

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CELSO JOSÉ DO NASCIMENTO JÚNIOR

JOZIEL DOS REIS ALVES

**ESTUDO SOBRE AS INTERFERÊNCIAS NA INTERSEÇÃO
ENTRE A AV. DOM BOSCO E RUA ANTÔNIA LEÃO NETO
PARA A MELHORIA DO TRÂNSITO POR MEIO DA
ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO SEMAFÓRICA – REGIÃO
DE SILVÂNIA-GO**

ANÁPOLIS / GO

2020

**CELSO JOSÉ DO NASCIMENTO JÚNIOR
JOZIEL DOS REIS ALVES**

**ESTUDO SOBRE AS INTERFERÊNCIAS NA INTERSEÇÃO
ENTRE A AV. DOM BOSCO E RUA ANTÔNIA LEÃO NETO
PARA A MELHORIA DO TRÂNSITO POR MEIO DA
ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO SEMAFÓRICA – REGIÃO
DE SILVÂNIA-GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: FILIPE FONSECA GARCIA

ANÁPOLIS / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

JÚNIOR, CELSO JOSÉ DO NASCIMENTO/ ALVES, JOZIEL DO REIS

Estudo sobre as interferências na intercessão entre a Av. Dom Bosco e Rua Antônia Leão Neto para a melhoria do trânsito por meio da análise de implementação semafórica – Região de Silvânia-GO

96P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. Semaforização | 2. Horário de pico |
| 3. Congestionamento | 4. Cruzamento |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

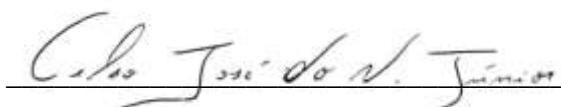
JÚNIOR, Celso José do Nascimento/ALVES, Joziel dos Reis. Estudo sobre as interferências na intercessão entre a Av. Dom Bosco e Rua Antônia Leão Neto para a melhoria do trânsito por meio da análise de implementação semafórica – Região de Silvânia-GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 96p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Celso José do Nascimento Júnior

Joziel dos Reis Alves

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Celso José do Nascimento Júnior

E-mail: celsojosenj@gmail.com



Joziel dos Reis Alves

E-mail: joziel_alves15@hotmail.com

**CELSO JOSÉ DO NASCIEMENTO JÚNIOR
JOZIEL DOS REIS ALVES**

**ESTUDO SOBRE AS INTERFERÊNCIAS NA INTERSEÇÃO
ENTRE A AV. DOM BOSCO E RUA ANTÔNIA LEÃO NETO
PARA A MELHORIA DO TRÂNSITO POR MEIO DA
ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO SEMAFÓRICA – REGIÃO
DE SILVÂNIA-GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**FILIPE FONSECA GARCIA, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 19 de junho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus familiares que apoiaram nessa caminhada até a minha formação como profissional de Engenharia Civil, aos meus educadores que proporcionaram esse momento, pois sem eles não poderia trilhar essa caminhada até a minha graduação como profissional e pessoa, e por fim meu orientador Filipe Garcia e minha dupla Joziel Alves por me apoiarem neste momento. Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para a minha evolução constante como ser humano na sociedade.

Celso José do Nascimento Júnior

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por todas as conquistas, agradeço meus pais, meu irmão, toda minha família e meus professores pelo incentivo nos estudos, por depositarem confiança em mim, de não deixarem eu desistir dos meus objetivos e de saberem que eu poderia chegar até aqui, gostaria também de deixar aqui meus agradecimentos ao meu professor e orientador Filipe Garcia e minha dupla Celso José por terem me apoiado e terem confiança em mim até o final deste trabalho.

Joziel dos Reis Alves

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de um veículo usado na era medieval.....	17
Figura 2 - Sinais de trânsitos formulados na conferência de 1921 em Barcelona.....	19
Figura 3 - Exemplo de congestionamento	20
Figura 4 - Interseção de três ramos.....	23
Figura 5 - Interseção de ramos múltiplos	24
Figura 6 - Cruzamento de quatro ramos	24
Figura 7 - Interseção do tipo "gota"	25
Figura 8 - Interseção Canalizada	26
Figura 9 - Rótula vazada.....	26
Figura 10 - Mini-rotatória.....	28
Figura 11 - Rotatória urbana compacta	29
Figura 12 - Rotatória urbana de faixa simples.....	30
Figura 13 - Rotatória urbana com faixa dupla.....	30
Figura 14 - Rotatória rural de faixa simples	31
Figura 15 - Rotatória rural de faixa dupla	32
Figura 16 - Trombeta.....	34
Figura 17 - Interseção diamante	35
Figura 18 - Trevo completo	36
Figura 19 - Trevo parcial	36
Figura 21 - Procedimentos para a implantação e avaliação da sinalização semafórica	42
Figura 22 - Estrutura geral de estudo	43
Figura 23 - Estudo em locais existentes: pedestres	45
Figura 24 - Estudo em locais existentes: veículos.....	46
Figura 25 - Estudo em locais em projeto: pedestres	47
Figura 26 - Estudo em locais em projeto: veículos	48
Figura 27 - Tipos de movimentos.....	49
Figura 28 - Classificação de movimentos	51
Figura 29 - Tipos de conflitos.....	53
Figura 30 - Avenida com sinalização horizontal bem definida.....	56
Figura 31 - NÍVEL A	60
Figura 32 - NÍVEL B.....	61
Figura 33 - NÍVEL C.....	61

Figura 34 - NÍVEL D	62
Figura 35 - NÍVEL E	63
Figura 36 - NÍVEL F	63
Figura 37: Grupo de movimentos	65
Figura 38: Movimentos conflitantes	69
Figura 39: Brechas críticas	70
Figura 40: Relação entre pedestre e veículo	75
Figura 41: 95º percentil do comprimento de fila	77
Figura 42: Critérios de nível de serviço	78
Figura 43: Frota de veículos	79
Figura 44: Faixa etária do município de Silvânia	80
Figura 45: População total, gênero, rural/urbana do município de Silvânia	80
Figura 46: Visão via satélite do local do cruzamento	82
Figura 47: Cruzamento da Rua Antônio Leão Neto e a Avenida Dom Bosco	83
Figura 48: Avenida Dom Bosco	84
Figura 49: Rua Antônio Leão Neto	85
Figura 50: Croqui do cruzamento estudado	86
Figura 51: Avenida Dom Bosco, movimentos 1 e 5	87
Figura 52: Cruzamento, movimentos 1,2,5 e 11	88
Figura 53: Cruzamento, movimentos 2,4,5 e 12	88
Figura 54: Cruzamento Av. Dom Bosco x Rua Antônio Leão Neto, movimentos 2 e 8	89
Figura 55: Conflito da via principal com movimento 11	89

