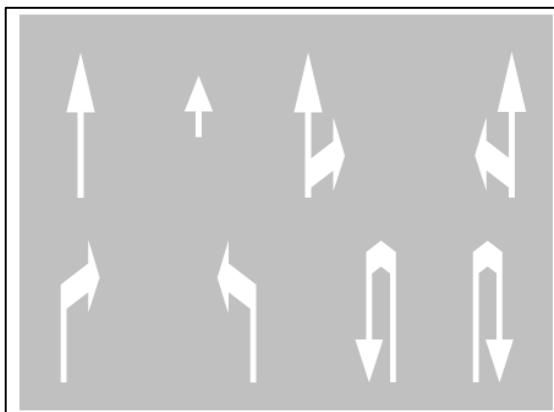
Fonte: CONTRAN (2007c).

Figura 26 - Marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento



Fonte: CONTRAN (2007c).

Figura 27 - Inscrições no pavimento



Fonte: CONTRAN (2007c).

5 Levantamento topográfico

De acordo com a ABNT NBR 13133:1994, um levantamento topográfico consiste em um conjunto de métodos e processos, utilizados para determinação de pontos de detalhes que representam da forma mais exata as superfícies planimétricas e altimétricas. Esses pontos são obtidos por meio de medições de ângulos horizontais, verticais e inclinados e distâncias com instrumentação adequada.

Neste trabalho executou-se o levantamento planimétrico utilizando estação total. O levantamento planimétrico consiste na medição dos limites e confrontações da área de estudo, com o objetivo de representar a área em projeção plana com informações horizontais dos limites de interesse.

Ainda que a estação total tenha se tornado o aparelho mais utilizado em levantamentos topográficos, em muitos casos ainda se vê a utilização do teodolito. O teodolito consiste em um instrumento óptico cuja função é medir ângulos horizontais e verticais. Para utilizá-lo, deve ser disposto em um ponto de forma que esteja alinhado com o eixo de gravidade do local e sua base nivelada com o plano horizontal. A luneta faz pontaria nos pontos de interesse e então toma-se a medida angular. São necessárias medidas de, pelo menos, três pontos diferentes. O cálculo das medidas é feito por meio do sistema de triangulação, baseado em trigonometria.

A diferença básica do teodolito para a estação total é que a última possui um coletor de dados acoplado, sendo possível medir e gravar ângulos e distâncias ao mesmo tempo. As estações possuem distanciômetros ópticos-eletrônicos (EPM) e dispositivo eletrônico de varredura de ângulos. A distância horizontal, diferença de cotas e coordenadas são calculadas automaticamente e informações adicionais podem ser gravadas em sua memória interna (LEICA GEOSYSTEM, 2017). Na Figura 28 está ilustrada uma estação total.

Figura 28 – Equipamento - Estação total



Fonte: SS Topografia (2014).

Uma das maneiras de se realizar a medição com a estação total é com o auxílio de um prisma. Nesse caso o operador da estação precisa fazer a pontaria no prisma, que reflete o feixe laser emitido. O prisma fica sobre uma vara metálica e deve ser colocado nos pontos a serem medidos. Na Figura 29 está ilustrado o prisma.

Figura 29 – Prisma utilizado no levantamento com estação total

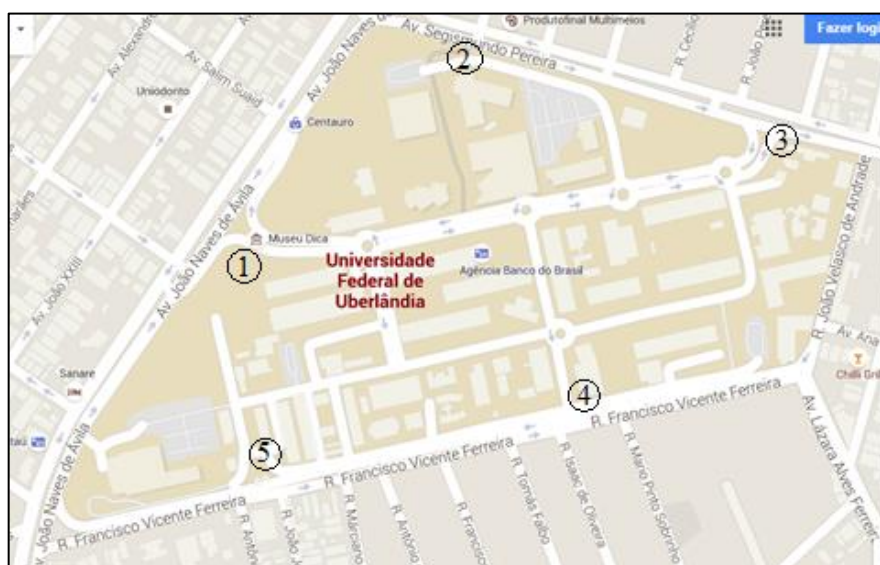


Fonte: Topografia (2016).

6 Metodologia: Estudos das interseções existentes

Atualmente, a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Câmpus Santa Mônica, possui três locais de entrada e saída de veículos e dois acessos exclusivos para pedestres. As entradas e saídas de veículos ocorrem na portaria principal pela Avenida João Naves de Ávila (1) e outros dois acessos secundários, uma na Avenida Segismundo Pereira (3) e outra na Avenida Francisco Vicente Ferreira (5). Na Figura 30 está ilustrada a localização da universidade, sinalizando os cinco acessos sendo dois exclusivos para pedestres de número (2) e (4).

Figura 30 – Mapa com os principais acessos da UFU – Câmpus Santa Mônica



Fonte: Google Maps (2017).

O acesso secundário para a UFU, na Avenida Francisco Vicente Ferreira, foi reconstruído recentemente. Sua criação gerou um aumento considerável no tráfego local e volume que tem sido absorvido pela infraestrutura existente, entretanto, existem na avenida dois pontos de interseção do tipo retorno onde verifica-se que até mesmo pequenos veículos de passeio têm dificuldades em realizar o movimento, acontecendo muitas vezes do motorista realizar manobras, ou ainda, subir na calçada para conseguir descrever a trajetória.

Os pontos em questão estão na Avenida Francisco Vicente Ferreira em frente à Fundação de Apoio Universitário (FAU) (Interseção 2) e próximo a entrada de veículos

da reitoria (Interseção 1). Os locais das interseções em questão podem ser observados nas Figuras 31 e 32.

Figura 31 – Interseção 1



Figura 32 - Interseção 2



A metodologia do projeto consistiu na realização de estudos destas duas interseções com base nos conhecimentos obtidos nas disciplinas de transportes, infraestrutura de estradas e orientações do DNIT (2005). O manual tem como objetivo definir critérios e procedimentos para que seja feita a escolha da infraestrutura mais adequada para o local. A metodologia deste trabalho será realizada seguindo as orientações deste manual, descritas de forma resumida na seção 3 deste trabalho.

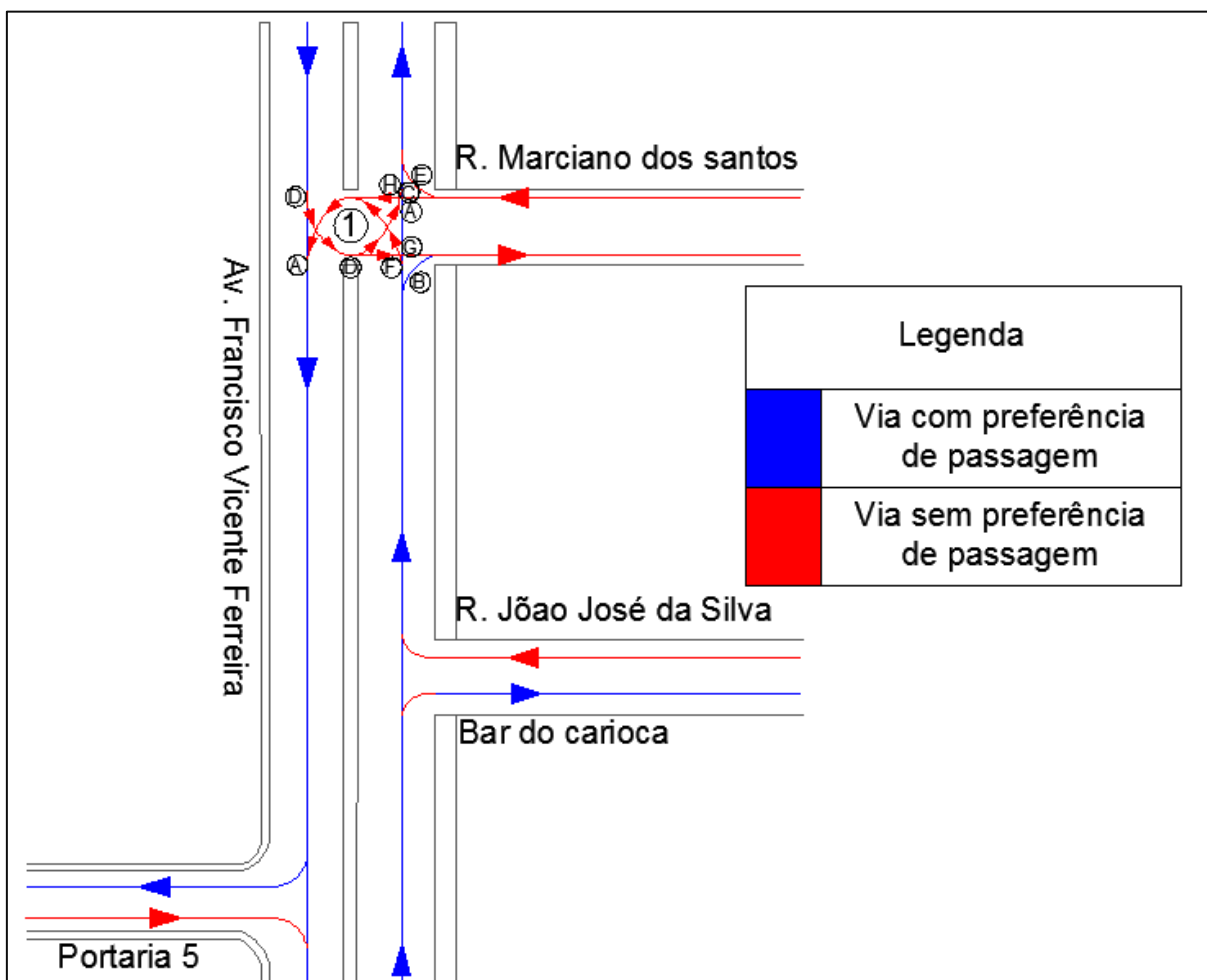
6.1 Dados Básicos

A determinação dos dados básicos é fundamental para conhecer as condições de tráfego, físicas, ambientais e até econômicas da interseção. Nesta etapa são numerados cinco fatores que caracterizam a interseção de um modo geral.

6.1.1 Primeiro fator: Controle de acessos, prioridades de passagens e velocidade diretriz da via principal





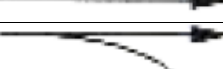



Para ilustrar o funcionamento atual das interseções foram elaborados dois croquis com os tipos de movimentos permitidos nos locais, os conflitos e quais as prioridades de passagem. Na Figura 33 está ilustrado o croqui da Interseção 1 e os movimentos veiculares permitidos.

Figura 33 – Movimentos veiculares permitidos – Interseção 1



Observa-se que na Interseção 1 há dez conflitos (oito movimentos), sendo quatro de convergência, quatro de divergência e dois de cruzamento. Dos conflitos de convergência, existe, um conflito de convergência múltipla, um de convergência à esquerda e um a direita. Dos conflitos de divergência, da mesma forma existe, um de divergência múltipla, um de divergência à esquerda e um à direita. Os cruzamentos são do tipo direto direita e direto esquerda. Na Tabela 18 são apresentados os tipos de conflitos existentes na Interseção 1.

Tabela 18 - Tipos de conflitos que ocorrem na Interseção 1

Tipos de conflito - Interseção 1				
Tipo de conflito			Quantidade	Total
A	Convergência à esquerda		2	4
B	Convergência à direita		1	
C	Convergência múltipla		1	
D	Divergência à esquerda		2	4
E	Divergência à direita		1	
F	Divergência múltipla		1	
G	Cruzamento direto direita		1	2
H	Cruzamento direto esquerda		1	
TOTAL				10

Na Figura 34 está ilustrado o croqui com os dados da Interseção 2. Observa-se que ocorrem menos conflitos, no total são quatro conflitos, sendo dois de convergência à esquerda e dois de divergências à esquerda. Na Tabela 19 estão exibidos esses conflitos.

Figura 34 – Movimentos veiculares permitidos – Interseção 2

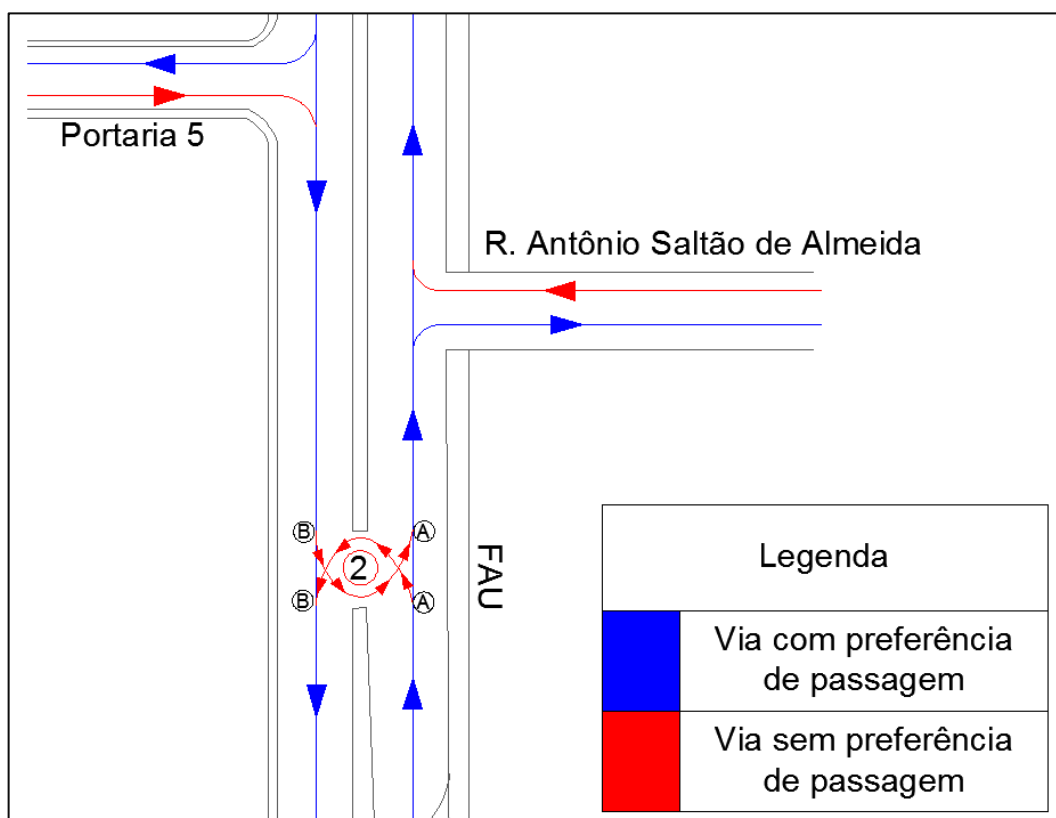


Tabela 19 - Tipos de conflitos que ocorrem na interseção 2

Tipos de conflito - Interseção 2				
Tipo de conflito			Quantidade	Total
A	Convergência à esquerda		2	2
B	Divergência à esquerda		2	2
TOTAL				4

Atualmente, a solução adotada é simples sem nenhum controle especial, as prioridades de passagem são definidas conforme o Código de Trânsito Brasileiro.

A velocidade diretriz estabelecida para a Avenida Francisco Vicente Ferreira é de 50 km/h. Percebeu-se que no local não existem sinalizações vertical e horizontal suficientes para atentar o condutor em relação a velocidade permitida na via e também não há na avenida nenhuma sinalização semafórica ou radar.

6.1.2 Segundo fator: Levantamento topográfico

Realizou-se um levantamento topográfico planimétrico pelo método da irradiação, com o uso de estação total e prismas de reflexão. A medição foi realizada pela manhã do dia 10 de fevereiro de 2017, sexta-feira. Na Figura 35 está ilustrada a estação total utilizada no levantamento.

Figura 35 – Estação total utilizada no levantamento



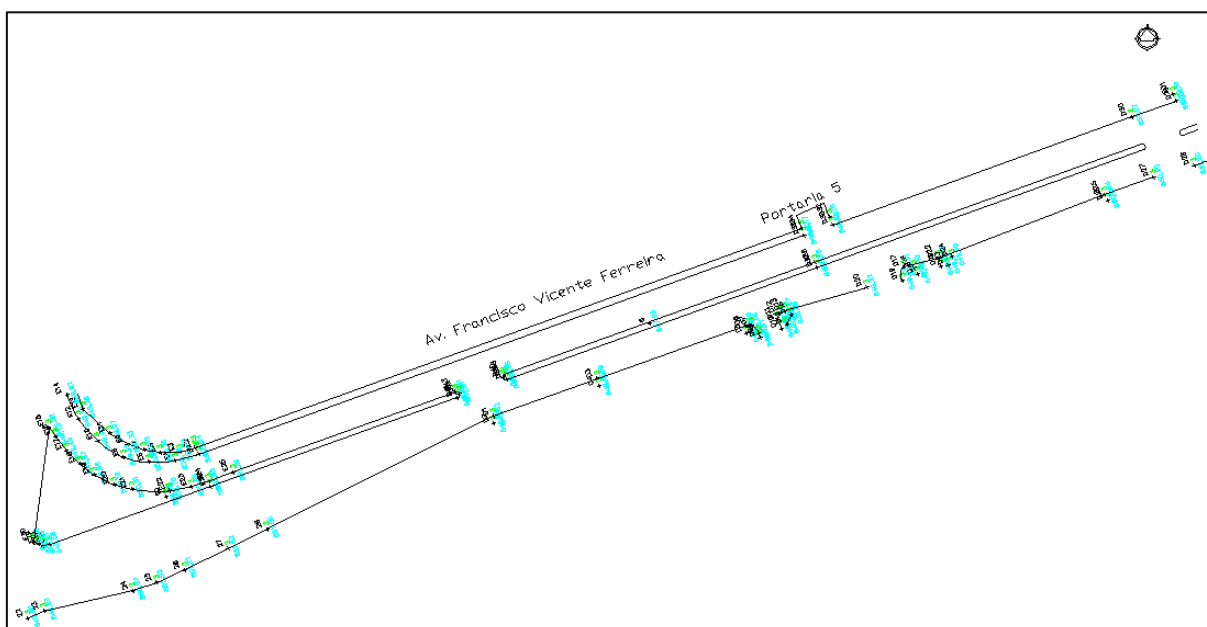
Foram implantados dois marcos de concreto no canteiro central da avenida, de forma que houvesse visibilidade entre eles e formasse um linha de referência. A partir destes pontos, realizaram-se medidas de ângulos e distâncias de todas as posições que descrevem a área de estudo, bem como os detalhes necessários.

Em locais curvilíneos mediou-se um número maior de posições para que se pudesse representar os contornos de forma mais precisa. Nos locais retilíneos mediou-se apenas as posições iniciais e finais dos segmentos de forma suficiente para suas respectivas representações em uma projeção plana.

Todos os dados foram gravados na memória da estação e posteriormente, exportados para o *software* AutoCAD. Na Figura 36 estão ilustrados de forma geral os locais dos pontos coletados e a representação do local de estudo obtido por meio do levantamento topográfico.

Ao exportar os pontos do levantamento para o autoCAD ocorreu uma superposição dos valores das coordenadas, não ficando visíveis para a leitura. Desta forma, os pontos da Figura 36 visam apenas indicar a posição dos pontos levantados para descrever a área de estudo, seus valores não foram analisados.

Figura 36 - Planta obtida a partir do levantamento topográfico



6.1.3 Terceiro fator: Dados de tráfego – Veículos e pedestres

Para realizar a determinação dos dados de tráfego foram seguidas as orientações descritas na seção 3.1 deste trabalho.