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	66
Equação 2	67
Equação 3	67
Equação 4	70
Equação 5	71
Equação 6	71
Equação 7	72
Equação 8	73
Equação 9	73
Equação 10	74
Equação 11	74
Equação 12	74
Equação 13	75
Equação 14	75
Equação 15	76
Equação 16	76
Equação 17	76
Equação 18	77
Equação 19	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de rotatórias e suas características.....	32
Quadro 2 - Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma circular	39
Quadro 3 - Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma quadrada	40
Quadro 4 - Formas e dimensões das lentes dos focos semafóricos	40

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Valores mínimos de retrorreflexão em placas	55
Tabela 2 - Volume no Horário de Pico.....	90
Tabela 3 - Volumes e ajustes.....	90
Tabela 4 - Brecha Crítica.....	90
Tabela 5 - Tempo de Segmento.....	91
Tabela 6 - Impedância e Cálculo de capacidade.....	91
Tabela 7 - Dados para cálculo de capacidade.....	91
Tabela 8 - Capacidade de faixa compartilhada.....	92
Tabela 9 - Níveis de serviço	92

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HCM	Highway Capacity Manual
PS	Prefeitura de Silvânia
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento regional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Trânsito
VHP	Volume na hora de pico
VPP	Volume no período de pico
FHP	Fator na hora de pico
PVP	Proporção de veículos pesados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 METODOLOGIA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 HISTÓRICO	16
2.2 CONGESTIONAMENTO	20
3 INTERSEÇÕES.....	21
3.1 INTERSEÇÃO EM NÍVEL.....	21
3.1.1 Classificação quanto ao número de ramos	23
3.1.1.1 Interseção de três ramos ou “T”	23
3.1.1.2 Interseção de ramos múltiplos.....	23
3.1.1.3 Interseção de quatro ramos	24
3.1.2 Classificação em função das soluções adotadas.....	25
3.1.2.1 Mínima.....	25
3.1.2.2 Gota.....	25
3.1.2.3 Canalizada.....	26
3.1.2.4 Rótula vazada.....	26
3.1.2.5 Rotatória.....	27
3.1.2.5.1 <i>Mini-rotatória</i>	27
3.1.2.5.2 <i>Rotatória Urbana Compacta</i>	28
3.1.2.5.3 <i>Rotatória Urbana de Faixa Simples</i>	29
3.1.2.5.4 <i>Rotatória Urbana de Faixa Dupla</i>	30
3.1.2.5.5 <i>Rotatória Rural de Faixa Simples</i>	31
3.1.2.5.6 <i>Rotatória Rural de Faixa Dupla</i>	31
3.1.3 Em função do controle de sinalização.....	33
3.1.3.1 Sem sinalização semafórica	33

3.1.3.2	Com sinalização semafórica	33
3.2	INTERSEÇÃO EM DESNÍVEL	33
3.2.1	Cruzamento em níveis diferentes sem ramos.....	33
3.2.2	Interconexão.....	34
3.2.2.1	Interconexão em “T” ou “Y”	34
3.2.2.2	Diamante	35
3.2.2.3	Trevo completo	35
3.2.2.4	Trevo parcial	36
3.2.2.5	Direcional e Semidirecional	37
3.2.2.6	Giratório	37
4	SISTEMA DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	38
4.1	PADRÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	38
4.1.1	Cores, formas e sinais.....	38
4.1.2	Tipos de sinalização semafórica	41
4.1.2.1	Sinalização semafórica de regulamentação.....	41
4.1.2.2	Sinalização semafórica de advertência	41
4.1.2.3	Critérios gerais para a implementação de sinalização semafórica.....	41
4.1.2.3.1	<i>Locais existentes onde será considerado os pedestres.....</i>	<i>44</i>
4.1.2.3.2	<i>Locais existentes onde será considerado os veículos.....</i>	<i>45</i>
4.1.2.3.3	<i>Locais não existentes onde será considerado o pedestre.....</i>	<i>47</i>
4.1.2.3.4	<i>Locais não existentes onde será considerado os veículos</i>	<i>48</i>
4.1.3	Tipos de movimentos e seus conflitos	49
4.1.3.1	Movimentos	50
4.1.3.1.1	<i>Movimentos de Cruzamento</i>	<i>50</i>
4.1.3.1.2	<i>Movimentos Convergentes</i>	<i>50</i>
4.1.3.1.3	<i>Movimentos Divergentes</i>	<i>51</i>
4.1.3.1.4	<i>Movimentos de Entrecruzamento ou Entrelaçamento</i>	<i>51</i>
4.1.3.1.5	<i>Movimentos Não-Interceptantes</i>	<i>51</i>
4.1.4	Conflitos	52
4.1.4.1	Conflito de Divergência	52
4.1.4.2	Conflito de Convergência	52
4.1.4.3	Conflito de Cruzamento	52
4.1.4.4	Conflito de Conversão	52

5 SINALIZAÇÕES	54
5.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL	54
5.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	56
5.2.1 Formato e Cores	57
5.2.1.1 Tipos de forma	57
5.2.1.1.1 <i>Contínua</i>	57
5.2.1.1.2 <i>Tracejada ou seccionada</i>	57
5.2.1.1.3 <i>Setas, Símbolos e legedendas</i>	57
5.2.1.2 Padrão de cores	57
5.2.1.2.1 <i>Amarelo</i>	57
5.2.1.2.2 <i>Branca</i>	58
5.2.1.2.3 <i>Vermelha</i>	58
5.2.1.2.4 <i>Azul</i>	58
5.2.1.2.5 <i>Preta</i>	58
5.2.1 Classificação.....	58
5.2.2.1 Marcas Longitudinais.....	58
5.2.2.2 Marcas Transversais.....	59
5.2.2.3 Marcas de canalização	59
5.2.2.4 Marcas de Delimitação e Controle de Parada e/ou Estacionamento.....	59
5.2.2.5 Inscrições no Pavimento	59
6 CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO	60
6.1 NÍVEL DE SERVIÇO A – FLUXO LIVRE	60
6.2 NÍVEL DE SERVIÇO B – FLUXO RAZOAVELMENTE LIVRE	60
6.3 NÍVEL DE SERVIÇO C – FLUXO ESTÁVEL	61
6.4 NÍVEL DE SERVIÇO D – FLUXO APROXIMADAMENTE INSTÁVEL.....	62
6.5 NÍVEL DE SERVIÇO E – FLUXO INSTÁVEL	62
6.6 NÍVEL DE SERVIÇO F – FLUXO FORÇADO.....	63
7 METODOLOGIA (HCM)	64
7.1 METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE SEMAFORIZAÇÃO	64
7.2 ROTEIRO DE ESTUDO	64
7.3 VARIÁVEIS DE ESTUDO NO TRÁFEGO.....	65

7.3.1	Fluxo e Prioridade	65
7.3.2	Volume e Geometria.....	66
7.3.3	Tráfego Conflitante	67
7.3.4	Brechas críticas e Intervalos de segmento.....	70
7.3.5	Capacidade Potencial	71
7.3.6	Impedância.....	72
7.3.7	Impedância devido ao pedestre	75
7.3.8	Capacidade de faixas compartilhadas	76
7.3.9	Comprimento de fila	76
7.3.10	Atraso devido ao controle do tráfego.....	77
7.3.11	Determinação do nível de serviço.....	78
8	ESTUDO DE CASO	79
8.1	A CIDADE DE SILVÂNIA - GO	79
8.1.1	Histórico de Crescimento.....	79
8.1.2	Sistema de Transporte	81
8.1.3	Malha Viária	81
8.1.4	Cruzamento Estudado – Avenida Dom Bosco e Rua Antônio Leão Neto.....	81
8.1.5	Avenida Dom Bosco, Silvânia-GO	83
8.1.6	Rua Antônio Leão Neto, Silvânia-GO	84
8.1.1	Critérios.....	85
8.2	ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO TRÁFEGO	86
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
9.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	93

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

Silvânia teve início por volta do ano de 1774, com a descoberta de lavras de ouro na região. Isso atraiu aventureiros de diversas regiões, inclusive da Bahia, os quais trouxeram consigo uma imagem de Nosso Senhor do Bonfim, que deu nome ao arraial que ali surgira. Somente no ano de 1833 O arraial recebeu o título de vila. A vila obteve o foro de cidade em 5 de outubro de 1857 (PS - PREFEITURA DE SILVÂNIA, 2018).

A população de Silvânia estima-se ser de 20.573 habitantes, a cidade possui uma quantidade de 12.120 veículos em sua frota, dentre eles, automóveis de passeio, caminhões, caminhonetes, motocicletas, entre outros (IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018). O automóvel era de alcance financeiro somente para a elite da sociedade humana, com o passar dos anos e um progresso de nível social das pessoas possibilitou a compra desse artigo para a classe média. Com esse aumento na frota de carros nas cidades, as ruas se multiplicaram e ficaram mais largas para acomodar a quantidade de veículos. Em razão desse aumento crescente no número de automóveis, foi criado um código de regras a serem seguidas para organizar o fluxo de carros na via, inúmeras pessoas trafegando pelas ruas e rodovias deixou o trânsito mais perigoso, as viagens ficaram mais rápidas com o passar do tempo e com isso, aumentaram o número de acidentes desse gênero (FRANZ; SEBERINO, 2012).

Alguns fatores negativos devem ser caracterizados pelo crescimento da frota, como aumento de números de acidentes, aumento de congestionamento, gerando ainda uma má qualidade de vida da população. Como precaução destes problemas, os órgãos de trânsito responsáveis buscam soluções, como readequação das vias e sinalizações. A implementação dos semáforos é um meio de intervenção utilizada para auxiliar na minimização dos problemas com os conflitos na via elegida para estudo de viabilidade e sua malha como totalidade, é um instrumento adotado por profissionais especializados na Engenharia de Tráfego, entretanto, como a sua aplicação é muito onerosa, esse tipo de resolução é optada somente em casos que alguns fatores nas constantes da via manifestam índices elevados. Vários motoristas evitavam a rota por essa via pelo motivo de que as interferências no cruzamento causavam muito transtorno, o emprego deste dispositivo provoca uma migração destes motoristas para essa via, devido a facilidade de se deslocar causada pela redução dos conflitos. Contudo, o seu uso tem algumas deficiências pois provoca um aumento de veículos na zona do semáforo, conseqüentemente elevam a poluição sonora e por gases tóxicos. Por

isso, a determinação do uso do semáforo deve ser amplamente analisada, considerando diversas variáveis de influência na decisão como os aspectos de funcionalidade e físicos do local. (COELHO; FREITAS; MOREIRA, 2008).

Conforme o art. 1º, § 1º do Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 1998, p.19):

“Considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga e descarga”.

O intuito do estudo de caso apresentado é realizar uma observação sobre qual é o impacto das interferências no cruzamento das vias, situada nas Av. Dom Bosco e Rua Antônia Leão Neto da cidade de Sivânia-GO.

1.1 JUSTIFICATIVA

Conforme a tecnologia avançou durante as décadas os meios de locomoção também foram afetados, e com isso a velocidade e a mobilidade dos automóveis ficaram superiores, dando agilidade no deslocamento entre os lugares. Outro fato que se transformou foi o aumento gradativo na frota de veículos nos centros urbanos, com isso ocorreu uma superlotação das vias nas cidades dificultando em vários momentos a efetuação de movimentos nos cruzamentos das vias das cidades.

A possibilidade de se adquirir um veículo por meio de formas convenientes de pagamento, a redução de preços de carros populares, a isenção de impostos nas taxas no automóvel e o conforto de utilizar o seu carro próprio na locomoção dentro da cidade, são formas de atrativo na compra de um veículo e conseqüentemente isso aumenta a sua frota municipal.