➤ Determinação dos períodos e picos de tráfego

A determinação dos períodos e picos de tráfego consiste na observação dos dias e horários da semana com maior volume no local. O maior tráfego observado nos retornos

em estudo é destinado ou proveniente da universidade, desta forma, percebeu-se por meio de observação que os horários de início e final das aulas são os que ocorrem o maior fluxo de veículos que realizam os movimentos de retorno e esses movimentos acontecem todos os dias excetuando-se os finais de semana. Na Tabela 20 estão exibidos esses dias e horários.

Tabela 20 – Períodos e picos de tráfego das interseções

Períodos de picos de tráfego na região de estudo			
Dias da semana	Horários de pico		
Segunda-feira	07:00 – 08:00	12:00 – 13:00	18:00 – 19:00
Terça-feira	07:00 – 08:00	12:00 – 13:00	18:00 – 19:00
Quarta-feira	07:00 – 08:00	12:00 – 13:00	18:00 – 19:00
Quinta-feira	07:00 – 08:00	12:00 – 13:00	18:00 – 19:00
Sexta-feira	07:00 – 08:00	12:00 – 13:00	18:00 – 19:00
Sábado	-	-	-
Domingo	-	-	-

Observa-se a partir dos dados apresentados na Tabela 20 que os horários de pico para o local em estudo correspondem aos horários de 07:00 h às 08:00 h, 12:00 h às 13:00 h e 18:00 h às 19:00 h.

A partir da determinação dos horários de pico, realizou-se o levantamento dos volumes horários de pico (VHP) por meio de contagem volumétrica nas interseções e portaria 5.

➤ Contagem de veículos nos períodos de pico

A contagem de veículos nos períodos de pico foi realizada durante três dias em condições normais da via, ou seja, em períodos de aula normal e distante de feriados. Os levantamentos foram feitos nos primeiros três dias da semana, e juntamente com o tráfego das duas interseções levantou-se o tráfego de entrada e saída de pedestres e veículos pela portaria 5 da universidade.

O levantamento de veículos que fazem o acesso pela portaria 5 da universidade, foi realizado com o objetivo de conhecer e quantificar a frota que utiliza esta portaria, seja descrevendo o movimento de retorno, curva à esquerda ou vindo reto pela avenida. Além disso, o levantamento na portaria 5 é importante, no planejamento de uma solução a ser implantada no local.

Durante a contagem, os tipos de veículos verificados na interseção foram contabilizados separadamente, com o intuito de classificar os veículos que utilizam o local e realizar a equivalência para ucp/hora, conforme orientado pelo DNIT (2005). No total, o levantamento foi feito em 9 períodos e contou com a ajuda de 4 a 5 pesquisadores por período. Os resultados obtidos na contagem volumétrica para as duas interseções e para portaria 5 da universidade em cada horário de pico estão apresentados no APÊNDICE A.

Na Interseção 1 obteve-se no primeiro dia para o horário de pico das 07:00 h às 08:00 h (movimento 3) o total de 614 carros, 130 motos e 4 ônibus, sendo este o horário de maior fluxo.

➤ Veículos que operam nas interseções

Durante a contagem volumétrica, obteve-se as quantidades e os tipos de veículos que trafegam nas interseções. Fez-se então uma soma e as porcentagens de participação foram divididas por tipos de veículos nas interseções e na entrada e saída de veículos da universidade. Na Tabela 21 são mostradas essas porcentagens.

Tabela 21 – Tipos de veículos que utilizam a interseção

Tipos de veículos (%)					
Movimento	Carro	Moto	Van	Caminhão	Ônibus
Interseção 1	86,09	12,95	0,46	0,20	0,30
Portaria 5	90,47	9,26	0,05	0,22	0,00
Interseção 2	86,74	11,86	0,72	0,26	0,43

Observa-se que tanto as interseções quanto o acesso de veículos na universidade é feito quase exclusivamente por carros e motos, totalizando 99,04% (Interseção 1),

99,73% (Portaria 5) e 98.60% (Interseção 2). Durante a contagem, foi observada a participação de ônibus e caminhões em uma porcentagem muito pequena.

➤ Volume e características da frota no ano de projeto

A determinação do tipo de solução a se adotar em interseções e em grande parte dos problemas viários deve ser feita com base no volume e nas características da frota circulante no ano de projeto. Segundo o DNIT (2005), o ano de projeto é geralmente o décimo ano após a conclusão das obras programadas, desta forma, para encontrar esse volume deve-se fazer uma projeção do tráfego utilizando dados que possam indicar o seu crescimento.

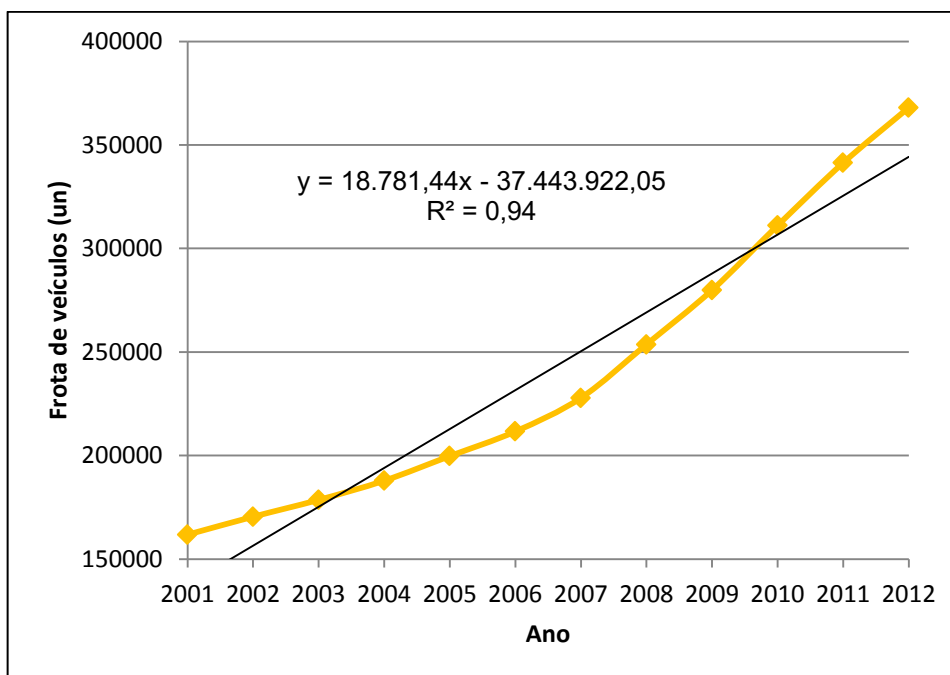
Para realizar uma estimativa de volume de tráfego para o ano de projeto utilizou-se o levantamento do CTA Estatísticas (Controle de Tráfego em Área), realizado na cidade de Uberlândia, que levantou a frota veicular da cidade de 2001 a 2012 com base no Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM) (DENATRAN, 2013).

Com a evolução da frota veicular no município de Uberlândia fez-se o gráfico e com uma linha de tendência de um polinômio de 2º grau obteve-se a taxa de crescimento até o ano de projeto, 2027. Na Figura 37 está ilustrado o gráfico com a evolução da frota em Uberlândia e a previsão de crescimento da frota até o ano de 2027 está apresentada na Tabela 22.

A taxa de crescimento estimada para a frota de Uberlândia nos próximos dez anos foi de 29,99%, aproximadamente 3% ao ano. Essa taxa foi aplicada aos volumes levantados nas interseções e estimou-se a o volume nas interseções ou frota que utiliza a portaria 5 e as interseções em estudo para 2027.

A taxa de crescimento foi aplicada sobre a média dos três dias do levantamento, obtendo-se uma estimativa de volume para cada horário e local. Os resultados encontrados para os volumes de projeto estão ilustrados no APÊNDICE B.

Figura 37 - Evolução da frota veicular no município de Uberlândia (2001-2012)



Fonte: Adaptado de DENATRAN (2013).

Tabela 22- Estimativa da evolução da frota no município de Uberlândia - MG

Estimativa da evolução da frota veicular no município de Uberlândia - MG			
	Ano	Frota (un)	Crescimento (%)
Levantamento CTA Estatísticas	2001	161842	0
	2002	170500	5,078
	2003	178626	4,549
	2004	187911	4,941
	2005	199780	5,941
	2006	211671	5,618
	2007	227876	7,111
	2008	253704	10,180
	2009	279948	9,375
	2010	311127	10,021
	2011	341364	8,858
	2012	368028	7,245
Estimativa	2017	438242	16,022
	2027	626057	29,996

➤ Equivalência da frota de projeto para ucp/hora

De acordo com o DNIT (2005), os valores estimados da frota de projeto devem ter seus fluxos representados em cada corrente de tráfego em ucp/hora (seção 3.1).

Para realizar a equivalência dos veículos levantados nos locais para unidades de carro de passeio por hora utilizou-se a tabela de equivalência do DNIT (2006). A Tabela 23 é baseada em estudos alemães (*Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen* - HBS) e contém a equivalência de veículos motorizados, bicicletas e veículos não classificados.

Tabela 23 – Tabela de equivalência para conversão em ucp/hora

Valores de equivalência para ucp/hora						
Tipo de veículo	VP (Veículo leves)	CO (Veículo comercial)	SR / RE (Semirreboques e reboques)	M (Motos)	B (Bicicletas)	SI (Veículos não classificados)
Fator de equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: Adaptado de DNIT – 2006.

Utilizando-se a frota de projeto, aplicou-se os valores de equivalência apresentados na Tabela 23. Os ciclistas foram desconsiderados por não haver estimativas de crescimento para esse meio de transporte. Os resultados obtidos estão ilustrados no APÊNDICE C. Nas Figuras 38, 39 e 40 estão ilustrados os movimentos e a estimativa volumétrica para o ano de 2027 baseada na média dos 3 dias levantados nos horários em que se obteve o maior ucp/hora, das 18:00h às 19:00h.

Na Figura 38 verifica-se que o total de ucp/h corresponde a 1799 na Interseção 1 no horário das 18:00h às 19:00h.

Figura 38 – Movimentos e estimativa volumétrica na Interseção 1 - (ucp/hora)

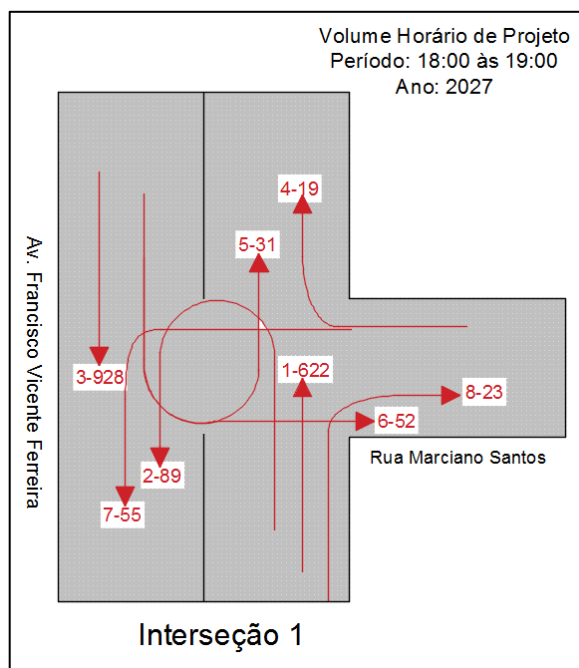
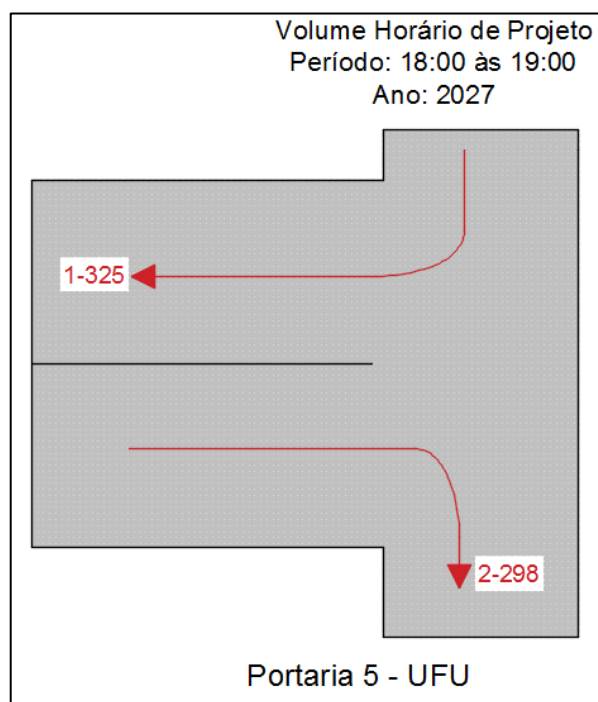


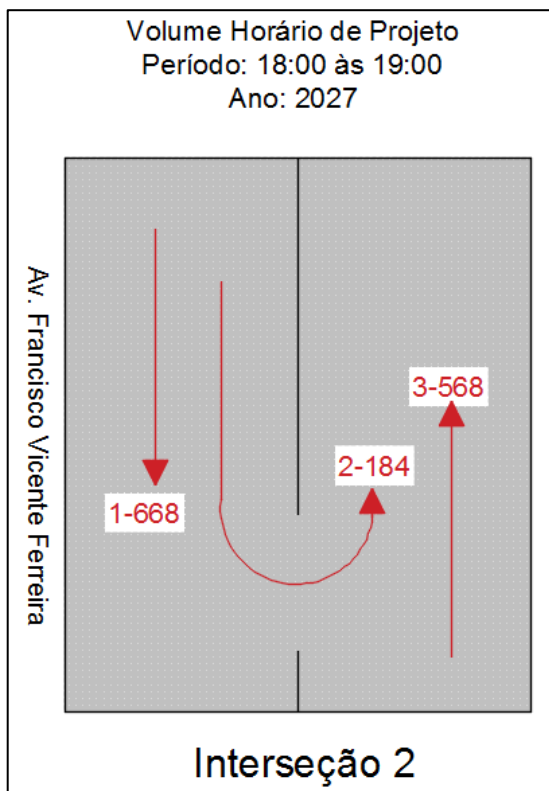
Figura 39 – Movimentos e estimativa volumétrica na portaria 5 – UFU – (ucp/hora)



A partir das informações apresentadas na Figura 39 pode-se verificar que a Portaria 5 da UFU obteve o total de 617 ucp/hora contabilizando os movimentos de entrada e

saída de veículos no horário pico das 18:00h às 19:00h, considerando o ano de 2027 como ano de projeto.

Figura 40 - Movimentos e estimativa volumétrica na Interseção 2 - (ucp/hora)



A partir das informações apresentadas na Figura 40 verificou-se que no horário de pico das 18:00h às 19:00h obteve-se um volume total de 1415 ucp/hora.

➤ Contagem de pedestres nos períodos de pico

Orienta-se que a contagem de pedestres seja feita também em horários de pico e que se realize tanto as contagens na faixa, como fora da faixa. Por não existir faixa próximo às interseções 1 e 2, as contagens foram realizadas considerando os pedestres que atravessavam a rua nas proximidades desses locais.

As contagens de pedestres foram realizadas durante três dias nos períodos de pico juntamente com a contagem de veículos automotores e bicicletas. Os resultados dessa contagem também estão exibidos no APÊNDICE A deste trabalho.

O quarto e quinto fatores dizem respeito aos acidentes e dados econômicos. O presente trabalho não contemplou esses dois estudos no projeto.

6.2 Classificação das interseções

Seguindo o DNIT (2005), existem quatro tipos de classificação que devem ser feitos para as interseções que estão descritos na seção 3.2 deste trabalho.

➤ Classificação da Interseção 1

- Interseção em nível;
- Retorno com três ramos ou T;
- Inexistência de sinalização semafórica;
- Solução atual mínima - Retorno.

➤ Classificação da Interseção 2

- Interseção em nível;
- Retorno – Dois ramos;
- Inexistência de sinalização semafórica;
- Solução atual mínima - Retorno.

6.3 Caracterização dos cruzamentos prioritários

Nesta etapa, estudou-se as prioridades de passagem dos cruzamentos nas interseções em estudo, conforme orientado na seção 3.3. Como inexistente sinalização semafórica nos locais, as preferências são determinadas por meio de regulamentações do CTB e de sinalizações verticais e horizontais. Percebeu-se que as sinalizações de regulamentação das preferências não correspondem à quantidade recomendada. Nas Figuras 41 e 42 são mostrados os croquis com os níveis de prioridade nas Interseções 1 e 2 existentes.

Figura 41 – Croqui com os níveis de prioridade da Interseção 1

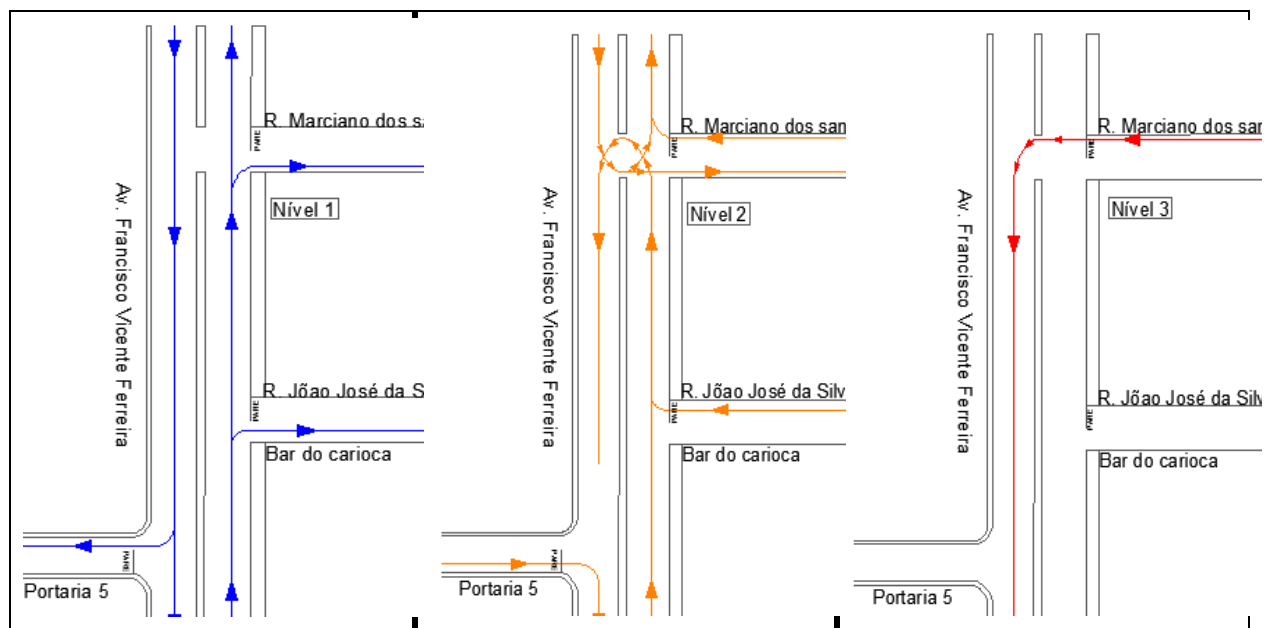
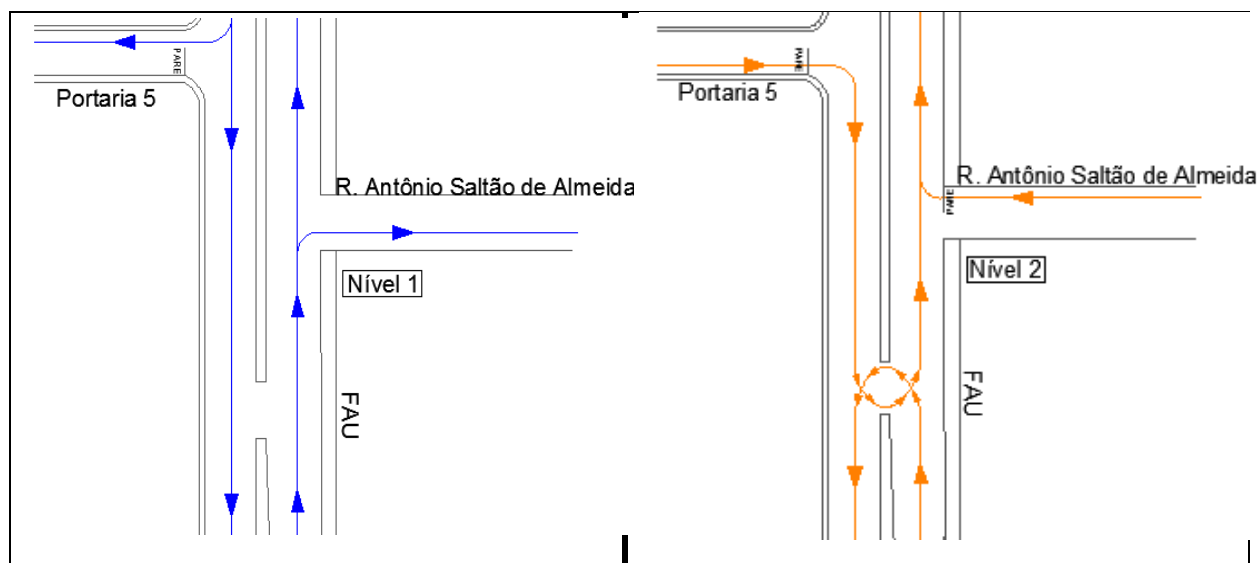


Figura 42 - Croqui com os níveis de prioridade da Interseção 2



6.4 Capacidade e nível de serviço

Nesta etapa objetivou-se determinar o nível de serviço e a capacidade das vias utilizando o *software* HCS+. Fez-se a análise no cruzamento da Interseção 1, na Rua Marciano Santos e na Avenida Francisco Vicente Ferreira. Optou-se por utilizar a Interseção 1 por tratar-se de um cruzamento com uma avenida e permitir movimentos

de retorno. No total são permitidos oito tipos movimentos no local, o que torna a interseção mais crítica.