Conforme o DETRAN-GO o número de acidentes com vítimas no estado de Goiás no ano de 2006 foi de 7990 pessoas, com números alarmante aonde 1605 foram fatais, em locais de alto risco de atropelamentos merecem uma atenção redobrada na hora de planejar uma via, por exemplo em locais nas redondezas de escolas onde tem um alto volume de pedestres e por maioria das vezes são crianças, com isso, elas tem uma maior imprevisibilidade por não respeitar ou conhecer as normas de trânsito. Por isso a sinalização vertical e horizontal nesse tipo de lugar é imprescindível a implantação, a educação sobre o trânsito de ser exercida todos os dias se possível para minimizar os acidentes envolvendo pedestres.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo estudar os conflitos no cruzamento entre a rua Antônia Leão Neto e a Avenida Dom Bosco, situadas na cidade de Silvânia-GO, com o intuito de melhoria no tráfego de veículos nessas vias.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a necessidade de semáforo no cruzamento das vias conflitantes, de acordo com manuais dos órgãos regulamentadores;
- Analisar trechos críticos na via principal;
- Levantar dados relativos aos horários de pico no cruzamento em estudo;
- Apresentar os conflitos referentes à mobilidade urbana e aos riscos advindos dos movimentos possíveis do cruzamento.

1.3 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo de caso foi utilizado como referência bibliográfica o Código de trânsito Brasileiro, auxiliado com as normas existentes do DENATRAN, e dados fornecidos pela prefeitura e órgão público regente de regulação de trânsito de Silvânia e principalmente embasamento teórico referente ao manual americano Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000) para a avaliação de melhor intervenção no local de estudo. Para que seja efetuada essa pesquisa e análise de interferências no cruzamento de objeto de estudo, foi feito levantamento de dados no local tal como contagem volumétrica de veículos na via em horários de pico, onde tem as maiores ocorrências de acidentes e congestionamento do trânsito. Com isso foi necessário buscar formas de proporcionar melhorias no fluxo de automóveis na interseção que foi realizado o estudo.

Visando minimizar os acidentes e conseqüentemente aumentar a segurança nos arredores do cruzamento, é de extrema importância ter maior foco nas sinalizações verticais e horizontais no local para alertar os motoristas e os pedestres, com o aumento de interação de

ambos os lados poderá reduzir eventos desnecessários onde pode colocar em risco a vida de pessoas próximas do local estudado.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do primeiro capítulo que faz a introdução do assunto abordado neste estudo de caso de maneira geral, tal como os objetivos gerais e específicos deste trabalho e a motivação que levou para a sua elaboração, este trabalho terá em sua totalidade a quantidade de 8 capítulos.

Capítulo 2 é abordado o assunto a respeito do histórico do trânsito, artigos entorno de sua legislação e descrevendo quais elementos o compõem.

Capítulo 3 é realizada a apresentação da definição e tipo de interseções existentes, e soluções adotadas para os problemas de trânsito.

Capítulo 4 é abordado as categorias de implantação semaforica e seus critérios de implantação.

Capítulo 5 é apresentada e classificada as sinalizações verticais e horizontais.

Capítulo 6 é ratificado os níveis de serviço que podem ocorrer nas vias.

Capítulo 7 é realizado a metodologia Highway Capacity Manual (HCM) 2000, detalhando cada etapa de sua estrutura.

Capítulo 8 é efetuado o estudo de caso sobre o HCM (2000).

Capítulo 9 é exposto o resultado do estudo de caso ressaltando sugestões futura para o cruzamento alisado.

REFERÊNCIAS

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Como é dito no artigo 1º O trânsito de qualquer natureza nas vias terrestres do território nacional, abertas à circulação, rege-se por este Código. E o parágrafo § 1º do Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 1998, p.19), o trânsito é a utilização de uma via de modo geral, seja ela pelo uso de pessoas que caminham pelo local ou os carros que trafegam pela rodovia, sejam eles eventos isolados ou não, com ação de parada, estacionamento, carga e descarga.

Nas duas afirmativas acima acerca do código de trânsito brasileiro, as assertivas têm teor legislativo onde são necessárias para regulamentar certo domínio público, e o âmbito apresentado em questão são as vias públicas, para tal o Estado tem por obrigação a necessidade de instaurar regras a serem seguidas para a organização do fluxo de pessoas e veículos.

Segundo Eduardo Alcântara Vasconcellos tem a concepção de que o trânsito é:

“[...] uma disputa pelo espaço físico, que reflete uma disputa pelo tempo e pelo acesso aos equipamentos urbanos, - é uma negociação permanente do espaço, coletiva e conflituosa. E essa negociação, dadas as características de nossa sociedade, não se dá entre pessoas iguais: a disputa pelo espaço tem uma base ideológica e política; depende de como as pessoas se vêem na sociedade e de seu acesso real ao poder.”

2.1 HISTÓRICO

A real origem do trânsito perdeu-se ao longo das eras, visto que na visão de vários artigos normativos brasileiros e de outros países, tem como definição de trânsito toda aquela atividade que envolva o deslocamento do ser humano de um determinado ponto a outro, seja ele por meio de veículos ou não. Perante o desenvolvimento das civilizações antepassadas tornou-se necessário a elaboração de normas regulamentadoras para haver ordem nas vias. O meio de se deslocar mais antigo do homem é o próprio ato de caminhar, as pessoas andavam por longas distâncias transportando seus pertences sobre ombros e cabeça ou arrastando-os, por vários milênios esse era seu método de transitar até o devido momento que descobriram que era possível domesticar animais para serem utilizados para ser sua força matriz para o transporte de bens materiais (BERWIG, 2013).

Baseando-se em documentos antigos podemos constatar que, com o surgimento de estradas e veículos, conseqüentemente ocorreu o aparecimento do trânsito e seus conflitos. Pode-se destacar que na Grécia antiga ocorreram congestionamentos com altos volumes. As

ruas de Atenas tinham uma largura insuficiente para a quantidade de veículos, entretanto, alargá-las não seria uma solução viável, pois a tendência do trânsito no local era crescer na mesma velocidade (MARCONI; PRESOTTO, 1986).