Assim, determinando o nível de serviço para a interseção mais crítica nos três horários pico levantados, significa que nos outros horários e interseções o nível de serviço será melhor.

Uma etapa preliminar foi realizada para definir as características das duas vias e também para coletar os dados necessários no *software*.

- Avenida Francisco Vicente Ferreira
 - Via não semaforizada;
 - Velocidade de aproximação: 50 km/h;
 - Avenida separada por canteiro central;
 - Estacionamento: Lado direito - 2,10 m;
 - Faixas por sentido: Norte: 2 - 3,00 m/faixa;
Sul: 2 - 2,95 m/faixa;
 - Volume significativo de pedestre na travessia (Não há faixa de pedestres na interseção 1);
 - Não há ponto de ônibus nas proximidades.

- Rua Marciano Santos
 - Via não semaforizada;
 - Velocidade de aproximação: 40 km/h;
 - Estacionamento dos dois lados com 2,10 m;
 - Rua de sentido duplo: largura: 3,65 m/faixa;
 - Não há ponto de ônibus nas proximidades;

No programa é solicitado o fluxo em cada direção em unidade de carros de passeio (ucp). Observou-se que nos três dias de levantamento os volumes tiveram pequena variação de valores, por isso escolheu-se o segundo dia, 11 de abril de 2017, terça-feira, e realizou-se a equivalência em ucp para todos os horários. Os valores obtidos estão ilustrados no APÊNDICE D.

Além do fluxo em ucp para cada direção, pede-se também o Fator Hora Pico (FHP), calculado de acordo com a Equação 1. Na Figura 43 está ilustrado o número de cada movimento e na Tabela 24 os resultados obtidos na Interseção 1.

$$FHP = \frac{V}{4 \times V_{15}} \quad (1)$$

Em que:

FHP - Fator Hora Pico;

V - Volume horário em período de pico;

V₁₅ - Volume durante o pico de 15 minutos em veículos/15 minutos.

Figura 43 - Movimentos permitidos - Interseção 1

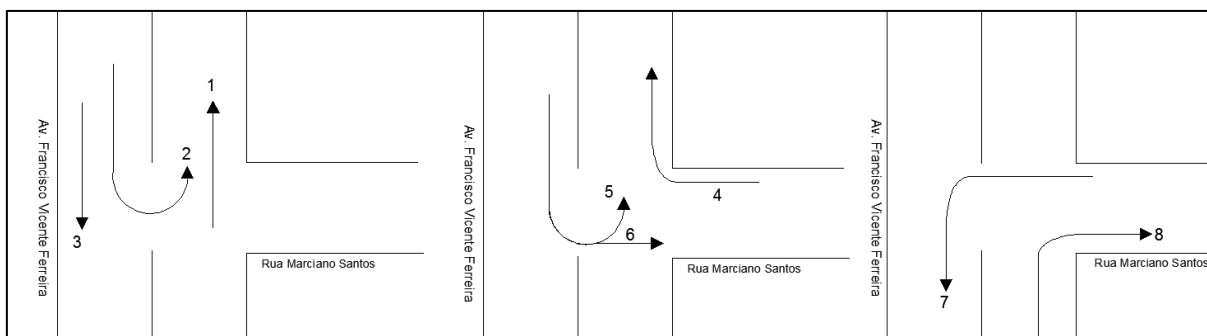


Tabela 24- FHP em cada horário de pico

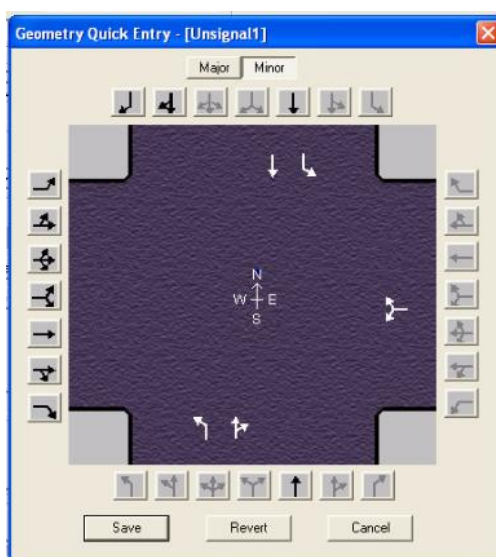
Determinação de FHP para cada horário de pico				
Movimento	Horário		UCP	FHP
1	07:00	08:00	282	0,90
	12:00	13:00	399	0,91
	18:00	19:00	552	0,93
2	07:00	08:00	152	0,81
	12:00	13:00	62	0,52
	18:00	19:00	70	0,67
3	07:00	08:00	716	0,82
	12:00	13:00	546	0,83
	18:00	19:00	673	0,90
4	07:00	08:00	15	0,63
	12:00	13:00	19	0,68
	18:00	19:00	12	0,75

Tabela 25 - FHP em cada horário de pico

Continuação				
5	07:00	08:00	2	0,50
	12:00	13:00	12	0,60
	18:00	19:00	40	0,83
6	07:00	08:00	27	0,75
	12:00	13:00	24	0,75
	18:00	19:00	44	0,85
7	07:00	08:00	32	0,73
	12:00	13:00	32	0,67
	18:00	19:00	40	0,71
8	07:00	08:00	11	0,69
	12:00	13:00	14	0,88
	18:00	19:00	12	0,60

Com os dados coletados, foi escolhido o subprograma de interseções não semaforizadas e começou-se a inseri-los no programa. O primeiro passo foi dar o nome para o projeto, indicando o nome das ruas e a via preferencial, e depois foram definidos os movimentos realizados por cada faixa. Os movimentos 5 e 6 precisaram ser somados, pois o programa não considera os movimentos de retorno separadamente. Na Figura 44 estão ilustrados os movimentos considerados na Interseção 1.

Figura 44 - Movimentos considerados no HCS+ - Interseção 1



Depois, colocou-se os volumes e os FHP em cada movimento e então os relatórios foram gerados para cada hora de pico. Na Tabela 25 estão apresentados, de forma simplificada, os resultados encontrados.

Tabela 26 - Resultados do HCS+ para a Interseção 1

Resultados HCS								
Horário		Rua	Sentido	Volume (VHP)	Capacidade (VHP)	V/C	Atraso (s/veic)	Nível de serviço
07:00	08:00	Av. Francisco Vicente Ferreira	Norte	187	781	0,24	11,1	B
			Sul	46	1247	0,04	8,0	A
		Rua Marciano Santos	Oeste	66	191	0,35	33,5	D
12:00	13:00	Av. Francisco Vicente Ferreira	Norte	119	934	0,13	9,4	A
			Sul	53	1118	0,05	8,4	A
		Rua Marciano Santos	Oeste	74	290	0,26	21,6	C
18:00	19:00	Av. Francisco Vicente Ferreira	Norte	104	825	0,13	10,0	A
			Sul	100	977	0,10	9,1	A
		Rua Marciano Santos	Oeste	72	181	0,40	37,4	E

Não considerou-se o tráfego de pedestres na interseção 1 pois não há faixa de pedestres. No programa é considerada a largura padrão da via de 3,60 m, valor superior à situação real do local.

Observa-se a partir dos dados apresentados na Tabela 29 que para a Rua Marciano Santos foram obtidos valores elevados para o atraso. O nível de serviço em todos os horários de pico resultou C, D e E, indicando situação instável e conforto e conveniência variando de regular (nível C) a péssimo (nível E). Um exemplo crítico se deu no período de pico da noite, a via opera com nível de serviço E e atrasos de quase 40 segundos.

Analisando os dados obtidos nesse cruzamento, observa-se a necessidade de melhorar as condições no ponto, relocando o retorno e fechando o acesso por meio do canteiro central. Em ambos os casos a mudança diminuiria o número de movimentos e melhoraria a qualidade de operação na via.

7.1 Escolha do veículo de projeto

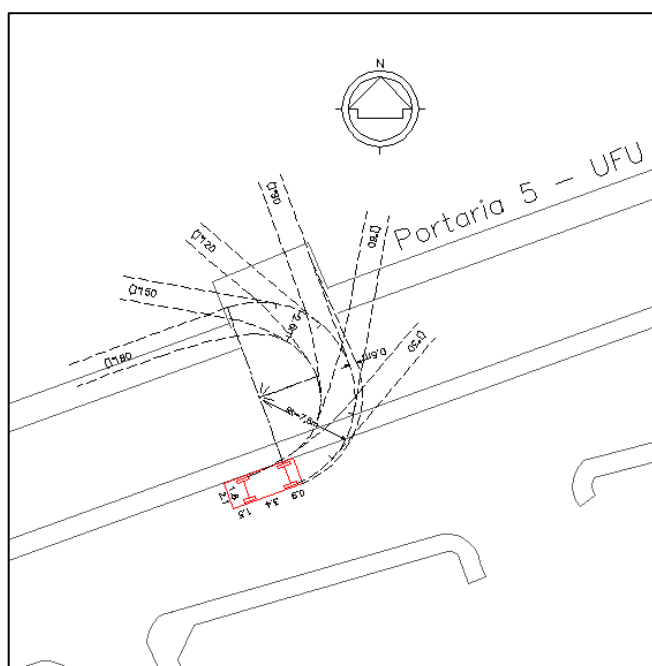
As definições dos veículos tipos existentes, assim como os critérios para a escolha do veículo de projeto, foram descritos nas seções 3.4 e 3.5 deste trabalho. É importante lembrar que o veículo de projeto deve ser escolhido levando em conta a frota que percorre o local, além disso, a escolha implica que todos os veículos tipos menores que o veículo de projeto conseguirá operar na via em condições de segurança.

Apesar disso, com o objetivo de abranger o uso das interseções por outros modos simulou-se os raios de giro dos veículos mais utilizados no interior de cidades. Assim foram realizados os testes em veículos leves (VP) e veículos comerciais rígidos, não articulados (CO).

➤ Determinação do veículo tipo para a Interseção 1

A primeira simulação foi realizada na Interseção 1 com o raio de giro do veículo leve (VP). Esse raio abrange os automóveis e utilitários. Na Figura 46 está ilustrada a simulação.

Figura 46 – Simulação do raio de giro do veículo tipo VP – Interseção 1



Ao se fazer a simulação do raio de giro com o veículo leve na Interseção 1 percebeu-se que o local não é adequado para a elaboração de um projeto de retorno seguindo as condições de operacionalidade e conforto. Observa-se que ao colocar o gabarito, o espaço existente não é suficiente para inserir um retorno no local, nem mesmo para veículos leves.

Neste caso, uma solução viável seria a elaboração de um projeto que permita curvas de 90° realizando o acesso para a universidade. Essa alternativa se torna viável, pois observou-se que praticamente todos os veículos que fazem o movimento de retorno na Interseção 1 é para realizar o acesso à Portaria 5. Um teste posterior foi feito para veículos comerciais rígidos, não articulados (CO), conforme apresentado na Figura 47.

Simulando o raio de giro do veículo tipo CO observa-se que o veículo consegue desenvolver a trajetória da curva de 90° para acesso à universidade, entretanto, para que este veículo tipo seja acrescentado ao projeto é fundamental que consiga desenvolver a trajetória de saída. Por isso, realizou-se as simulações de saída da universidade para a avenida. Na Figura 43 estão ilustradas as saídas dos veículos tipo VP (Figura 48a) e CO (Figura 48b).

Figura 47 – Simulação raio de giro do veículo tipo CO – Interseção 1

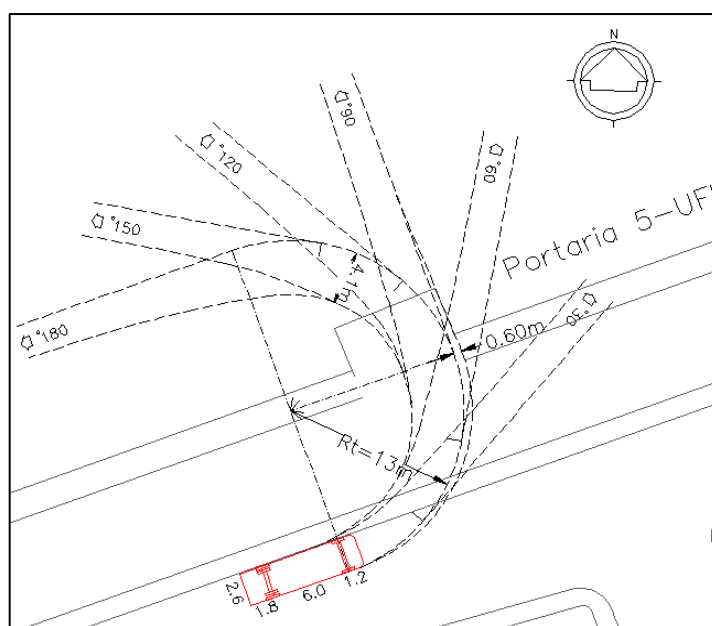
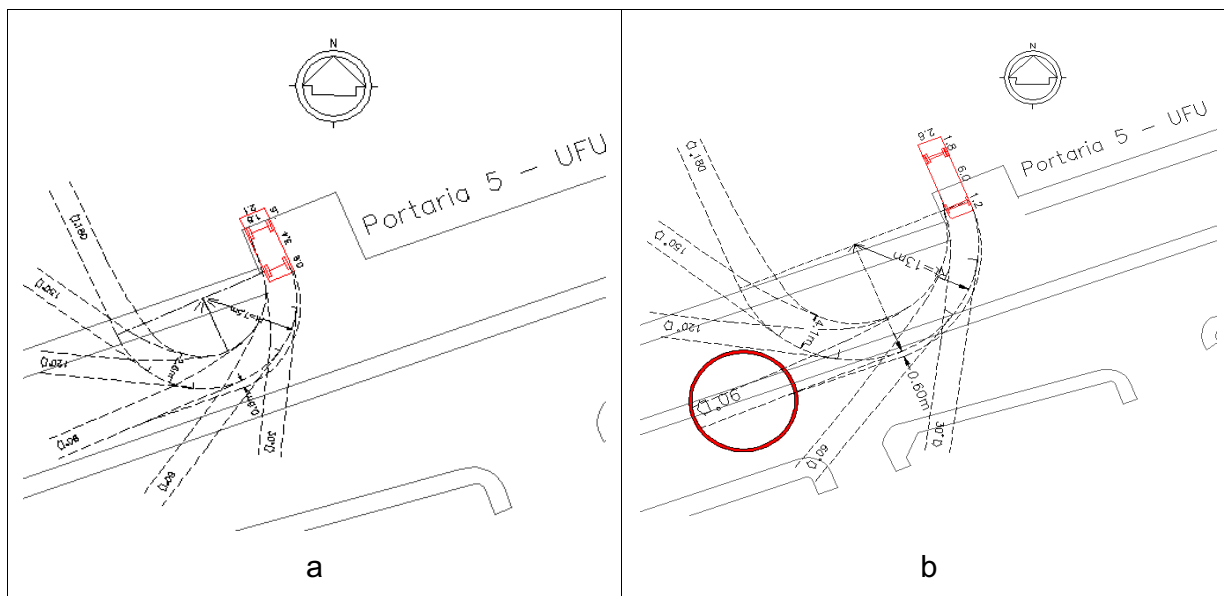


Figura 48 - Simulação de saída da universidade - VP e CO respectivamente



Analisando a trajetória de saída da universidade percebe-se que, apesar do veículo tipo VP descrever a trajetória em espaço existente, o mesmo não ocorre para o CO, que precisaria invadir o canteiro e parte da outra pista para realizar a saída sem fazer manobras. Conclui-se que o veículo tipo CO não deve ser incluído no projeto desta nova interseção. Desta forma, para a Interseção 1 definiu-se como veículo de projeto o veículo leve (VP) – automóveis e utilitários.

➤ Determinação do veículo tipo para a Interseção 2

Assim como na Interseção 1, simulou-se para a segunda interseção os raios de giro dos veículos VP e CO. Na Figura 49 está ilustrada a simulação do espaço com um veículo tipo VP.

Ao simular o veículo VP na segunda interseção observou-se que no local existe um espaço grande de canteiro e largura de via, o que possibilita a realização de um projeto de retorno em boas condições. É importante lembrar que a interseção não será locada exatamente da maneira com que foi colocado o raio de giro, esta locação é apenas uma simulação para avaliar se o espaço é suficiente para um veículo leve descrever o movimento. A simulação do espaço com o veículo tipo CO está ilustrada na Figura 50.

7.2 Seleção do tipo de interseção para os locais

Como já dito, para realização de um projeto que realmente organize o tráfego, gere conforto e segurança para os usuários, deve-se fazer uma avaliação multicritério considerando o máximo de aspectos possíveis da via. Orientações sobre os critérios de seleção foram descritos na seção 3.6.

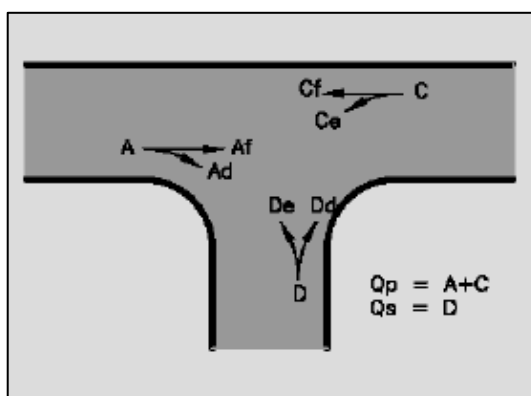
Como já mencionado, as Normas Suecas orientam o projetista para a escolha do tipo de interseção considerando fórmulas, gráficos e algumas recomendações. A seguir estão representados os cálculos para determinação do tipo de interseção utilizando esse método e o gráfico inglês de enquadramento do tipo de interseção.

➤ Escolha do tipo de infraestrutura – Interseção 1

O roteiro seguido está descrito na subseção 3.6.2. Primeiramente, fez-se uma média dos volumes de tráfego levantados nos horários de pico na Interseção 1 e separou-os conforme a via em que era proveniente. Na Figura 46 está ilustrado como esses volumes devem ser somados em uma interseção de três ramos que permite todos os movimentos possíveis.

Os valores de A_d , A_f , C_e , C_f , D_e , D_d (figura 51) são dados em volumes médios diários de veículos por dia sem incluir bicicletas. Para encontrar o tráfego da via principal deve-se fazer a soma dos movimentos A e C, para a via secundária a soma dos movimentos D.

Figura 51 – Determinação dos volumes em interseção de três ramos

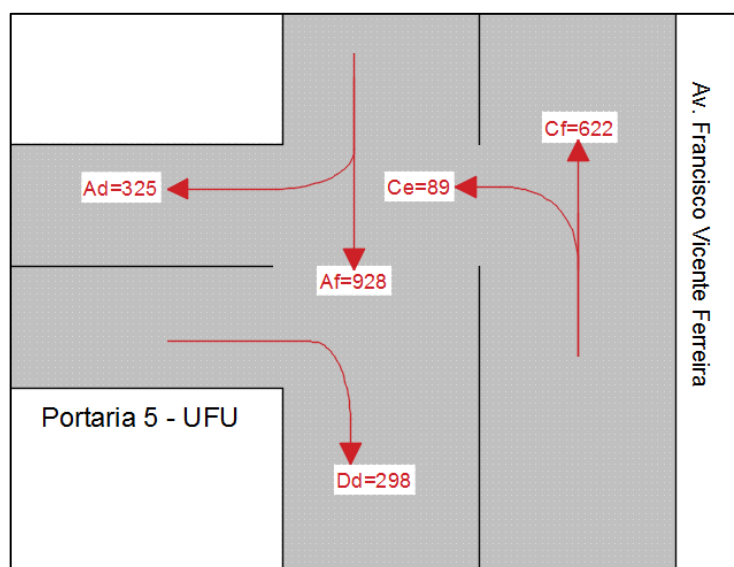


Fonte: DNIT (2005).

A contagem foi realizada para a interseção em estudo, entretanto, algumas considerações foram feitas para adequar-se ao caso real do local. O objetivo do projeto é realizar o deslocamento da abertura do canteiro da interseção 1 à frente da portaria 5 da Universidade e permitir apenas os movimentos de conversão à esquerda, proibindo o retorno.

Desta forma, como pode ser visualizado na Figura 51, para indicar o fluxo Ce considerou-se que todos os veículos que realizam o retorno na Interseção 1 entram na Universidade. O movimento De não é permitido. Considerando essas informações, encontraram-se os seguintes valores a partir dos volumes de projeto (2027) em ucp/h (APÊNDICE C) encontrados representados na Figura 52.

Figura 52 - Volumes médios das 18:00-19:00 obtidos na interseção de projeto - 2027



Assim:

$$Q_s = Dd = 298 \text{ v/h}$$

$$Q_p = Ad + Af + Ce + Cf = 325 + 928 + 89 + 622 = 1.964 \text{ v/h}$$

Os valores encontrados são relativos ao volume em veículo por hora (v/h) nas aproximações principal e secundária. Como os gráficos para a escolha do tipo de interseção estão em veículos por dia (v/dia) utilizou uma estimativa para determinar a quantidade de veículos por dia. De acordo com DENATRAN (1984), estima-se que nos

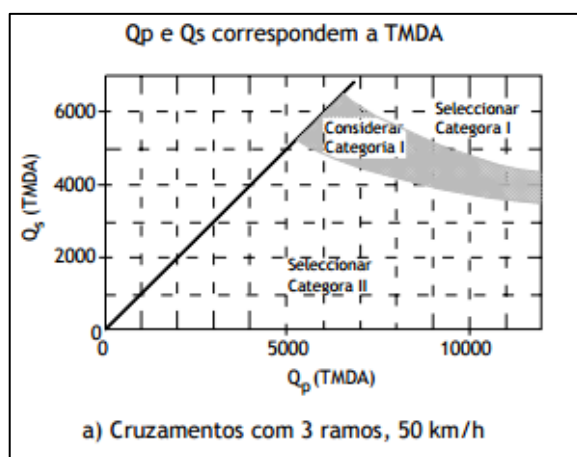
horários fora de pico o volume de veículos corresponde a aproximadamente 60% do volume nas horas de pico. Considerando três horários de pico diários tem-se:

$$Q_s = 3 \times 298 + 5 \times 0,6 \times 298 = 1.788 \text{ v/di a}$$

$$Q_p = 3 \times 1.964 + 5 \times 0,6 \times 1.964 = 11.784 \text{ v/di a}$$

Com esses valores, procurou-se o gráfico correspondente à velocidade de 50 km/h. Como no DNIT - (2005) são encontrados apenas gráficos para velocidade acima de 70 km/h, procurou-se o gráfico em um estudo urbano da Universidade do Porto – Portugal, que fosse compatível com a via. Este gráfico está ilustrado na Figura 53 em Tráfego Médio Diário Anual.

Figura 53 – Determinação do tipo de interseção para $v = 50 \text{ km/h}$



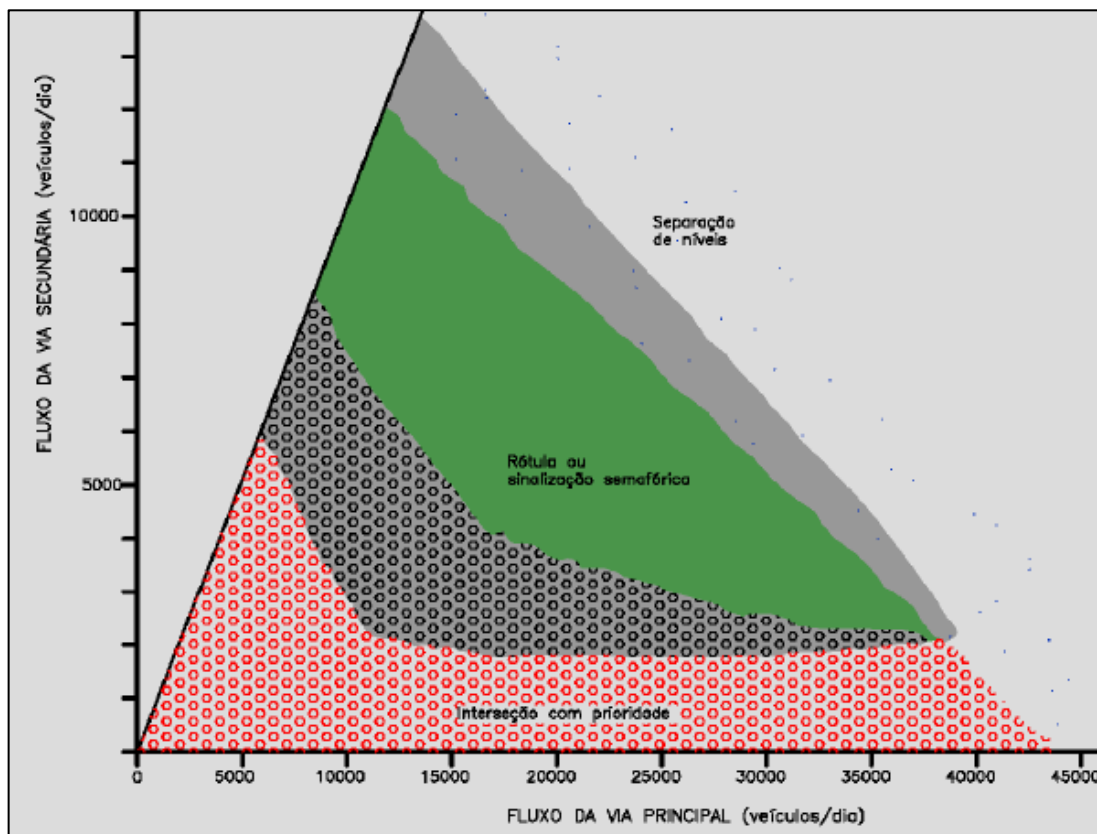
Fonte: MACEDO (2005).

No gráfico é definida a tipologia da interseção levando em conta a segurança. Os tipos de interseção no gráfico estão definidos por categorias, sendo a categoria I relativa às rotatórias e interseções de maior porte e a categoria II representando os cruzamentos prioritários A, B e C, de acordo com a denominação sueca. O local em que o ponto intercepta é que define o tipo de interseção a se adotar.

Colocando os valores de Q_p e Q_s no gráfico encontrou-se como resultado a Categoria II que representa os cruzamentos prioritários, não indicando necessidade de rotatórias ou interseções semaforizadas.

Utilizou-se, também, outro critério descrito no DNIT, (2005), um critério inglês, em que a escolha de um tipo de interseção é definida por meio do fluxo da via principal e da secundária. O gráfico contendo esta determinação está ilustrado na Figura 54. Percebeu-se que o tipo de interseção para os locais uma interseção em nível com prioridade.

Figura 54 - Gráfico – Critério Inglês para escolha do tipo de interseção



Fonte: DNIT (2005).

Depois de ponderar os critérios sueco e inglês, que indicaram interseções simples com cruzamentos prioritários, e avaliar a situação do local, que conforme a seção 7.1 não permite um projeto de retorno, resolveu-se que a solução consistiria em um projeto de interseção em nível de três ramos, associado a uma faixa de giro à esquerda separada do fluxo da via.

➤ Escolha do tipo de infraestrutura – Interseção 2

A Interseção 2 é um retorno. Percebeu-se que este retorno é muito utilizado pelos condutores, e por isso, optou-se por manter o tipo de interseção transferindo-o para o novo local e adequando às normas, raios de giro, abertura do canteiro central e orientações do DNIT (2005). Além disso, foram propostas faixas de mudança de velocidade para o local.

7.3 Estado da arte nas propostas de projetos de interseção

No ano de 2013 realizou-se no Parque Científico e Tecnológico da UNESC (Universidade Extremo Sul Catarinense) uma proposta de projeto geométrico de interseções para o acesso ao parque da universidade. O local de projeto consiste em uma interseção de três ramos e a proposta foi feita por Oliveira e Arns (2013). Na Figura 55 está ilustrado o local onde o projeto foi realizado.

Figura 55 - Estado da arte em projeto de interseções



Fonte: Oliveira e Arns *apud* Google Earth (2013).

De acordo com Oliveira e Arns (2013) o projeto geométrico seguiu as recomendações do Manual de Projeto de Interseções – DNIT (2005) e os estudos de tráfego seguiu o Manual de Estudos de Tráfego – DNIT (2006).

Na escolha do tipo de interseção a se adotar foi utilizado a Norma Sueca e definido como interseção para o ano de projeto a Categoria B. Por se tratar de uma via com

presença de 10,4% de veículos comerciais (CO) no ano de estudo e 13,6% para o ano de projeto, realizou-se o projeto abrangendo esse tipo de veículo.

Em relação às características geométricas foram propostas faixas auxiliares, de aceleração e desaceleração na largura de 3,00 m, com a presença de ilhas centrais realizando a canalização do fluxo. As faixas auxiliares para giro à esquerda ou à direita foram propostas considerando o comprimento do “taper” e faixa de desaceleração, desconsiderado assim a faixa de armazenagem. Na Figura 56 está ilustrada a interseção antes e depois da concepção do projeto.

Figura 56 - Interseção antes e depois da proposta de projeto



Fonte: Oliveira e Arns (2013).

No item 8 estão as determinações necessárias para a realização da infraestrutura dos projetos.

8 Resultados e considerações

8.1 Memorial: Projeto de interseção de três ramos – Interseção 1

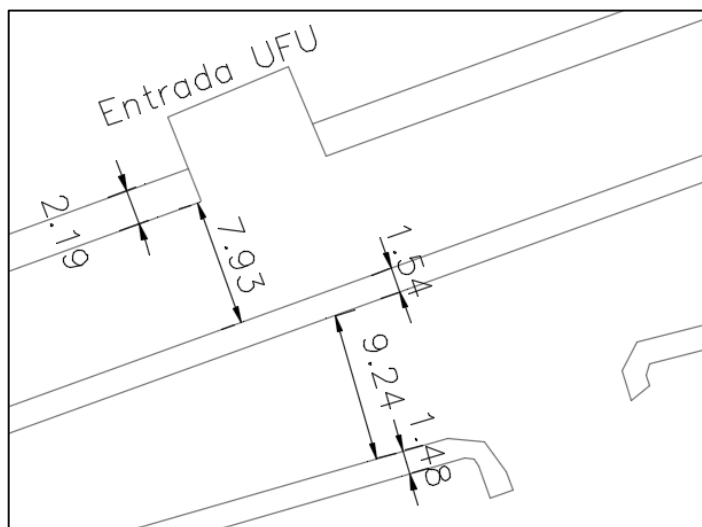
No caso deste projeto, a solução adotada foi a criação de uma faixa de tráfego auxiliar para giro à esquerda. Essa faixa tem a função de desacelerar e armazenar os veículos que estão esperando a oportunidade para descrever o giro à esquerda. Ela deve ser separada das faixas de rolamento, podendo ser por marcas ou algum tipo de canalização que a demarque.

- Largura da faixa auxiliar

Como o veículo tipo adotado para projeto consiste em um veículo leve, a faixa adicional para realizar o giro possui a largura de 2,7 m. O canteiro central teve largura definida de 1,2 m no local próximo ao giro.

Os critérios foram adotados seguindo a seção 3.7 do trabalho. Na Figura 55 estão ilustradas as medidas do local atualmente.

Figura 57 – Cotas atuais da interseção 1



➤ Comprimento da faixa auxiliar

O comprimento do “taper” foi definido em 30 m, comprimento adequado para áreas urbanas. “Tapers” muito longos tendem a fazer com que os motoristas não entendam que se trata de uma faixa auxiliar.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6, p. 30, o comprimento de desaceleração para uma via com velocidade de 50 km/h, deveria ser de 70 m. Entretanto, por se tratar de duas interseções em áreas urbanas com espaçamento menor que 400 m, o DNIT (2005) aceita que a desaceleração seja feita antes de adentrar a via e parte no “taper”, desconsiderando, assim, o comprimento da faixa de desaceleração.

O número de veículos que realizam o giro na interseção em um horário de pico é menor que 200, logo a extensão da faixa de armazenagem deve ser de 50 m, conforme a Tabela 7, p. 31. Somando todos os comprimentos, chega-se a um comprimento de 80 m, definindo, assim, o comprimento da faixa auxiliar.

➤ Separadores de tráfego

A escolha foi feita considerando o espaço reduzido da via, que impossibilita a criação de ilhas divisórias. Assim, com o objetivo de realizar uma separação de fluxos bem definida, propôs-se a utilização de balizadores flexíveis sobre a faixa.

O modelo dos balizadores, bem como seu uso inovador para separar correntes de tráfego, será abordado na subseção 8.4.1.

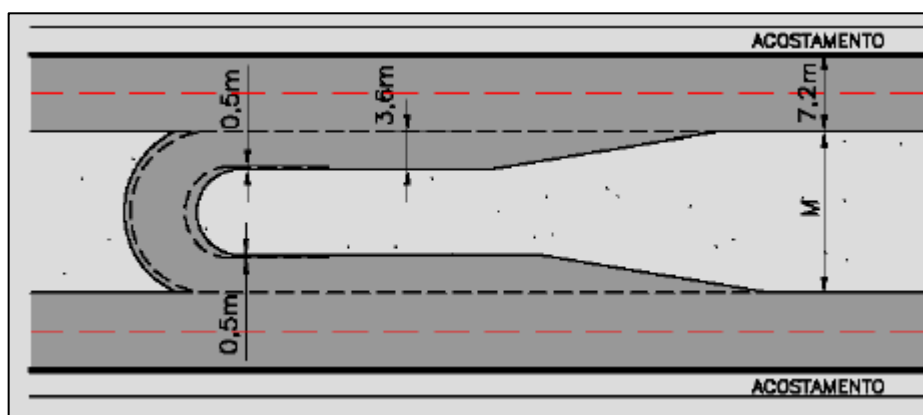
➤ Comprimento da abertura do canteiro central

Para o projeto em questão, o comprimento da abertura do canteiro foi de 9 m, largura superior ao exigido. Optou-se por propor essa largura para que o motorista tenha mais conforto ao realizar o movimento.

8.2 Memorial: Projeto de infraestrutura – Interseção 2

O projeto da Interseção 2, o retorno, realizou-se conforme está ilustrado na Figura 58. Entretanto como a via faz uma curva, o retorno não ficará em linha reta como na imagem.

Figura 58 – Dimensões mínimas para o tipo de retorno do projeto



Fonte: DNIT (2005).

➤ Largura das faixas de mudança de velocidade

Assim como apresentado no projeto da interseção 1, os valores podem ser um pouco inferiores ao especificado na Figura 51, dependendo do tipo de tráfego e velocidade da via. Como se trata de uma interseção utilizada predominantemente por veículos leves e a velocidade é baixa, é permitido pelo DNIT (2005) projetar a faixa de aceleração com a largura de 2,7 m, mesma dimensão da primeira interseção. Para a faixa de desaceleração, por possuir largura grande de via, adotou-se um valor de 3,6 m, conforme especificado.

➤ Comprimento da faixa de desaceleração

Como descrito na subseção 3.9.1, existem dois tipos de faixas de mudança de velocidade. Quando os volumes não são elevados recomenda-se adotar a faixa do tipo “taper”.

Utilizando a Tabela 10, subseção 3.9.2, encontra-se que o comprimento da faixa de desaceleração para a velocidade diretriz de 50 km/h deve ser de 45 m.

➤ Comprimento da faixa de aceleração

O comprimento da faixa de aceleração conforme mostrado na Tabela 11, subseção 3.9.2, também para a velocidade diretriz de 50 km/h, deve ser de 45 m.

➤ Abertura do canteiro central

Conforme os dados apresentados na Tabela 8, subseção 3.8.1, a largura para realização do movimento entre as faixas para interseções do tipo retorno deve ser de 9,0 m no mínimo, largura adotada para o projeto.

No APÊNDICE E está apresentado todo o projeto de infraestrutura proposto.

8.3 Proposta de travessia elevada

Durante o estudo das interseções percebeu-se que a quantidade de pedestres que transita pelo local é grande. No APÊNDICE A está apresentado essa quantidade nos horários de pico do trânsito.

Chegou-se à conclusão que uma faixa de pedestre não traria o impacto que o projeto pretende gerar. Por isso, considerando a necessidade de melhorar a acessibilidade, o conforto e a segurança dos pedestres que transitam pelo local, achou-se pertinente propor um projeto de travessia elevada.

A Resolução do CONTRAN nº. 495/2014 estabelece padrões e critérios para realização de um projeto de travessia elevada para pedestres. Abaixo estão listados alguns critérios que foram levados em conta no dimensionamento da travessia para o projeto.

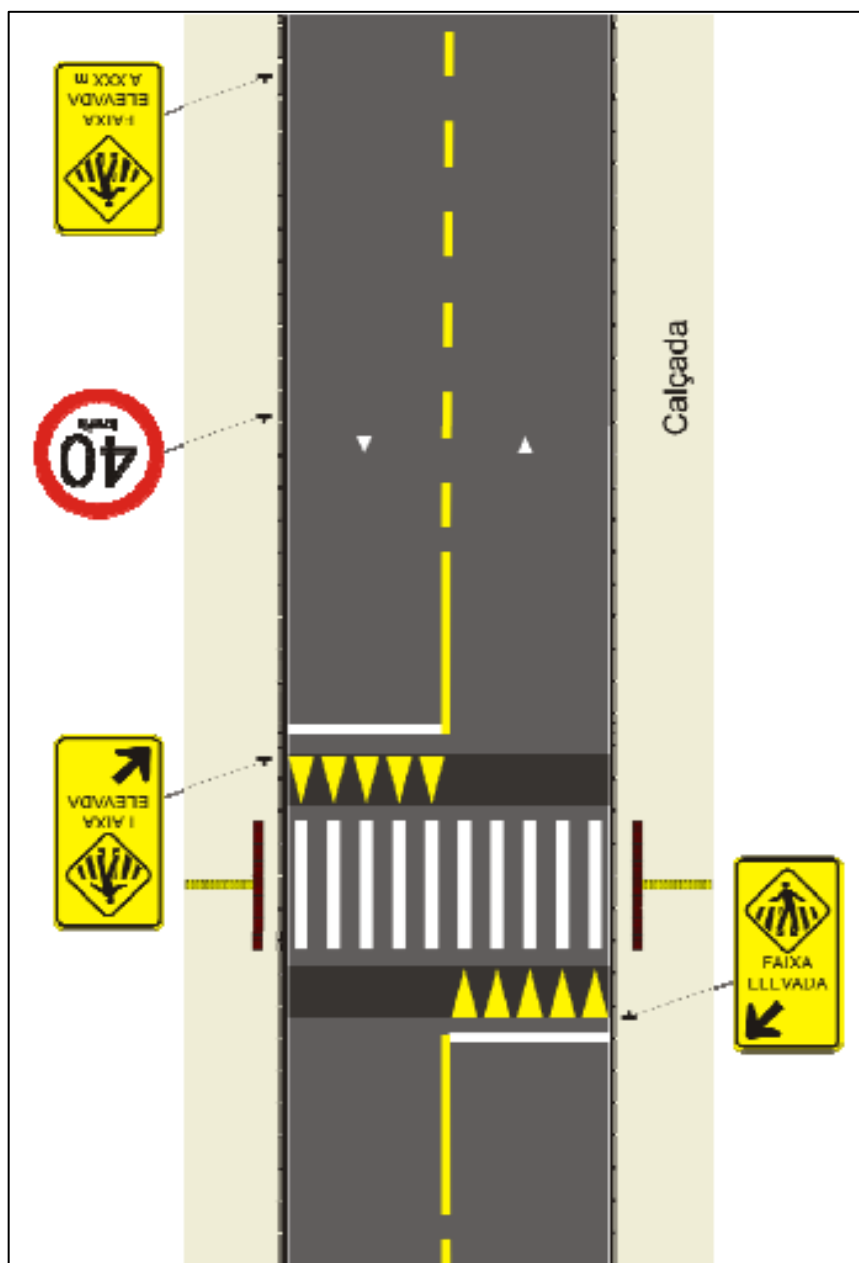
- O comprimento da travessia elevada deve ser o mesmo da pista e deve dar condições para existir a drenagem;
- A largura da plataforma deve ficar entre 4,0 e 6,0 m e deve garantir também a drenagem superficial;
- O comprimento das rampas deve ser calculado em função da altura da plataforma, sua inclinação deve ficar entre 5 e 10%;

- A altura da travessia deve ser igual ou inferior a 0,15 m. Calçadas com alturas superiores a esse valor devem ser rebaixadas para fazer a concordância;
- A inclinação da plataforma no sentido da largura deve ser de, no máximo, 3% e no sentido do comprimento de 5%;
- A travessia elevada deve ser instalada apenas em vias cujas condições operacionais sejam adequadas para um tráfego de velocidade máxima de 40 km/h, seja por características naturais ou por medidas de redução de velocidade.
- A proposta de projeto da faixa elevada deve obrigatoriamente ser acompanhada de sinalização contendo no mínimo:
 - Placa de regulamentação “velocidade máximo permitida” (R-19);
 - Placa de advertência “passagem sinalizada de pedestres” (A-32b) ou, se for o caso, “passagem sinalizada de escolares” (A-33b). A sinalização deve ser acrescida de informações complementares de “faixa elevada”, antes e junto ao dispositivo. A sinalização próxima à travessia deve ser acompanhada de seta de posição;
 - Demarcação de triângulos nas rampas de acesso a faixa elevada e pintura na cor preta na plataforma;
 - Demarcação da faixa de pedestre conforme CONTRAN (2007c);
 - Sinalização da calçada próxima ao meio fio com piso tátil;
 - Linha de retenção implantada conforme CONTRAN (2007c).