O império Romano teve certa preocupação em solucionar os seus problemas com tráfego de veículos, nesse período da história surgiram as primeiras sinalizações, marcos quilométricos, indicadores de sentido e regulamentação de trânsito no local, que serviam para instruir as pessoas a como se portar no tráfego da época. Com isso, desde a antiguidade havia a necessidade de regulamentar o trânsito e temos indicadores de que usaram a lei para regular os transeuntes e o uso das vias, até mesmo restringir movimento e estacionamento de veículos em certos períodos do dia (FARIA, 2011).

Para as pessoas que convivem com o trânsito atual e suas dificuldades diárias, pode parecer improvável que esses problemas pudessem afetar o Império Romano já que as cidades existiram em um tempo que as populações não chegaram a números tão altos como os de hoje. Porém as primeiras restrições criadas que se tem registro foram estabelecidas por Júlio César, que proibiam o tráfego de veículos no centro de Roma em alguns intervalos do dia, haviam regulamentações em torno de sentidos do trânsito na via adotando “mão única” em certas ruas e estacionamentos construídos de forma que poderiam parar as carroças fora das vias para não interferirem no tráfego (VASCONCELLOS, 1991).

Na Idade Média, se tornou quase inexistente o sistema viário dado que a maior parte da economia se dava pela agricultura nos feudos. Com isso, no período feudal haviam poucos mercadores já que cada feudo tinha sua subsistência local, provocando um abandono das estradas levando a se tornarem simples trilhas de difícil deslocamento. Os pouco mercadores existentes transportavam suas mercadorias em equinos de pequeno porte e os lordes se deslocavam em cavalos (BERWIG, 2013).

Figura 1 - Exemplo de um veículo usado na era medieval



FONTE: LIBRARY, 2014.

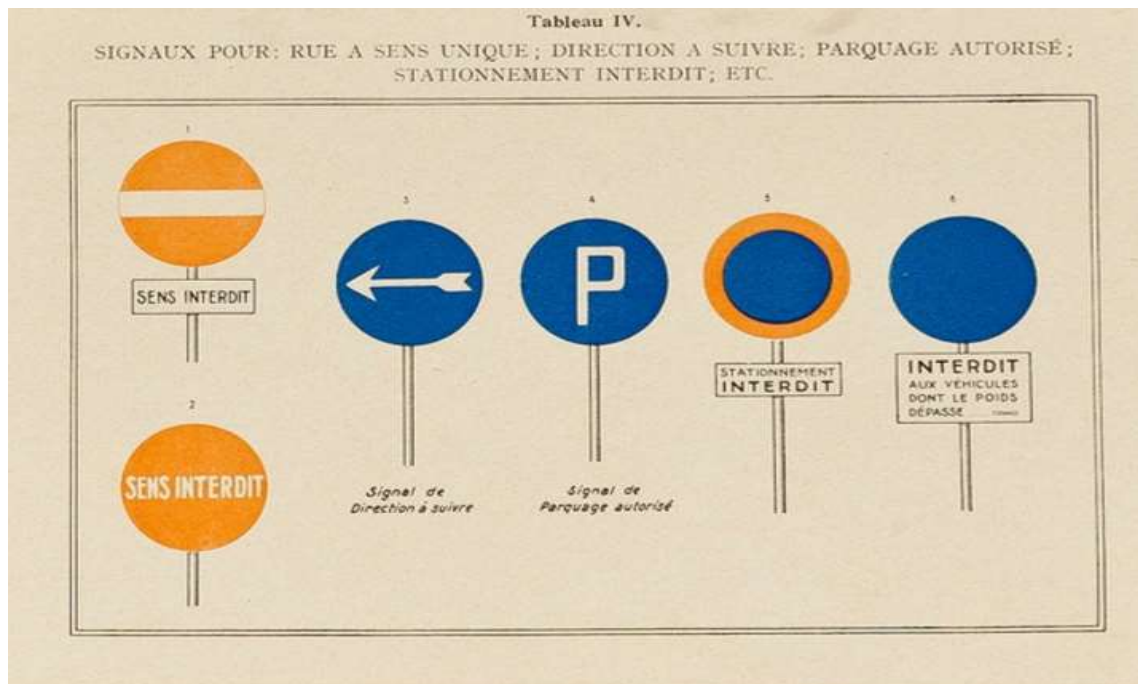
Em meados do século XIX, com invenção do automóvel automotor e o exponente aumento de tráfego de pessoas e carros nas cidades, surgiram problemas modernos que nos atingem até os dias atuais, conseqüentemente, cria-se normas legislativas a respeito. No ano de 1870 foram registradas em Londres uma quantidade aproximada de 460.000 carruagens, por ter números tão altos de veículos também aconteceram muitos acidentes, registrando cerca de 3200 pessoas feridas e 237 mortos. Em 1868 foi implantado o primeiro semáforo na cidade de Londres, mas com a quantidade exorbitante de carruagens tornou-se insuficiente para minimizar os acidentes decorrentes do alto volume de tráfego (VASCONCELLOS, 2010).

No ano de 1926, foram realizadas duas convenções internacionais ao decorrer da Conferência sediada na França em sua capital nacional, no intervalo dos dias 20 a 24 do mês de abril no ano de 1926. Os Tratados de Paris (identificados como Convenção Internacional relativa à Circulação Viária e Convenção Internacional Relativa à Circulação de Veículos Automotores) tinham como conteúdo normas gerais de trânsito, que visavam regulamentar alguns aspectos na circulação dos automóveis como um certificado internacional e implantar nas vias o uso de sinalizações de trânsito. Foi aprovado no Brasil essas normas pelo Decreto n. 19.039, no dia 17 de dezembro de 1929 (HONORATO, 2011).