Para exemplificar, está ilustrado na Figura 59 um croqui de como deve ser um projeto de travessia elevada.

No projeto propôs-se uma travessia elevada transpondo transversalmente a avenida. As dimensões totais da plataforma foram de 18,0 x 4,0 x 0,15 m, as rampas laterais ficaram com uma inclinação de 10% e comprimento de 0,5 m para cada lado. Realizou-se uma inclinação da plataforma do sentido da largura e esta ficou com 1% de inclinação.

Figura 59 - Projeto de travessia elevada



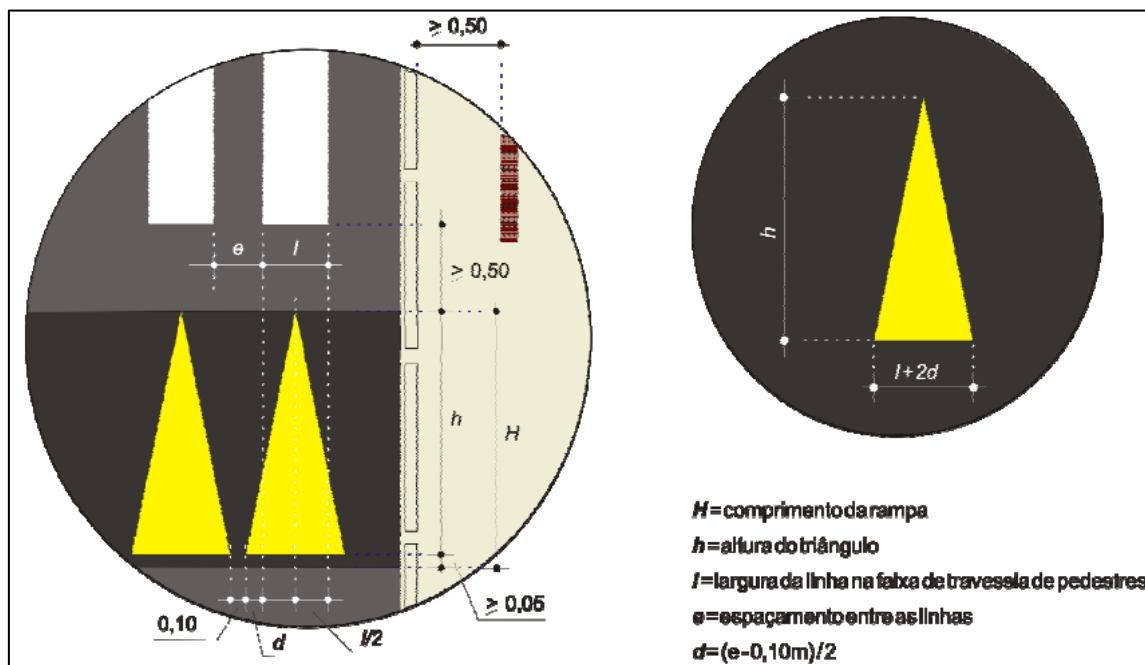
Fonte: Resolução CONTRAN nº. 495/2014.

As demais etapas de sinalização vertical e sinalização horizontal estão descritas nas próximas seções juntamente com as outras sinalizações propostas.

Na etapa de sinalização horizontal da travessia, projetou-se faixas de pedestre com medidas de 3,0 x 0,4 m e espaçamento de 0,4 m. Os triângulos seguiram as

especificações ilustradas na Figura 60 e ficaram com altura de 0,4 m, largura de 0,7 m e espaçamento horizontal de 0,1 m.

Figura 60 - Detalhe dos triângulos das rampas – Travessia elevada



Fonte: Resolução CONTRAN nº. 495/2014

8.4 Proposta de sinalização horizontal

A sinalização horizontal foi a primeira sinalização a ser proposta devido a demarcação das pistas e dos limites transversais. O material sugerido foi a tinta para pintura de pavimentos, devido ao menor custo em relação aos outros materiais recomendados pelo CONTRAN (2007c). Todas as especificações de projeto seguiram o CONTRAN (2007c), brevemente descrito e ilustrado na seção 4.3.

No APÊNDICE E está apresentado todo o projeto de sinalização proposto.

8.4.1 Marcas longitudinais

As marcas longitudinais são destinadas a separar e ordenar correntes de tráfego. Elas delimitam os locais da pista destinados à circulação e as divisões das faixas, estabelecendo regras de ultrapassagem e transposição (CONTRAN, 2007c). Foram

utilizadas marcas brancas para delimitar as faixas de fluxos no mesmo sentido e marcas na cor amarela para delimitar proibição de estacionamento ou parada.

➤ Linha simples contínua (LMS-1)

A LMS-1 é utilizada para delimitar o espaço da faixa de trânsito e proibir a ultrapassagem e transposição no local em que está inserida. A cor deste tipo de linha é branca e sua largura é definida de acordo com a velocidade da via.

O CONTRAN (2007c) estabelece que para vias com velocidade inferior a 80 km/h é aconselhável que a largura da linha seja de 10 cm, largura utilizada em projeto.

Esse tipo de linha foi proposta durante toda a proximidade da interseção 1 e também durante a curva acentuada à direita na interseção 2, ambas por questões de segurança e obedecendo os seus princípios de utilização.

➤ Linha simples seccionada (LMS-2)

Destinada principalmente a dividir os fluxos no mesmo sentido, a linha simples seccionada também tem a função de regulamentar as ultrapassagens e transposições. Suas dimensões seguem a Tabela 26 sendo que as larguras das faixas de rolamento devem ser de, no mínimo, 2,70 m.

Por se tratar de uma via com velocidade inferior a 60 km/h utilizou-se a faixa com largura de 0,1 metro, demarcada na Tabela 26. Procurou-se manter a continuidade das faixas, entretanto em alguns locais foi necessário fazer curvas suaves devido a topografia da via.

Com o objetivo de melhorar a visibilidade da sinalização no período noturno foram instaladas tachas contendo elementos retrorrefletivos monodirecionais brancos entre as linhas seccionadas. A tacha proposta possui dimensão de 95x90x20 mm. Na Figura 61 é mostrado o modelo da tacha proposta em projeto.

Tabela 27 - Dimensões das LMS-2

VELOCIDADE v (km/h)	LARGURA ℓ (m)	CADÊNCIA $t : e$	TRAÇO t (m)	ESPAÇAMENTO e (m)
	0,10*	1 : 2*	1*	2*
$v < 60$	0,10	1 : 2	2	4
		1 : 3	2	6
$60 \leq v < 80$	0,10**	1 : 2	3	6
		1 : 2	4	8
		1 : 3	2	6
		1 : 3	3	9
$v \geq 80$	0,15	1 : 3	3	9
		1 : 3	4	12

(*)situações restritas às ciclovias.

Fonte: CONTRAN (2007c)

Figura 61 - Modelo de tacha branca proposto



Fonte: Trânsito Livre (2017).

➤ Linha de bordo (LBO)

A LBO tem a função de delimitar os limites laterais da via, em locais que existe algum obstáculo, por meio de uma linha contínua. A cor utilizada desta marca no projeto foi também a cor branca e sua largura foi de 0,1 m por se tratar de uma via com velocidade inferior a 80 km/h. Esta linha foi proposta ao redor do canteiro central, a uma distância de 0,1 m.

➤ Linha de continuidade (LCO)

Esse tipo de linha tem a função de dar continuidade às marcações das linhas longitudinais e são utilizadas principalmente quando há mudança no alinhamento ou em curvas. Esse traço também pode ser utilizado quando há acréscimo de faixas de rolamento, como aconteceu em locais do projeto, em que foram inseridas linhas de continuidade nas faixas de aceleração, desaceleração e na faixa auxiliar.

As linhas de continuidade para fluxo no mesmo sentido são da cor branca, suas dimensões são definidas de acordo com a velocidade da via. Para o caso do projeto foi indicado largura de 0,1 m e traços com espaçamentos de 1 metro, ou seja, em cadência 1:1.

➤ Marcação de faixa exclusiva (MFE)

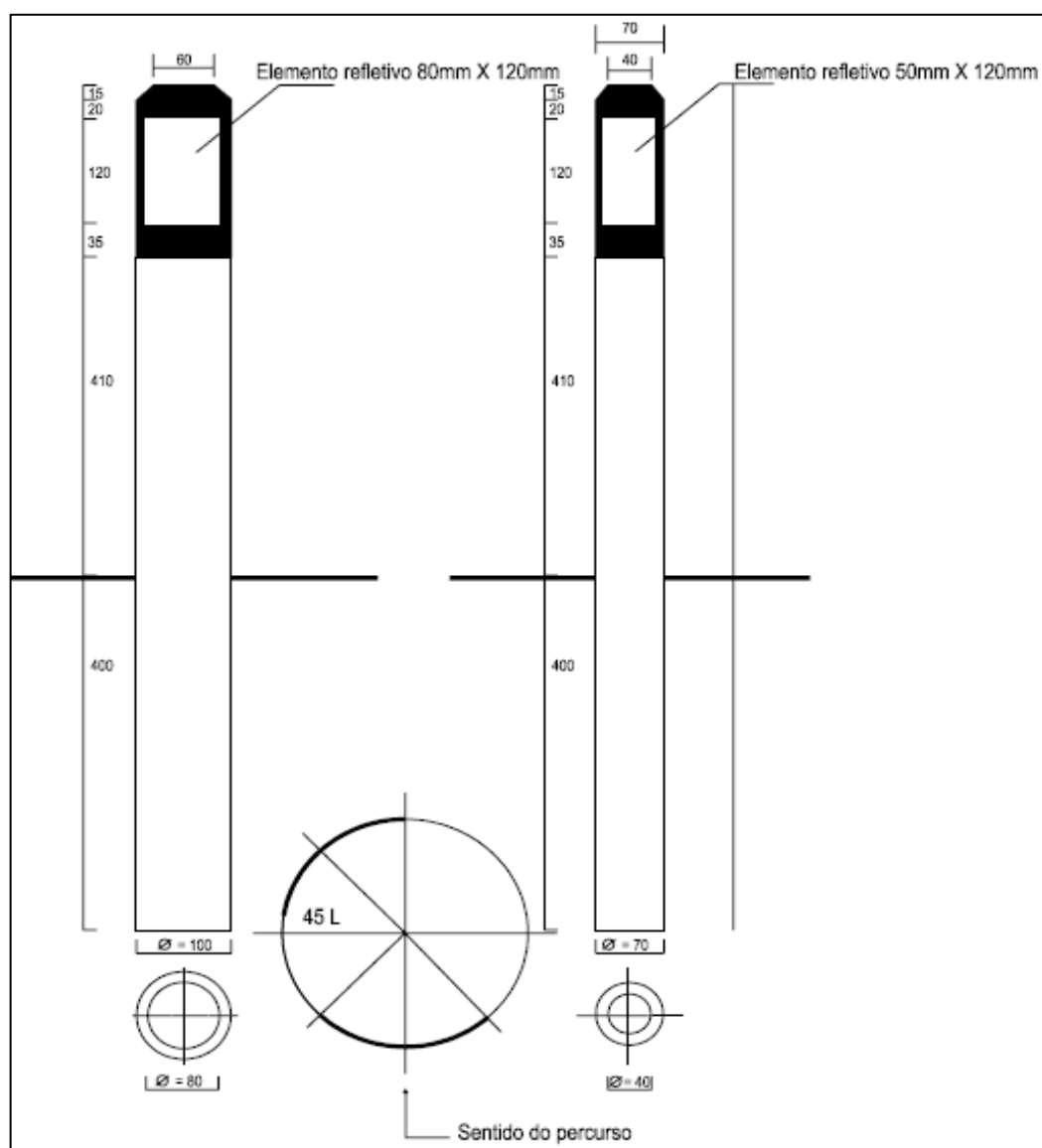
A faixa exclusiva é destinada a determinados tipos de tráfego ou categorias de veículos. No projeto em questão, elas foram utilizadas para indicar faixa exclusiva de conversão ou retorno. A largura da faixa utilizada em projeto foi de 0,2 m.

Além da marcação de faixa exclusiva foi proposto o uso de balizadores com o objetivo de separar as correntes de tráfego. Segundo o Manual de Sinalização Rodoviária (MSR) DNIT - (2010), os balizadores consistem originalmente em dispositivos auxiliares de percurso, posicionados lateralmente à via, indicando aos condutores em períodos noturnos o alinhamento de borda da via.

Apesar de seu uso historicamente conhecido, esse dispositivo utilizado em material borracha tem sido empregado nas grandes cidades com o objetivo de separar correntes de tráfego e tem se mostrado eficiente. Por isso, com o intuito de melhorar o projeto, propôs-se o uso de balizadores com essa função, projeto inédito na cidade de Uberlândia.

O dispositivo possui dois modelos conforme ilustrado na Figura 62. No projeto foi proposto balizadores na cor branca com haste de 1,1 m e diâmetro de 0,07 cm, conforme está ilustrado no modelo da direita.

Figura 62 - Modelos de balizadores



Fonte: (MSR) DNIT - (2010).

8.4.2 Marcas Transversais

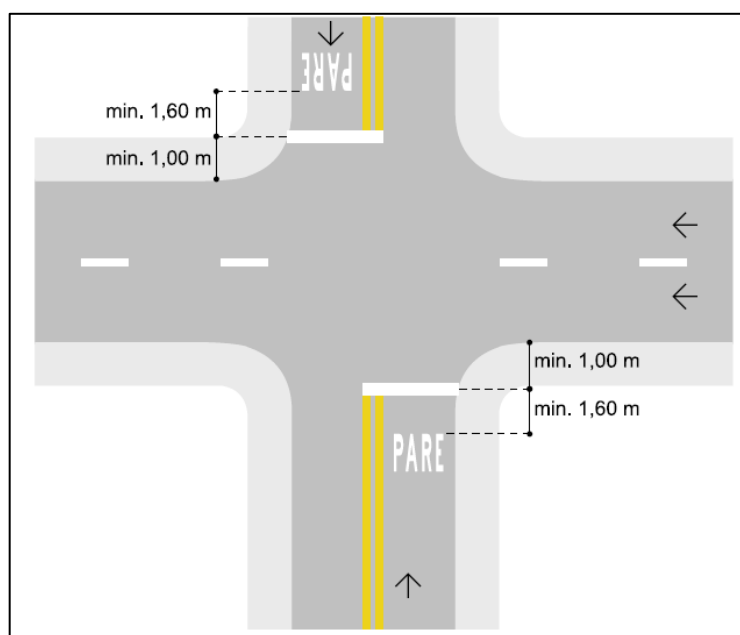
As marcas transversais tem a função de ordenar os deslocamentos frontais dos veículos. Elas atentam o condutor sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indicam sua posição de parada (CONTRAN, 2007c).

➤ Linha de retenção (LRE) e legenda PARE

A Linha de retenção é um tipo de marca que indica que o condutor deve parar o carro, seja em cruzamentos, interseções semaforizadas, junto a travessia de pedestres ou outros. Sua cor é sempre branca e a largura varia entre 0,3 a 0,6 m.

No projeto esta linha foi proposta com largura de 0,3 m e distância de 1 metro do prolongamento da guia, nos cruzamentos em que o condutor necessita parar. A linha foi acompanhada da legenda PARE, com uma distância de 1,6 m da LRE e com altura de 1,6 conforme orientação pelo manual para a velocidade da via. Na Figura 63 está ilustrado esse detalhe.

Figura 63 - Detalhe da linha de retenção com a legenda PARE



Fonte: CONTRAN (2007c).

➤ Linha de dê a preferência (LDP) e símbolo indicativo de interseção com via que tem preferência (SIP) “Dê a preferência”

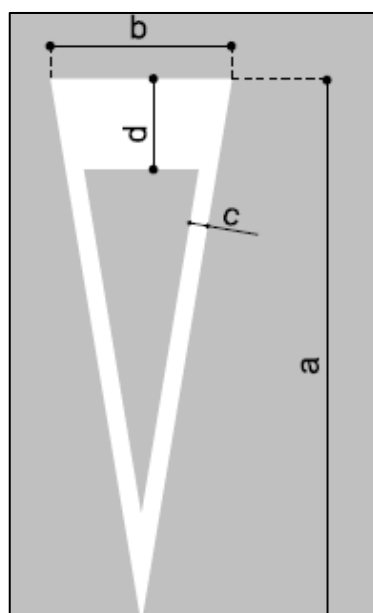
A LDP tem a função de limitar o local para o condutor dar preferência para a via principal. Essa linha é da cor branca e deve possuir largura entre 0,2 e 0,4 m com traço

e espaçamento de 0,5 m. A distância mínima do alinhamento até a guia da pista transversal é de 1,6 m.

Para o projeto, adotou-se na saída da interseção 2 uma largura de 0,2 m de faixa, com traço e espaçamento de 0,5 m.

Acompanhando a LDP foi proposta uma SIP, que posteriormente contou com o reforço da sinalização de regulamentação R-2. Suas dimensões variam de acordo com a velocidade regulamentada da via e estão ilustradas na Figura 64 e na Tabela 27.

Figura 64 - Dimensões SIP "Dê a preferência"



Fonte: CONTRAN (2007c).

Tabela 28 - Dimensões da SIP "Dê a preferência" em função da velocidade

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DIMENSÕES (m)			
	a	b	c	d
$v \leq 60$	3,60	1,20	0,20	0,55
$v > 60$	6,00	2,00	0,30	1,00

Fonte: CONTRAN (2007c).

As dimensões adotadas para a SIP são as indicadas com o retângulo vermelho, relativas a velocidade regulamentada inferior a 60 km/h.

8.4.3 Marcas de canalização

As marcas de canalização são destinadas a direcionar o fluxo de veículos, de forma a garantir melhor organização e segurança da via. Elas são utilizadas sempre que houver obstáculos, variação na largura da pista ou do alinhamento, em pistas de transferências e entre outras (CONTRAN, 2007c).

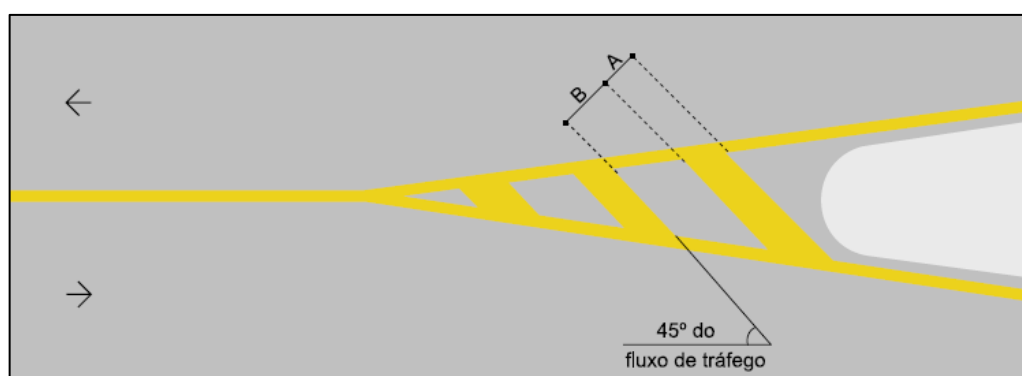
➤ Linha de canalização (LCA)

A linha de canalização tem a função de delimitar a área de circulação de veículos. Sua inscrição em pavimentos de fluxo de mesmo sentido é na cor branca e sua largura varia de 0,1 a 0,3 m. Para o projeto foi proposto uma LCA com largura de 0,1 m.

➤ Zebrado de preenchimento de área de pavimento não utilizável (ZPA)

O ZPA consiste na área interna da linha de canalização e tem o objetivo de enfatizar que se trata de uma área de pavimento não utilizável. A marcação do zebrado é feito com linhas inclinadas a 45° em relação ao fluxo de veículos. Suas dimensões estão ilustradas na Figura 65 e na Tabela 28.

Figura 65 - Dimensões de um ZPA



Fonte: CONTRAN (2007c).

Tabela 29 – Dimensões de um ZPA

DIMENSÕES	CIRCULAÇÃO	ÁREA DE PROTEÇÃO DE ESTACIONAMENTO
Largura da linha interna A	mínima 0,30 m	mínima 0,10 m
	máxima 0,50 m	máxima 0,40 m
Distância entre linhas B	mínima 1,10 m	mínima 0,30 m
	máxima 3,50 m	máxima 0,60 m

Fonte: CONTRAN (2007c).

Foram propostas as dimensões mínimas de circulação. Para a linha A, a largura de 0,3 m e distância B igual a 1,1 m.

8.4.4 Marcas de delimitação e controle de estacionamento

As marcas de delimitação e controle de estacionamento são utilizadas para gerar maior controle das áreas em que o estacionamento é regulamentado ou não. Para obter melhor desempenho, essas áreas são sempre acompanhadas de sinalização vertical de regulamentação (CONTRAN, 2007c).

- Linha de indicação de proibição de estacionamento ou parada (LPP)

A LPP tem a função de indicar que ao longo da sua extensão a parada ou estacionamento não são regulamentados. Sua inscrição no pavimento é contínua e sempre na cor amarela, sua largura varia entre 0,1 e 0,2 m.

Para o projeto foi proposto a LPP com 0,1 m, nas proximidades das interseções. Sua distância da guia foi de 0,1 m.

- Marca delimitadora de estacionamento regulamentado (MER)

A MER é destinada a sinalizar os locais onde o estacionamento é regulamentado. Sua inscrição no pavimento é feita na cor branca. Existem diversos tipos de marcas que

indicam o estacionamento regulamentado, para o caso do projeto foi proposto o estacionamento simples, paralelo ao meio fio, com demarcação seccionada ao longo do trecho.

Para esse tipo de delimitação a largura da vaga pode variar entre 2,2 e 2,7 m e a largura da linha entre 0,1 e 0,2 m. Para o projeto foram adotadas vagas de 2,2 m, largura de linha de 0,1 m e largura e espaçamento das linhas de 0,5 m.

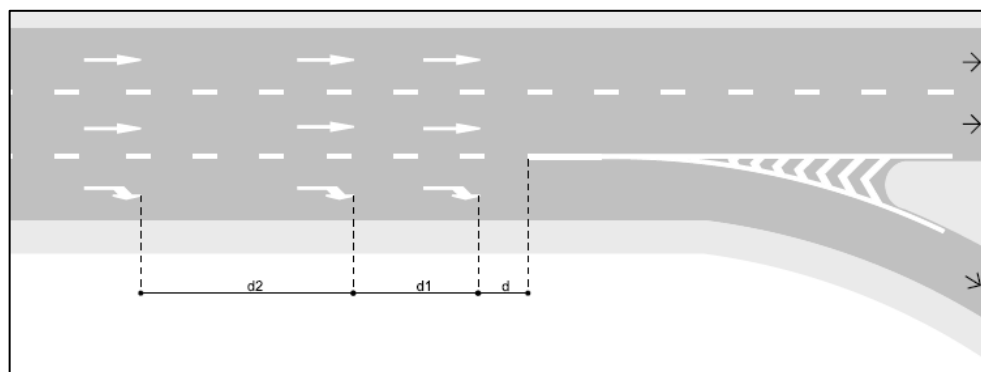
8.4.5 Inscrições no pavimento

As inscrições no pavimento tem por objetivo atentar o condutor sobre as condições de operação da via, auxiliando para que ele tenha tempo e tome a decisão adequada. As inscrições funcionam como sinalização complementar ao longo da via.

- Setas indicativas de posicionamento na pista para execução de movimentos (PEM)

Esse tipo de sinalização tem por objetivo orientar o veículo em qual faixa deve trafegar para realizar o movimento desejado. As inscrições são feitas na cor branca e suas medidas são definidas de acordo com a velocidade da via. Orienta-se colocar, pelo menos, duas setas em uma mesma faixa, sendo a terceira opcional. Na Figura 66 e na Tabela 29 estão apresentadas a distância entre as setas e seus comprimentos.

Figura 66 – Espaçamento entre as inscrições no pavimento



Fonte: CONTRAN (2007c).

Tabela 30 - Dimensões das inscrições no pavimento em função da velocidade

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)			COMPRIMENTO DA SETA (m)
	d	d1	d2	
$v < 60$	10	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,00
$v > 80$	15	50	75	7,50

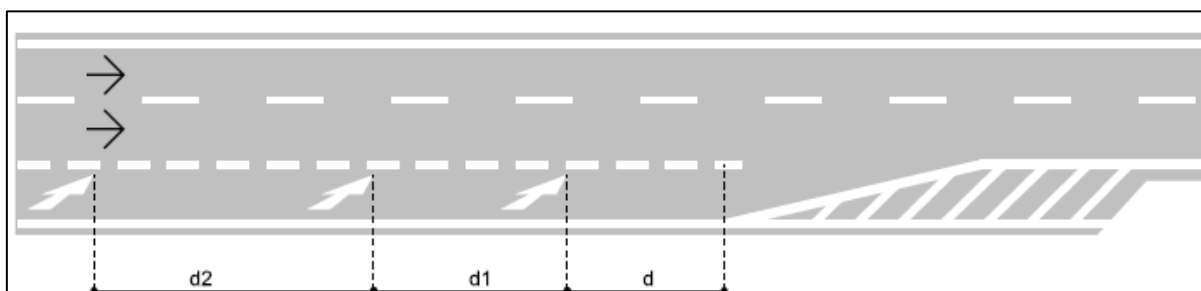
Fonte: CONTRAN (2007c).

Para o projeto foram definidas três unidades de seta por faixa com 5 m de comprimento. As demais dimensões das setas estão definidas no CONTRAN (2007c).

- Seta indicativa de mudança obrigatória de faixa (MOF)

A MOF é uma inscrição no pavimento que indica a necessidade de mudança de faixa devido a estreitamento ou obstrução da via. As setas devem indicar a faixa para a qual o veículo deve se deslocar. Se houver espaço suficiente no local, é indicado que se utilizem, pelo menos três setas. Na Figura 67 e na Tabela 30 estão apresentadas as dimensões e espaçamentos dessas setas para vias urbanas.

Figura 67 – Espaçamento das MOF



Fonte: CONTRAN (2007c).

Tabela 31 – Dimensões e espaçamentos das MOF em função da velocidade

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	DISTÂNCIA (m)			COMPRIMENTO DA SETA (m)
	d	d1	d2	
$v < 60$	10	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,00
$v > 80$	15	50	75	7,50

Fonte: CONTRAN (2007c).

Essas setas foram locadas na interseção 2. Foram propostas 2 setas com distância entre elas inferior ao estabelecido pois o comprimento da faixa de aceleração, determinado foi de 45 m. Apesar de não ser possível implantar as setas na distância determinada pelo Manual, optou-se propô-las, pois seu uso contribuirá para o entendimento dos movimentos permitidos/proibidos na via.

As setas foram propostas a uma distância de 30 m entre si e o comprimento das setas seguiu o especificado, 5 m. As demais dimensões das setas estão definidas no CONTRAN (2007c).

8.5 Proposta de sinalização vertical de regulamentação

A sinalização vertical de regulamentação foi proposta a partir do projeto de sinalização horizontal. As considerações gerais sobre esses tipos de sinais estão descritas na seção 4.1.

Todas as placas do projeto foram propostas em alumínio com as inscrições em pintura eletrostática. Na parte de trás, as placas devem ser pintadas na cor preta fosca.

Os suportes foram sugeridos em aço e seu posicionamento na via foi locado de forma que as placas fizessem um ângulo de 93° em relação ao tráfego. No projeto houve

variação no tipo de suporte utilizado, por isso, essa informação está descrita em cada tipo de placa proposta.

➤ Regulamentação de preferência de passagem – Parada obrigatória (R-1)

A placa R-1 tem a função de regular que ao adentrar a via ou passar por um cruzamento, o condutor pare. Essa sinalização é restrita para locais em que a diminuição de velocidade não é suficiente.

No projeto, a placa foi locada em coluna simples, a uma distância de 1,6 m das faixas de retenção. Suas dimensões seguiram as medidas recomendadas pela Tabela 14, subseção 4.1.2, para áreas urbanas.

A dimensão horizontal da placa foi de 0,8 m. O CONTRAN (2007b) estabelece que a distância do suporte da via deve ser de 0,3 m somado à metade da distância horizontal da placa, logo ela foi locada a 0,7 m da guia.

➤ Regulamentação de preferência de passagem – Dê a preferência (R-2)

Essa sinalização tem a função de alertar o condutor sobre a obrigatoriedade de dar preferência ao veículo que está trafegando pela via principal, reduzindo sua velocidade e parando quando necessário. No projeto essa placa foi colocada após a faixa de aceleração da interseção 2, assinalando a necessidade de dar a preferência aos veículos da via principal.

As dimensões seguiram as medidas mínimas recomendadas na Tabela 15, subseção 4.1.2. Com lado de 0,75 m o suporte dessa placa seria locado a 0,7 m da guia, no canteiro central.

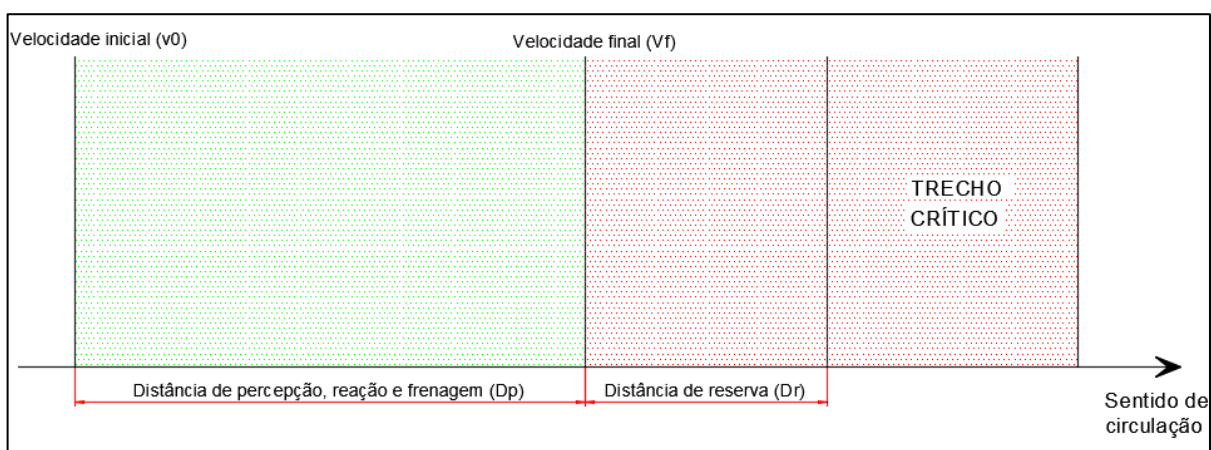
➤ Regulamentação de velocidade (R-19)

Essa sinalização tem a função de regulamentar a máxima velocidade permitida na via. No projeto foram propostas duas placas com valores diferentes de velocidade, isso ocorreu porque no projeto da travessia elevada é regulamentado pela Resolução do

CONTRAN nº. 495/2014 que a velocidade máxima na aproximação da faixa elevada é de 40 km/h e a velocidade regulamentada da via é de 50 km/h.

Para realizar a locação das placas calculou-se as distâncias seguras para o condutor realizar a frenagem antes de chegar a travessia elevada. Na Figura 68 é ilustrado a locação dessas placas em função das distâncias de percepção e reserva.

Figura 68 - Distâncias seguras para locação das placas de velocidade



Em que:

Velocidade Inicial (V_0) - Velocidade regulamentada da via na ausência do trecho crítico;

Velocidade Final (V_f) - Velocidade regulamentada para o condutor passar pelo trecho crítico;

Distância de percepção (D_p) - Distância entre as sinalizações de velocidade inicial e final;

Distância de reserva (D_r) - Distância segura até o trecho crítico para que o condutor já chegue com a velocidade regulamentada até o perigo;

Sendo assim, na Equação 2 está determinada a distância de percepção.

$$D = \frac{V_0^2 - V_f^2}{72,3} + \frac{V_0 \times 2,5}{3,6} \quad (2)$$

Em que $V_0 = 50$ km/h e $V_f = 40$ km/h, substituindo os valores, chegou-se a uma distância de percepção do condutor é de 47 m. A distância de reserva é definida pela Equação 3.

$$D_r = \frac{V_f \times 3,6}{3,6} + 10 \quad (3)$$

Substituindo o valor da velocidade de frenagem na equação, encontrou-se uma distancia de reserva $D_r = 50$ m.

As dimensões da placa foram definidas de acordo com os dados apresentados na Tabela 13, seção 4.1.2. Utilizando os valores recomendados para vias urbanas que não são de trânsito rápido, seu diâmetro foi de 0,5 m. Essas placas foram locadas em coluna simples, com suporte a 0,55 m da guia e com as distâncias conforme calculado.

- Proibido retornar à esquerda (R – 5a)

As sinalizações R-5a são locadas em vias de sentido duplo e tem a função de proibir o retorno à esquerda. No projeto, essa placa foi locada na interseção 1, a 3 m da abertura do canteiro em conformidade com orientações do manual (CONTRAN, 2007b).

A placa foi proposta com as dimensões recomendadas na Tabela 13, subseção 4.1.2, assim como a R-19 e seu suporte é em coluna simples a 0,55 m da guia.

- Siga em frente ou à esquerda (R-25c) e Siga em frente ou à direita (R-25d)

Essas placas foram utilizadas em conjunto com a sinalização horizontal com o objetivo de indicar os movimentos permitidos na via. Essas sinalizações devem ser instaladas a no máximo, 5 m do prolongamento do meio fio da pista transversal.

No projeto essas placas foram propostas com os mesmos suportes, dimensões e distâncias da guia das sinalizações R-19 e R-5a, indicando ao condutor todos movimentos regulamentados.

➤ Estacionamento regulamentado (R-6b)

A placa R-6b é destinada a regulamentar o estacionamento e parada de veículos. No projeto essa placa foi acompanhada de inscrição horizontal no pavimento.

Suas medidas foram definidas de acordo com as medidas recomendadas na Tabela 13, subseção 4.1.2. A placa foi proposta em coluna simples, a uma distância de 0,55 m da guia e foram colocadas no início da faixa delimitadora de estacionamento regulamentado.

➤ Proibido parar e estacionar (R-6c)

A sinalização R-6c assinala ao motorista a proibição da parada ou estacionamento naquele local. No projeto, a sinalização foi proibida devido a aproximação de interseções críticas e pela limitação física da via.

Suas dimensões e suportes foram semelhantes aos da placa R-6b e foram locadas no início das faixas amarelas nos bordos da pista.

8.6 Proposta de sinalização vertical de advertência

Neste projeto não foram propostas muitas sinalizações verticais de advertência, isso porque esse tipo de sinalização é mais bem destinado para o uso rural. As sinalizações propostas nesta etapa seguiram o CONTRAN (2007a).

➤ Passagem sinalizada de pedestres especial (A-32b especial)

Essa sinalização tem a função de advertir o condutor sobre a existência de faixas de pedestres a um ponto adiante. No projeto, foram propostas duas placas para cada aproximação à travessia. A primeira placa indicando a travessia e a outra indicando a distância até ela. Nas duas aproximações a distância até a sinalização foram colocadas a 100 m.

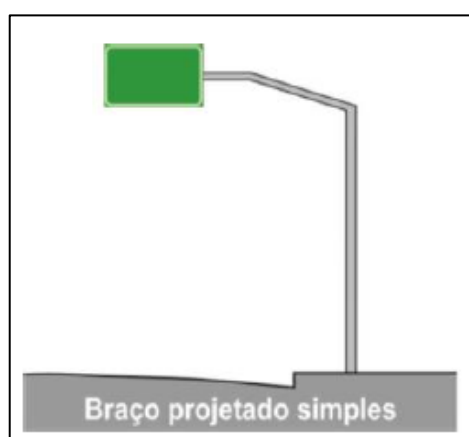
Suas medidas seguiram dimensões superiores às mínimas recomendadas pelos dados apresentados na Tabela 17, subseção 4.2.2. A medida da sinalização é de 0,7 x 1,1 m, utilizando a metade da medida horizontal mais 0,3 m, as placas ficaram locadas 1,0 metro da guia em coluna dupla.

8.7 Proposta de sinalização de indicação

A sinalização vertical de indicação tem a função de indicar ao usuário/conductor as direções, distâncias, mensagens educativas, pontos turísticos ou de serviços, entre outras mensagens que auxiliem na condução da via (CONTRAN, 2014).

No projeto, foram propostas duas placas indicativas nas proximidades das interseções com o objetivo de facilitar o entendimento do condutor em relação ao que estava por vir. Devido as grandes dimensões dessas duas sinalizações, necessitou-se colocá-las em braços projetados simples, ponto positivo, pois facilita a visibilidade pelo motorista. Na Figura 69 está ilustrado um braço projetado simples.

Figura 69 - Braço projetado simples



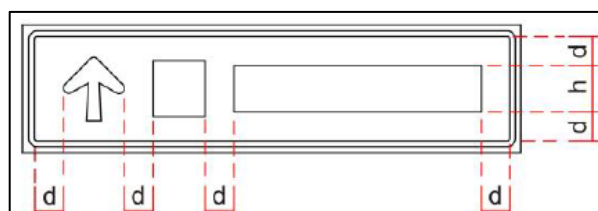
Fonte: CONTRAN (2014).

O braço projetado simples possui suporte com diâmetro maior, sendo considerado um obstáculo físico, que pode gerar perigo para condutores desgovernados. Para impedir que um problema maior se instale foram propostas, no local, defensas metálicas nos lados em que o suporte se encontra ao lado da via de circulação.

Uma defesa metálica consiste em um dispositivo feito em material metálico, colocado de forma contínua em locais que apresentam algum risco ao condutor. A defesa é projetada de forma a absorver a energia cinética dos veículos, se deformando quando isso ocorre (ABNT NBR 6971:2012).

Como as placas de indicação possuem diversos modelos, cada uma indica um tipo diferente de mensagem, o CONTRAN (2014) regulamenta as alturas das legendas, setas e seus espaçamentos. Na Figura 70 estão ilustrados como ficam esses espaçamentos na placa e na Tabela 31 são apresentados os valores desses espaçamentos em função das alturas das letras.

Figura 70 - Altura da legenda e símbolo e espaçamentos



Fonte: CONTRAN (2014).

Tabela 32 - Espaçamento entre elementos em função da altura da letra

ALTURA DA LETRA MAIÚSCULA – h (mm)	ESPAÇAMENTO – d (mm)
50	38
75	56
100	75
125	94
150	112
175	131
200	150
250	188
300	225
350	263
400	300
450	338

Fonte: CONTRAN (2014).