A Organização para as Comunicações e o Trânsito foi uma organização técnica da Liga das Nações, responsável pela promoção de cooperação internacional em áreas como o tráfego rodoviário internacional, o transporte ferroviário e a navegação de cabotagem, navegação por portos e marítima, unificação dos sinais de trânsito e de sinais marítimos, simplificação de passaportes e de procedimentos para visto e transmissão de energia elétrica para além de fronteiras nacionais. A organização estabeleceu vários comitês permanentes e temporários para áreas de política específica, incluindo o Comitê Permanente sobre Tráfego Rodoviário. A Organização para as Comunicações e o Trânsito realizou as conferências principais em Barcelona, em 1921. A organização também assumiu a liderança no trabalho com estados membros da Liga, para esboçar a Convenção para a Unificação de Sinais Rodoviários, de 1931. Na imagem abaixo, é apresentado um sistema de sinais de trânsito internacionais e de sinais gestuais, que foi sugerido pelo Comitê Permanente sobre o Tráfego Rodoviário (LEAGUE OF NATIONS, 1946).

Este registro é pertencente aos dados da Liga das Nações, que foram transferidos para as Nações Unidas em 1946, e estão armazenados no gabinete da ONU, em Genebra. Eles foram anexados ao registro da Memória do Mundo da UNESCO em 2010.

Figura 2 - Sinais de trânsito formulados na conferência de 1921 em Barcelona



FONTE: League of Nations, 1921

Segundo Eduardo Alcântara Vasconcellos (2010), no século XX, o automóvel se tornou um dos mais populares na época dado que era uma novidade para a década, com a propagação da inovação na América do Norte e posteriormente na Latina, havendo uma crescente motorização do trânsito substituindo as carruagens para veículos movidos por vapor. O trânsito passa a ser um problema urbano enquanto as cidades crescem e aumentam o número de pessoas transitando pelas ruas. A poluição sonora, congestionamentos, acidentes e poluição ambiental são um conjunto de fatores que passam uma imagem negativa, de pleno caos e adversidades que prejudicam a vivência nas grandes cidades existentes (BERWIG, 2013).

O comportamento dos motoristas no trânsito passou a ser uma competição pelo espaço, tornando um local perigoso para os pedestres que transitam pela rua. Provavelmente todas as pessoas já tiveram contato com alguém próximo que se envolveu em um acidente de trânsito e acabaram feridos ou mortos, passamos por dificuldades todos os dias com o simples ato de atravessar de um lado da via para outro sendo pedestres e ciclistas, para chegar em determinado lugar como o trabalho ou à faculdade. Há também, diversas pessoas que moram em avenidas com o volume de tráfego muito alto, e por isso acaba por ser impossível que crianças saiam desacompanhadas de suas casas, mostrando como é perigoso caminhar por esses locais (MACHADO, 1996).

A evolução do trânsito começa no Brasil após a revolução industrial, já que ela foi responsável por proporcionar à vários países incluindo o Brasil mudanças significativas em vários aspectos do país. Um dos principais pontos que favoreceram para o crescimento da frota de automóveis foi a automação do sistema de fabricação de carros e produtos diversos. Após a revolução industrial começou a ficar mais acessível os veículos da época, passando a ser necessário criar-se leis e readequar as já existentes.

2.2 CONGESTIONAMENTO

Congestionamento ou engarrafamento, se refere a uma condição em que qualquer tipo de veículo terrestre trafegam em baixas velocidades, com paradas frequentes ou totalmente parados em filas em ruas, estradas, rodovias ou avenidas, geralmente isso ocorre em horários de pico, onde o volume de veículos para o espaço se torna pequeno, ou quando há acidentes na pista, causando perda desnecessária de combustível e principalmente de tempo (DENATRAN, 2016).

O engarrafamento pode ocorrer em vias que contém ou não o semáforo na via, em alguns casos a demanda por fluxo na pista é tão alta que pode-se formar longas filas, e com isso os carros no final da fila devem aguardar por mais um intervalo de tempo até a segunda abertura do semáforo para executarem o movimento desejado pelo condutor. Isso pode acontecer mesmo com a oferta viária aumentada, a demanda alguns casos pode ser maior que a capacidade da via e portanto acabará formando um congestionamento ao longo da via (SANTOS, GUSMÃO, & COELHO, 2019).

Figura 3 - Exemplo de congestionamento



FONTE: G1, 2014.

3 INTERSEÇÕES

Interseções são áreas onde ocorrem o cruzamento ou entroncamento de duas ou mais vias. As soluções adotadas para as interseções tem grande importância no projeto de uma estrada porque podem interferir na segurança, capacidade de tráfego, velocidade de operação, além de serem obras de custos significativos em relação ao custo total da estrada.

Segundo João Fortini Albano (2007), o crescimento acelerado da utilização de veículos automotores nas vias em geral, proporcionam o surgimento de conflitos onde as ruas se cruzam ou se unem, com isso deve-se aprimorar os locais de interferência para que facilite os movimentos que os motoristas desejam, visando a demanda por espaço conforme o crescente número de automóveis nas cidades possibilitando que o tráfego flua de forma mais uniforme possível.

São utilizados vários critérios, todos válidos em vista do aspecto que procuram destacar. É preciso, no entanto, observar que às vezes uma interseção participa das características de mais de um dos tipos fundamentais que serão apresentados, especialmente quando os problemas de circulação são complexos.

Em soma existem dois grandes grupos que dividem os tipos de interseções, baseados em função de seus níveis onde são realizados seus movimentos em cruzamentos, esses grupos são: Interseções em nível e Interseções em desnível. As interseções em nível são aquelas que seus pontos onde as vias se cruzam tem cotas iguais em um ponto em comum, e Interseções em desnível são aquelas onde as vias se cruzam em cotas diferentes. Podem ser ramificadas em três subgrupos onde mais características físicas as diferem (DNIT, 2005).

3.1 INTERSEÇÃO EM NÍVEL

São definidas como interseções em nível aquelas onde seus movimentos são executados em um mesmo plano, sem a necessidade de implementação de obras de grande porte como viadutos para fazer a organização dos conflitos ocorridos. Por isso, passa a ser necessário a utilização de dispositivos que exercem a função de organizar o tráfego de automóveis no local, minimizando os conflitos e futuros acidentes que possam ocorrer no local de interferência (DNIT, 2005).

No projeto de uma interseção, vários fatores devem ser levados em consideração para determinar qual a melhor solução para o local que está sendo projetado, os maiores fatores de

determinação de qual será o tipo de intervenção é o volume horário de veículos de projeto nas várias faixas de fluxo no tráfego e os tipos de veículos que transitam por essas vias.