O dimensionamento das orlas e tarjas é definido em função da altura da letra maiúscula e da área da placa. Em relação ao tamanho da letra a orla externa e interna devem possuir dimensões mínimas de 0,01 e 0,02 m, respectivamente. Em relação à área da placa as dimensões seguem o padrão ilustrado na Tabela 32.

Tabela 33 - Dimensões das orlas e tarjas (mm)

A = área da placa (m ²)	a = b	c	R1	R2	R3
A < 1	10	10	25	15	35
1 ≤ A ≤ 3	20	10	50	30	60
3 < A ≤ 6	30	15	80	50	95
A > 6	50	25	120	70	145

Fonte: CONTRAN (2014).

➤ Placa de orientação de destino

Essas placas existem na cor verde e/ou azul e indicam ao motorista as direções a serem seguidas, seu percurso e as distâncias até seu destino. Em vias arteriais e coletoras, essa sinalização deve ser locada a uma distância mínima de 75 m da saída.

No projeto, a placa de orientação de destino foi utilizada para indicar o retorno regulamentado da interseção 2. A placa foi locada a 75 m do início do retorno e a altura da letra foi de 250 mm com espaçamento de 188 mm, definidos para sinalizações em pórtico/semipórtico.

A área da placa proposta foi de 1,3 m², desta forma, as orlas foram definidas na Tabela 32, para placas com área entre 1 e 3 m². Na Figura 71 está ilustrada a placa proposta com suas respectivas cotas.

Figura 71 - Detalhe placa de orientação de destino – Retorno



A altura livre do braço projetado foi de 4,80 m, conforme orientação do CONTRAN (2014).

➤ Placas educativas – Faixa exclusiva para giro à esquerda

As placas educativas devem conter no máximo três linhas de texto centralizado verticalmente e serem escritas sempre em letra maiúscula seguindo as alturas e espaçamentos definidos no CONTRAN (2014). As formas e cores da placa são apresentadas na Tabela 33.

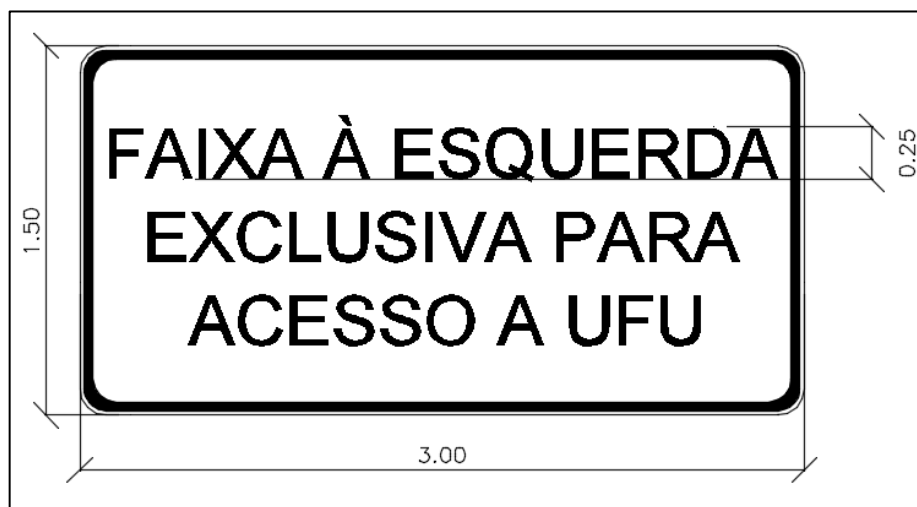
Tabela 34 - Formas e cores das placas educativas

Forma	Elemento	Cor
Retangular	Fundo	Branca
	Orla interna	Preta
	Orla externa	Branca
	Tarja	Preta
	Legendas	Preta
	Pictograma	Preta

Fonte: CONTRAN (2014).

A placa de faixa exclusiva para giro à esquerda foi locada a 75 m da interseção 1, com altura livre de 4,80 m. A altura da letra foi de 250 mm e espaçamento de 188 mm, com a área da placa de 4,50 m² ela foi enquadrada na linha 3 da Tabela 32. Na Figura 72 está ilustrada a placa proposta com suas respectivas dimensões.

Figura 72 – Detalhe placas educativa – Faixa exclusiva para giro à esquerda



8.8 Proposta de dispositivos de sinalização de alerta

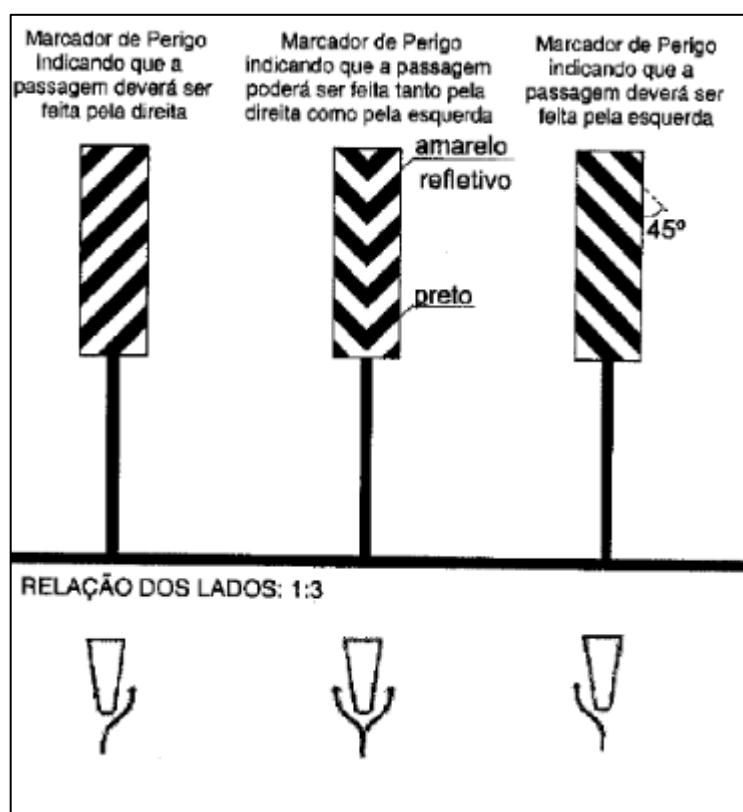
No projeto, foram propostos três tipos de sinalização de alerta, chamados de marcadores de perigo. Os marcadores de perigo consistem em placas com partes refletidas fixadas a um suporte que possui altura menor que o das placas de advertência e regulamentação (CTB, 2010).

Os marcadores de perigo tem a finalidade de alertar o condutor em uma situação de perigo, indicando os lados em que pode ser feita sua passagem. Na Figura 73 estão indicados os três tipos de marcadores propostos e suas dimensões.

No projeto, os marcadores de perigo foram propostos com medidas 0,3 x 0,9 m, as faixas refletivas com larguras de 0,1 m e o suporte de aço com altura de 0,8 m.

Após o planejamento, concepção e dimensionamento elaborou-se o projeto, contemplando as definições realizadas, no *software* autoCAD. O projeto foi realizado sobre o levantamento topográfico para que todas as definições ficassem compatíveis com a situação real da via.

Figura 73 - Tipos e dimensões - Marcadores de perigo



Fonte: CTB (2010).

Ao final do projeto foram locadas as sinalizações já existentes. Devido a nova proposta de projeto, todas as sinalizações existentes foram relocadas ou retiradas, sendo representadas no projeto na cor cinza. Os acessos que anteriormente eram utilizados para realização dos retornos foram fechados, no projeto os locais estão hachurados e indicados.

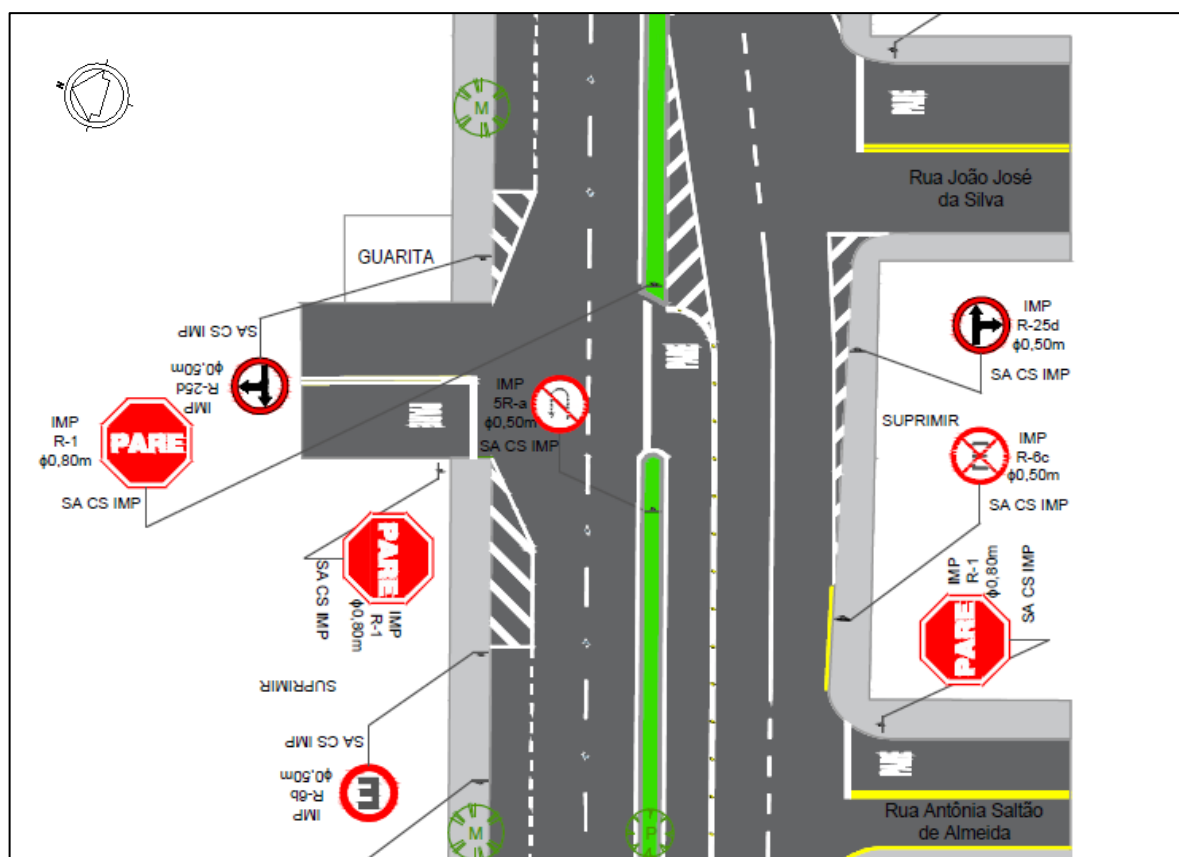
O projeto contemplou, também, a locação aproximada das árvores existentes no trecho. Para que fosse viável a concepção da nova proposta duas árvores precisariam ser retiradas. No projeto foram colocadas na cor cinza e com indicação de supressão ao lado.

Nas seção a seguir serão ilustrados resumidamente os projetos realizados.

8.9 Projeto das novas interseções

Na Figura 74 está ilustrada a proposta de projeto para a interseção 1. Observa-se, que no local em que foi proposta a abertura do canteiro para executar o giro à esquerda, a abertura foi acompanhada de toda a sinalização para gerar disciplina e segurança para os condutores. É possível perceber, também, a presença dos balizadores funcionando como separadores de fluxo, sobre a faixa exclusiva para a entrada na Universidade.

Figura 74 – Projeto resumido da interseção 1



Para que as faixas não sofressem grandes variações de largura, é possível perceber que em alguns locais próximo à interseção sugeriu-se a implantação de faixas de canalização com o objetivo de ordenar o tráfego.

Na Figura 75 está representada parte do projeto da segunda interseção. Nesse projeto observa-se uma mudança realizada na forma do canteiro existente, local em que foi proposto um aumento nas dimensões do canteiro para comportar o retorno nas

condições orientadas pelo DNIT (2005). Para efeito de comparação, está ilustrada na Figura 76 a forma do canteiro anterior a proposta.

Figura 75 - Parte do projeto da interseção 2

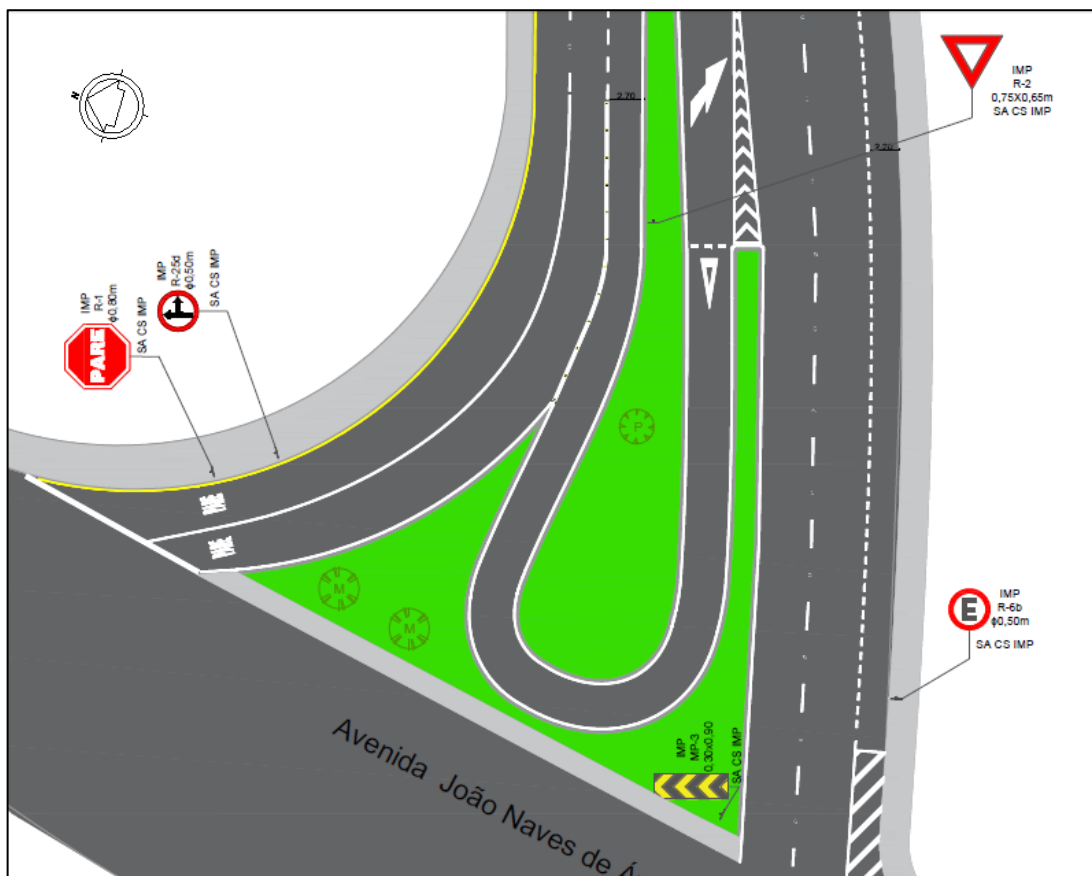


Figura 76 - Canteiro existente no local de projeto - atual



Fonte: Google Maps (2017).

Na Figura 75 pode-se perceber uma largura de asfalto dispensável. A largura exagerada faz com que os motoristas adentrem na via de forma desorganizada, podendo gerar consequências negativas. No lugar, existem apenas duas faixas de rolamento, cada uma com mais de 7,0 m de largura e uma de estacionamento. Percebe-se então o superdimensionamento no local.

No projeto proposto os motoristas adentram e permanecem durante todo o trajeto na avenida com espaço praticamente idêntico. Além de gerar uniformidade na largura da via, fazendo com que os carros descrevam o movimento de forma mais ordenada, a extensão do canteiro faz também com que os veículos que realiza o movimento de retorno fiquem protegidos até que possuam velocidade suficiente para adentrar a via.

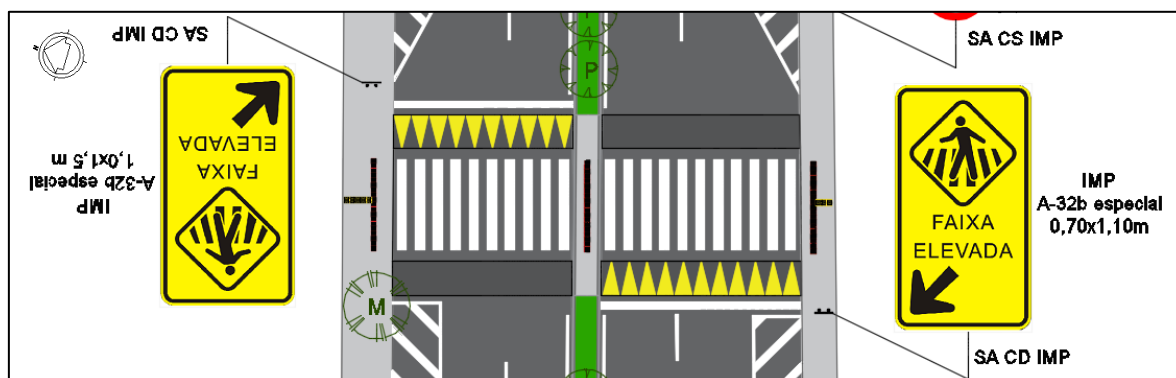
8.10 Projeto da travessia elevada

Quando a proposta do projeto executivo já estava em fase de finalização, implantou-se na Avenida Francisco Vicente Ferreira uma travessia elevada. Essa travessia foi medida e se encontra representada no projeto. Quando essa nova travessia foi implantada, no mês de abril de 2017, o projeto de uma travessia elevada já havia sido realizado em uma locação compatível com o restante do projeto. Por esse motivo, no projeto, a travessia existente está colocada na cor cinza, pois para a execução da proposta não é possível manter sua locação.

Como mencionado na etapa de proposta, seção 7.5, a travessia elevada foi dimensionada de acordo com a Resolução do CONTRAN nº. 495/2014. Na Figura 77 está ilustrada a travessia proposta no projeto.

Na Figura 77 é possível perceber, que além de trazer melhor visibilidade ao condutor, que se atenta melhor a esse tipo de travessia, a faixa também gera melhoria da acessibilidade a cadeirantes que desejam atravessar a rua e à pessoas portadoras de deficiência visual, pois a faixa possui piso tátil.

Figura 77 - Projeto da travessia elevada



O projeto final contendo a planta do detalhamento, legendas e dimensionamentos das propostas se encontram no APÊNDICE E.

9 Conclusão

Um bom projeto de planejamento urbano traz inúmeros benefícios para uma cidade, ele mostra, por exemplo, que a cidade é bem preparada, possui um plano de crescimento e um desenvolvimento ordenado. Para chegar às condições mínimas, faz-se necessário a realização contínua de monitoramento do órgão gestor na implantação dos PGV, priorizando planejamento, estudos de tráfego, capacidade, níveis de serviço e segurança (CAIFA, 2009).

Este trabalho propôs uma solução para um problema viário, gerado pela construção de uma portaria, em uma avenida secundária, de um Polo Gerador de Tráfego. Percebeu-se a necessidade de realizar um projeto de planejamento no local, pois a implantação trouxe um aumento significativo no volume de veículos que circulam pela avenida.

De forma a atender o aumento da frota foram abertos dois pontos de acesso no canteiro central para absorver o tráfego. Sem nenhum planejamento prévio, os acessos que facilitariam o deslocamento para os condutores, têm gerado problemas de trafegabilidade e capacidade nos locais em que foram instalados, além de apresentarem problemas de segurança.

Para resolver o problema, procurou-se realizar um projeto embasado nas diretrizes de engenharia urbana e planejamento de tráfego, que se mostrasse eficiente para trazer benefícios aos condutores e pedestres que circulam pelo local.

No projeto final, em que se propõe uma nova proposta de operação para a via, percebe-se a diferença entre um local com planejamento e outro sem planejamento. Todo o projeto foi realizado com o intuito de melhorar o nível de serviço, a operacionalidade e a segurança da Avenida Francisco Vicente Ferreira e de suas ruas transversais.

REFERÊNCIAS

ALBANO J. F. **Noções sobre interseções – UFRGS**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14intersecoes_apresentacao.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6971**: Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação. Rio de Janeiro, 2012.