Outros fatores que devem ser levados em conta na hora de desenvolver uma solução plausível e o detalhamento correto de como será executado o projeto, será objetos de estudo como o nível do terreno, a visibilidade dos motoristas nas curvas, o espaço geográfico onde será locada a interseção, o ângulo dos movimentos que serão efetuados. Se levado em consideração várias perspectivas do projeto, faz-se possível a minimização no conflitos que prejudicam o fluxo de veículos na zona da interseção (ALBANO, 2007).

Em um dado projeto em que o tráfego pode fazer uma conversão para a esquerda, é recomendado que separe a faixa com os carros que irão fazer esse movimento. Nesses casos onde a faixa é acrescentada a porcentagem de acidentes no local são reduzidos de 20% até 65%, sendo recomendado sempre que o volume de veículos que transitam pela via seja um número elevado que justifique a adição de mais uma faixa de rolamento (DNIT, 2005).

Segundo o DNIT (2005), para que o tráfego seja devidamente beneficiado quanto ao seu fluxo de carros, deve haver o mínimo possível de interseções na via, com isso, haverá um número reduzido de conflitos ao longo do trajeto da via. Onde há cruzamentos muitos próximos em uma via de dois sentidos, dificilmente será suficiente a coordenação do trânsito com o uso de dispositivo semaforico. É também necessário avaliar as interferências das vias secundárias que cruzam com as vias principais, pois seus conflitos gerados são de extrema importância para o estudo de implementação.

Quando projetado um sistema de semaforização para um determinado local, deve-se levar em consideração a composição do tráfego. Esse aspecto é um dos quais determinam qual será o tipo de intervenção que deverá ser executada na zona de interseção, quando há um grande volume de veículos grandes em um determinado local, as áreas que são exigidas para serem projetadas são maiores, necessitando de pistas mais largas e greides menos acentuadas.

As interseções em nível são divididas em mais três subgrupos que são classificados quanto ao números de ramos que se encontram, em função da solução adotada e se na interseção há controle de sinalização. Não deve haver mais de quatro ramos em uma interseção preferencialmente, e interseções muito próximas onde cruzam uma rodovia arterial deve-se convergir em uma única interseção para a travessia na via principal (DNIT, 2005).

3.1.1 Classificação quanto ao número de ramos

3.1.1.1 Interseção de três ramos ou “T”

As interseções de três ramos são determinadas conforme a quantidade de ramos que se cruzam, nesse caso em questão são aqueles onde a quantidade de vias que se interceptam chegam ao número de de três vias. O fatores determinante que difere cada uma delas é o grau que possui as conversões no cruzamento, a interseção em “T” é o encontro de duas vias em que o seu ângulo possui um valor situado entre 70° a 110° em sua conversão (DNIT, 2005).

Figura 4 - Interseção de três ramos

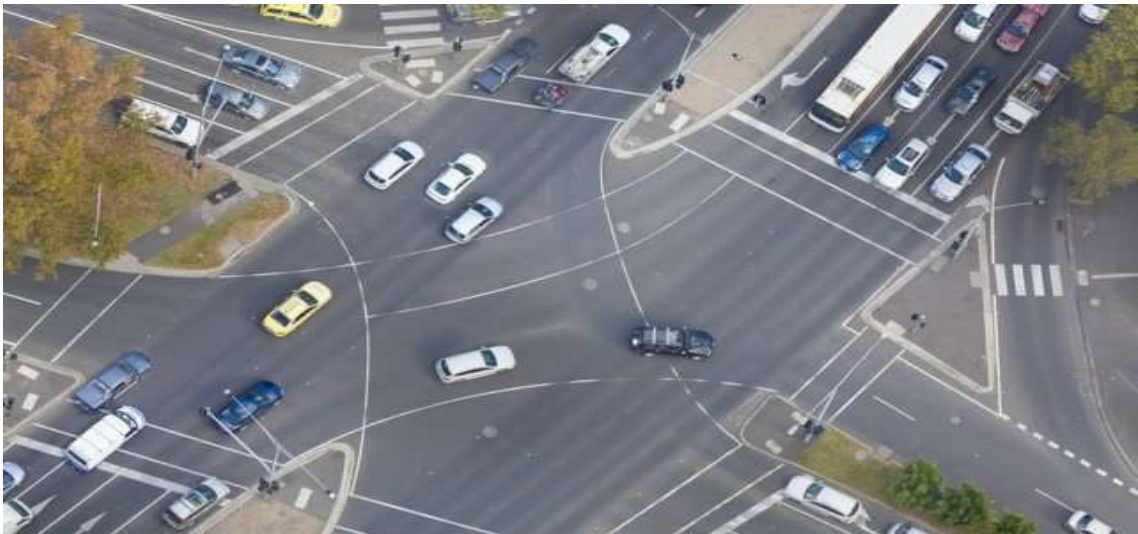


FONTE: Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito - SMTT, 2018.

3.1.1.2 Interseção de ramos múltiplos

São interseções com cinco ou mais ramos que se encontram em um determinado ponto. Esse tipo de interseção deve ser evitado pois causa muitos conflitos no cruzamento. Em lugares com pouco volume o cruzamento pode ser controlado por sinalizações de parada obrigatória. Em locais de volume elevado a melhor solução seria remover pontos de conflitos situados no cruzamento, fazendo assim fluxo de veículos na zona ser mais contínuo e controlado (DNIT, 2005).

Figura 5 - Interseção de ramos múltiplos



FONTE: ABRAHAM, 2019.

3.1.1.3 Interseção de quatro ramos

Essa classe de interseção tem como característica ter um total de quatro ramos, onde duas vias se cruzam, mais conhecida como cruzamento. Dentre a sua classificação existem três tipos diferentes dessa mesma interseção, sendo nomeadas como: cruzamento do tipo reta, oblíquo e defasada. O ângulo onde as vias se encontram tem o valor entre 70° e 110° (DNIT, 2005).

Figura 6 - Cruzamento de quatro ramos



FONTE: CHUTTERSNAPE, 2018.

3.1.2 Classificação em função das soluções adotadas

3.1.2.1 Mínima

É uma solução sem nenhum controle de via especial, é aplicado normalmente em vias onde o volume horário total a que se refere aos movimentos de conversão na via principal em número de veículos de passeio não ultrapasse o valor de 300 carros, e nas vias secundárias o número de carros que irão fazer alguma conversão não ultrapasse o valor de 50 carros de passeio (DNIT, 2005).