AUTOESCOLA JAÇANÃ. **Placas de regulamentação**. Disponível em: <<http://www.autoescolajacana.com.br/new/placas-de-regulamentacao/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. 4 ed. Brasília, 2010.

BRASIL. **Resolução CONAMA (1997)**. Resolução nº 237/1997. Brasília, 1997.

BRASIL. **Resolução CONTRAN 1998**. Resolução nº 12/1998. Brasília, 1998.

BRASIL. **Resolução CONTRAN 2014**. Resolução nº. 495/2014. Brasília, 2014.

CAIFA M. T. F. **Polos Geradores de Tráfego**. 41 f. 2009. Pós Graduação em Administração Pública. Trabalho de Conclusão de Curso. Fundação Getúlio Vargas, 2009.

CET-SP. **Polos Geradores e Certidão de Diretrizes**. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/polos-geradores-e-certidao-de-diretrizes/informacoes-gerais.aspx>>. Acesso em: 02 Jul. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Manual de Sinalização Indicativa**. 1 ed. Brasília, 2014.

Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. **Manual de Sinalização Vertical de Advertência**. 2 ed. Brasília, 2007a.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Manual de Sinalização Vertical de Regulamentação**. 2 ed. Brasília, 2007b.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Manual de Sinalização Horizontal**. 2 ed. Brasília, 2007c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Frota veicular – Dados Técnicos do CTA Estatísticas**. Uberlândia, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE Transportes – DNIT. **Manual de Sinalização Rodoviária DNIT**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Estudos de tráfego**. Publicação IPR 723. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Projeto de Interseções**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual de procedimentos para o tratamento de Polos Geradores de tráfego**. Brasília, 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual de semáforos**. Brasília, 1984.

GOLDNER, L. G. **Notas de aula - Engenharia de Tráfego**. 2º Módulo. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2017.

GOOGLE MAPS. **Universidade Federal de Uberlândia**. Disponível em: <
[https://www.google.com.br/maps/place/Universidade+Federal+de+Uberl%C3%A2ndia/@](https://www.google.com.br/maps/place/Universidade+Federal+de+Uberl%C3%A2ndia/@-18.9176744,-)
-18.9176744,-

48.2583046,15z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0x3298a404b30e6300?sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjFjMi29uXTAhUGS5AKHQ62AdsQ_BllczAK >. Acesso em: 20 mai. 2017.

IPEA. **Indicadores de Mobilidade Urbana**. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/comunicado/131024_comunicadoipea161.pdf>. Acesso em: 13 Jul. 2016.

KHASAWNEH, M. A.^a e OBADAT, M.^b ***Incorporating Highway Capacity Software in Undergraduate Teaching of Transportation Courses***. ^aOhio Northern university; ^bUniversity of Tennessee at Martin. 2013.

LEICA GEOSYSTEM. **Simplificando o levantamento topográfico**. Disponível em: <http://w3.leicageosystems.com/downloads123/zz/general/general/brochures/Surveying_pt.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2017.

MACEDO, J. M. G. **Seleção da Tipologia de Cruzamentos em função da procura**. 280 f. 2005. Engenharia Civil – Mestrado em Vias de Comunicação. Universidade do Porto. Porto, 2005.

OLIVEIRA, S. M. F; RIBEIRO, R. L; MUNDIM, P. B; SANTOS, E. F. **Análise das Vias de Acesso ao Futuro Campus da UFU Monte Carmelo, MG**. Engenharia Civil. Anais. Santos, p.2, 2013.

OLIVEIRA, F, E; ARNS, P. **Projeto Planimétrico de Interseção: Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Repositório UNESC, 2013.

PIMENTA, C. R.; OLIVEIRA, M. P. **Notas de Aulas – Introdução ao projeto geométrico de interseções rodoviárias**. 1990.

SÃO PAULO. **Legislação Municipal (2010)**. Lei nº. 15.150, art. 3º. São Paulo, 2010.

SS TOPOGRAFIA. **Como funciona e para que serve uma estação total**. Disponível em: <<http://sstopografia.com.br/como-funciona-e-para-que-serve-uma-estacao-total/>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

TECNOLOGIA UFPR. **Estudos de capacidade – Introdução.** Disponível em: <<http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/wp-content/uploads/sites/12/2016/08/CAPACIDADE-INTRODUCAO.pdf>>. Acesso em: 19 Abr. 2017.

TOPOGRAFIA. **Manual de topografia.** Disponível em: <<https://topografia2016.wordpress.com/category/matematica/>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

TRÂNSITO LIVRE. **Sinalização Horizontal.** Disponível em: <<http://www.transitolivresinalizacao.com.br/sinalizacao-horizontal.html>>. Acesso em: 15 Mai. 2017.

APÊNDICE A – Contagem dos veículos nos períodos de pico, 2017

Contagem dos veículos nos períodos de pico							
INTERSEÇÃO 1							
Data:	10/04/2017	Dia da semana:		Segunda-feira			
Croqui							
<p>O croqui ilustra a interseção entre a Av. Francisco Vicente Ferreira e a Rua Marciano Santos. São mostrados os movimentos de tráfego numerados de 1 a 8:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1: Movimento de Av. Francisco Vicente Ferreira para Rua Marciano Santos. 2: Movimento de Av. Francisco Vicente Ferreira para Av. Francisco Vicente Ferreira. 3: Movimento de Av. Francisco Vicente Ferreira para Av. Francisco Vicente Ferreira. 4: Movimento de Rua Marciano Santos para Av. Francisco Vicente Ferreira. 5: Movimento de Rua Marciano Santos para Av. Francisco Vicente Ferreira. 6: Movimento de Rua Marciano Santos para Rua Marciano Santos. 7: Movimento de Av. Francisco Vicente Ferreira para Av. Francisco Vicente Ferreira. 8: Movimento de Rua Marciano Santos para Rua Marciano Santos. 							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	284	88	2	0	76	6
	2	146	32	0	0		
	3	614	130	0	4		
	4	15	3	0	0		
	5	4	0	0	0		
	6	12	7	0	0		
	7	46	8	0	0		
	8	7	0	0	0		
TOTAL		1128	268	2	4	76	6
12:00 - 13:00	1	364	82	0	2	44	8
	2	68	10	0	0		
	3	454	82	0	2		
	4	17	3	0	0		
	5	14	3	0	0		
	6	26	4	0	0		
	7	36	2	0	0		
	8	6	0	0	0		
TOTAL		985	186	0	4	44	8
18:00 - 19:00	1	416	52	0	2	62	18
	2	54	18	0	0		
	3	672	120	0	2		
	4	10	0	0	0		
	5	20	1	0	0		
	6	32	5	0	0		
	7	40	2	0	0		
	8	16	0	0	0		
TOTAL		1260	198	0	4	62	18

Contagem dos veículos nos períodos de pico							
PORTARIA 5 - UFU							
Data:	10/04/2017	Dia da semana:		Segunda-feira			
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	274	12	1	0	46	2
	2	66	2	0	0		
	TOTAL	340	14	1	0	46	2
12:00 - 13:00	1	126	16	0	0	38	4
	2	192	12	0	0		
	TOTAL	318	28	0	0	38	4
18:00 - 19:00	1	274	42	0	0	106	4
	2	192	32	0	0		
	TOTAL	466	74	0	0	106	4

INTERSEÇÃO 2							
Data:	10/04/2017	Dia da semana:		Segunda-feira			
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	384	36	2	4	2	12
	2	44	2	1	0		
	3	304	44	3	0		
	TOTAL	732	82	6	4	2	12
12:00 - 13:00	1	438	58	0	2	1	10
	2	132	14	0	0		
	3	310	64	0	4		
	TOTAL	880	136	0	6	1	10
18:00 - 19:00	1	384	44	0	2	4	8
	2	112	18	0	0		
	3	284	66	0	4		
	TOTAL	780	128	0	6	4	8

Contagem dos veículos nos períodos de pico							
INTERSEÇÃO 1							
Data:	11/04/2017	Dia da semana:		Terça-feira			
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	236	44	0	0	56	16
	2	136	16	0	0		
	3	632	76	4	4		
	4	12	4	0	0		
	5	2	0	0	0		
	6	14	14	0	0		
	7	40	6	0	0		
	8	12	0	0	0		
	TOTAL	1084	160	4	4	56	16
12:00 - 13:00	1	346	50	2	0	32	8
	2	52	10	0	0		
	3	472	62	2	6		
	4	22	2	0	0		
	5	10	2	0	0		
	6	24	0	0	0		
	7	30	2	0	0		
	8	12	0	0	0		
	TOTAL	968	128	4	6	32	8
18:00 - 19:00	1	462	74	4	0	56	16
	2	60	10	0	0		
	3	594	76	0	2		
	4	16	0	0	0		
	5	12	1	0	0		
	6	30	3	0	0		
	7	35	2	0	0		
	8	15	0	0	0		
	TOTAL	1224	166	4	2	56	16

Contagem dos veículos nos períodos de pico							
PORTARIA 5 - UFU							
Data:	11/04/2017	Dia da semana:	Terça-feira				
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	302	26	2	0	74	10
	2	54	0	2	0		
	TOTAL	356	26	4	0	74	10
12:00 - 13:00	1	152	20	0	0	26	2
	2	180	18	0	0		
	TOTAL	332	38	0	0	26	2
18:00 - 19:00	1	160	30	0	0	90	10
	2	210	28	0	0		
	TOTAL	370	58	0	0	90	10

INTERSEÇÃO 2							
Data:	11/04/2017	Dia da semana:	Terça-feira				
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	430	48	2	4	2	3
	2	34	2	2	0		
	3	260	44	0	0		
	TOTAL	724	94	4	4	2	3
12:00 - 13:00	1	498	50	2	4	6	10
	2	88	10	0	0		
	3	292	54	2	0		
	TOTAL	878	114	4	4	6	10
18:00 - 19:00	1	478	68	0	2	5	2
	2	142	14	0	0		
	3	436	72	4	0		
	TOTAL	1056	154	4	2	5	2

Contagem dos veículos nos períodos de pico							
INTERSEÇÃO 1							
Data:	12/04/2017	Dia da semana:		Quarta-feira			
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	222	46	0	0	44	10
	2	158	28	0	0		
	3	701	52	0	4		
	4	16	0	0	0		
	5	0	0	0	0		
	6	10	4	0	0		
	7	52	8	1	0		
	8	2	0	0	0		
	TOTAL		1161	138	1		
12:00 - 13:00	1	396	52	4	0	28	2
	2	50	2	0	0		
	3	621	48	4	4		
	4	16	0	0	0		
	5	16	2	0	0		
	6	28	6	0	0		
	7	45	4	0	0		
	8	4	2	0	0		
	TOTAL		1176	116	8		
18:00 - 19:00	1	362	58	0	1	44	4
	2	44	12	0	0		
	3	590	76	0	2		
	4	12	0	0	0		
	5	28	2	0	0		
	6	40	4	0	0		
	7	38	2	0	0		
	8	14	0	0	0		
	TOTAL		1128	154	0		

Contagem dos veículos nos períodos de pico							
PORTARIA 5 - UFU							
Data:	12/04/2017	Dia da semana:		Quarta-feira			
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	328	22	1	0	72	8
	2	54	4	0	0		
	TOTAL	382	26	1	0	72	8
12:00 - 13:00	1	152	8	0	0	14	0
	2	184	16	2	0		
	TOTAL	336	24	2	0	14	0
18:00 - 19:00	1	210	28	0	0	54	10
	2	196	22	0	0		
	TOTAL	406	50	0	0	54	10

INTERSEÇÃO 2							
Data:	12/04/2017	Dia da semana:		Quarta-feira			
Croqui							
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus	Pedestre	Ciclista
07:00 - 08:00	1	414	40	0	2	6	10
	2	38	21	0	0		
	3	298	60	0	0		
	TOTAL	750	121	0	2	6	10
12:00 - 13:00	1	544	32	5	6	8	2
	2	110	8	0	0		
	3	324	50	0	0		
	TOTAL	978	90	5	6	8	2
18:00 - 19:00	1	478	74	0	4	4	8
	2	120	12	0	0		
	3	392	48	0	0		
	TOTAL	990	134	0	4	4	8

**APÊNDICE B – Média dos volumes levantados e volume da frota no ano de projeto
(2027)**

Média - Contagem dos veículos nos períodos de pico					
INTERSEÇÃO 1					
Data:	Média dos dias	Dia da semana:		-	
Croqui					
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus
07:00 - 08:00	1	247	59	1	0
	2	147	25	0	0
	3	649	86	1	4
	4	14	2	0	0
	5	2	0	0	0
	6	12	8	0	0
	7	46	7	0	0
	8	7	0	0	0
	TOTAL		1124	189	2
12:00 - 13:00	1	369	61	2	1
	2	57	7	0	0
	3	516	64	2	4
	4	18	2	0	0
	5	13	2	0	0
	6	26	3	0	0
	7	37	3	0	0
	8	7	1	0	0
	TOTAL		1043	143	4
18:00 - 19:00	1	413	61	1	1
	2	53	13	0	0
	3	619	91	0	2
	4	13	0	0	0
	5	20	1	0	0
	6	34	4	0	0
	7	38	2	0	0
	8	15	0	0	0
	TOTAL		1204	173	1

Média - Contagem dos veículos nos períodos de pico					
PORTARIA 5 - UFU					
Data:	Média dos dias	Dia da semana:		-	
Croqui					
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus
07:00 - 08:00	1	301	20	1	0
	2	58	2	1	0
	TOTAL	359	22	2	0
12:00 - 13:00	1	143	15	0	0
	2	185	15	1	0
	TOTAL	329	30	1	0
18:00 - 19:00	1	215	33	0	0
	2	199	27	0	0
	TOTAL	414	61	0	0
INTERSEÇÃO 2					
Data:	Média dos dias	Dia da semana:		-	
Croqui					
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus
07:00 - 08:00	1	409	41	1	3
	2	39	8	1	0
	3	287	49	1	0
	TOTAL	735	99	3	3
12:00 - 13:00	1	493	47	2	4
	2	110	11	0	0
	3	309	56	1	1
	TOTAL	912	113	3	5
18:00 - 19:00	1	447	62	0	3
	2	125	15	0	0
	3	371	62	1	1
	TOTAL	942	139	1	4

Volume de projeto - Ano 2027					
INTERSEÇÃO 1					
Data:	Média dos dias	Dia da semana:		-	
Croqui					
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus
07:00 - 08:00	1	322	77	1	1
	2	191	33	1	1
	3	844	112	2	5
	4	19	3	1	1
	5	3	1	1	1
	6	16	11	1	1
	7	60	10	1	1
	8	9	1	1	1
	TOTAL		1462	247	9
12:00 - 13:00	1	479	80	3	1
	2	74	10	1	1
	3	670	83	3	5
	4	24	2	1	1
	5	17	3	1	1
	6	34	4	1	1
	7	48	3	1	1
	8	10	1	1	1
	TOTAL		1356	186	11
18:00 - 19:00	1	537	80	2	1
	2	68	17	1	1
	3	804	118	1	3
	4	16	0	1	1
	5	26	2	1	1
	6	44	5	1	1
	7	49	3	1	1
	8	20	0	1	1
	TOTAL		1565	224	9

Volume de projeto - Ano 2027					
PORTARIA 5 - UFU					
Data:	Média dos dias	Dia da semana:		-	
Croqui					
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus
07:00 - 08:00	1	392	26	2	1
	2	75	3	1	1
	TOTAL	467	29	3	2
12:00 - 13:00	1	186	19	1	1
	2	241	20	1	1
	TOTAL	427	39	2	2
18:00 - 19:00	1	279	43	1	1
	2	259	36	1	1
	TOTAL	538	79	2	2

INTERSEÇÃO 2					
Data:	Média dos dias	Dia da semana:		-	
Croqui					
Horário	Movimento	Carro	Moto	Caminhão	Ônibus
07:00 - 08:00	1	532	54	2	4
	2	50	11	1	1
	3	374	64	1	1
	TOTAL	956	129	4	6
12:00 - 13:00	1	641	61	3	5
	2	143	14	1	1
	3	401	73	1	2
	TOTAL	1186	147	5	8
18:00 - 19:00	1	581	81	1	3
	2	162	19	1	1
	3	482	81	2	2
	TOTAL	1225	180	4	6

APÊNDICE C – Equivalência da frota de projeto em ucp/h em 2027

Veículos equivalentes - Interseção 1		
Horário	Movimento	UCP
07:00 - 08:00	1	401
	2	227
	3	966
	4	25
	5	7
	6	29
	7	72
	8	13
	TOTAL	1740
12:00 - 13:00	1	564
	2	86
	3	765
	4	29
	5	23
	6	41
	7	55
	8	13
	TOTAL	1577
18:00 - 19:00	1	622
	2	89
	3	928
	4	19
	5	31
	6	52
	7	55
	8	23
	TOTAL	1818

Portaria 5 - UFU		
Horário	Movimento	UCP
07:00 - 08:00	1	422
	2	81
	TOTAL	503
12:00 - 13:00	1	208
	2	264
	TOTAL	472
18:00 - 19:00	1	325
	2	298
	TOTAL	623

Veículos equivalentes - Interseção 2		
Horário	Movimento	UCP
07:00 - 08:00	1	595
	2	65
	3	441
	TOTAL	1101
12:00 - 13:00	1	714
	2	160
	3	478
	TOTAL	1352
18:00 - 19:00	1	668
	2	184
	3	568
	TOTAL	1420

APÊNDICE D – Equivalência em ucp dia (11/04/2017): Para cálculo da capacidade e nível de serviço em 2017

Continua

Equivalência dos veículos para UCP - Terça feira			
Movimento	Horário		UCP
1	07:00	07:15	63
	07:15	07:30	78
	07:30	07:45	74,5
	07:45	08:00	66
	12:00	12:15	107
	12:15	12:30	110
	12:30	12:45	95,5
	12:45	13:00	86,5
	18:00	18:15	130,5
	18:15	18:30	148,5
	18:30	18:45	142,5
	18:45	19:00	130,5
2	07:00	07:15	47
	07:15	07:30	44
	07:30	07:45	37
	07:45	08:00	24
	12:00	12:15	8
	12:15	12:30	9
	12:30	12:45	30
	12:45	13:00	15
	18:00	18:15	8
	18:15	18:30	19
	18:30	18:45	26
	18:45	19:00	17
3	07:00	07:15	219
	07:15	07:30	199,5
	07:30	07:45	149
	07:45	08:00	148,5
	12:00	12:15	109
	12:15	12:30	117,5
	12:30	12:45	165
	12:45	13:00	154,5
	18:00	18:15	151
	18:15	18:30	157,5
	18:30	18:45	187,5
	18:45	19:00	177

Equivalência dos veículos para UCP - Terça feira			
Movimento	Horário		UCP
4	07:00	07:15	4
	07:15	07:30	6
	07:30	07:45	2
	07:45	08:00	3
	12:00	12:15	2
	12:15	12:30	4
	12:30	12:45	7
	12:45	13:00	6
	18:00	18:15	2
	18:15	18:30	4
	18:30	18:45	3
	18:45	19:00	3
5	07:00	07:15	1
	07:15	07:30	1
	07:30	07:45	0
	07:45	08:00	0
	12:00	12:15	0
	12:15	12:30	2
	12:30	12:45	5
	12:45	13:00	5
	18:00	18:15	9
	18:15	18:30	8
	18:30	18:45	12
	18:45	19:00	11
6	07:00	07:15	5
	07:15	07:30	7
	07:30	07:45	9
	07:45	08:00	6
	12:00	12:15	7
	12:15	12:30	8
	12:30	12:45	4
	12:45	13:00	5
	18:00	18:15	11
	18:15	18:30	13
	18:30	18:45	11
	18:45	19:00	9

Finaliza

Equivalência dos veículos para UCP -			
Movimento	Horário		UCP
7	07:00	07:15	5
	07:15	07:30	11
	07:30	07:45	11
	07:45	08:00	5
	12:00	12:15	2
	12:15	12:30	6
	12:30	12:45	12
	12:45	13:00	12
	18:00	18:15	8
	18:15	18:30	7
	18:30	18:45	14
	18:45	19:00	11
8	07:00	07:15	4
	07:15	07:30	4
	07:30	07:45	1
	07:45	08:00	2
	12:00	12:15	3
	12:15	12:30	3
	12:30	12:45	4
	12:45	13:00	4
	18:00	18:15	2
	18:15	18:30	1
	18:30	18:45	5
	18:45	19:00	4

APÊNDICE E - Projeto