3.1.2.2 Gota

É utilizada uma ilha em formato de “gota”, colocada na via secundária para instruir aos motoristas dessa via à como executarem o movimento de conversão a esquerda (DNIT, 2005).

Figura 7 - Interseção do tipo "gota"



FONTE: DNIT, 2005

3.1.2.3 Canalizada

É uma solução onde as faixas são bem definidas para o sentido dos motoristas, com isso, a sinalização horizontal serve como redutor dos conflitos encontrados no sentido da via (DNIT, 2005).

Figura 8 - Interseção Canalizada



FONTE: DNIT, 2005.

3.1.2.4 Rótula vazada

Solução adota para que o fluxo do tráfego não diminua de velocidade na via principal, onde o fluxo da via primária continua consolidado como inicialmente, onde, os carros se movimentam através de uma ilha central que é cortada ao meio, mas as vias secundárias e outros movimentos que irão ser executados, deverão se movimentar no entorno da ilha em sentido anti-horário para realizar o movimento (DNIT, 2005).

Figura 9 - Rótula vazada



FONTE: Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais, 2018.

3.1.2.5 Rotatória

Segundo a Federal Highway Administration (FHWA), as rotatórias são uma forma de controle de interseção de uso comum em todo o mundo. Até recentemente, muitos profissionais e agências de transporte nos Estados Unidos hesitam em recomendar e instalar rotatórias, no entanto, devido à falta de diretrizes objetivas em todo o país sobre planejamento, desempenho, e design de rotatórias. Antes do desenvolvimento deste guia (Roundabouts: An informational guide, 2000), os profissionais de transporte que estavam interessados em rotatórias tiveram que confiar em guias de design de rotatórias estrangeiras, consultores experientes com a utilização de rotatórias, ou em alguns estados, guias de projeto de rotatórias em todos os estados da América do Norte. Para facilitar uma operação segura e ideal e projetos que sejam consistentes em nível nacional e conseqüentemente proporcionar maior segurança e melhor experiência dirigindo para os motoristas que irão utilizar a via, a FHWA desenvolveu este guia informativo sobre rotatórias.

Rotatória é descrita como uma interseção em círculo, onde sua execução pode variar de uma forma mais simples a mais robusta, sendo que em seu centro pode existir vários tipos de estética como fontes, jardins, estátuas e esculturas em seu meio. O propósito dessa rotatória é reduzir velocidades e reduzir conflitos entre os veículos, organizando um melhor tráfego para os mesmos (DIAS, 2013).

Ao inserir uma rotatória em uma via reflete em pontos positivos e negativos:

Pontos positivos: possibilidade de conversão para qualquer lado; e em cruzamentos com semáforos não se pode virar para um dos lados, a menos que os sinais sejam em 3 tempos, o que aumenta muito o tempo de espera. (Luiz Antônio Nogueira; 2019).

Pontos negativos: podem acarretar um desconforto para passageiros de transportes públicos e particulares, causa dificuldade para transição de pedestres (DIAS, 2013).

As rotatórias têm diferentes características dentre elas o seu tamanho e onde elas estão localizadas se é em um local de zona rural ou urbana, esses aspectos determinam questões de design e desempenho. Conforme as suas características há seis categorias (ROBINSON et al., 2000):

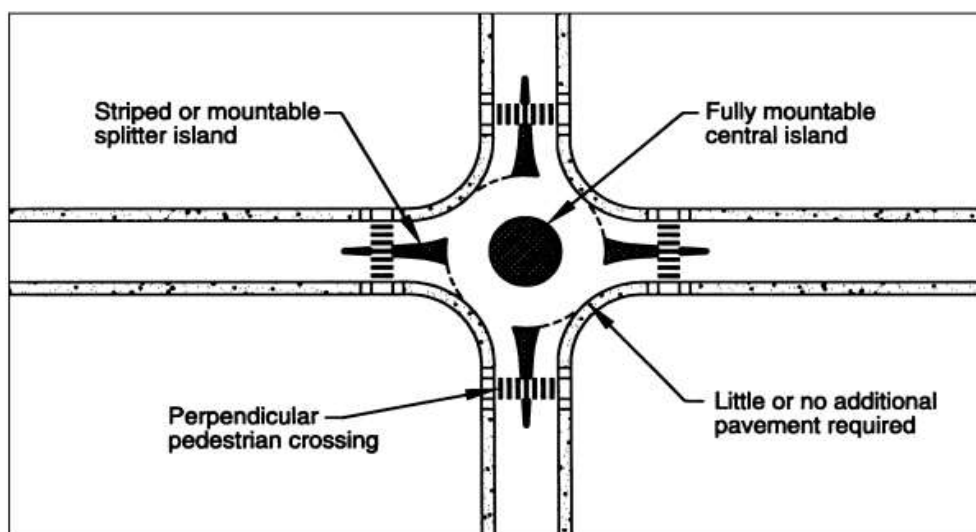
3.1.2.5.1 *Mini-rotatória*

São usadas em áreas urbanas onde a velocidade média é baixa, alcançando valores próximos a 60 km/h nas vias e alcançando valores médios próximos de 25 km/h para a

velocidade de entrada em sua rotatória caracterizando mais uma vez que ela tem velocidade reduzida, e a geometria das ilhas centrais é incoerente com o formato da via, onde as calçadas são normalmente retangulares. Em casos onde podem ser feitas modificações, comparada a outras rotatórias é menos oneroso as mudanças feitas nesse tipo de rotatória, pois o que é utilizado geralmente é uma quantidade baixa de massa asfáltica, e modificações mínimas nas calçadas ao lado. A utilização dessa categoria dá-se quando o direito de passagem se torna insuficiente para manter o fluxo do trânsito no local.

Para que suas características iniciais sejam preservadas essas seriam de baixa velocidade e capacidade reduzida, as faixas são locadas de forma que fique paralelas e rentes ao local onde veículos mais largos transitam. No entanto, o canteiro central é muitas das vezes feito de matérias que tem a altura máxima de 20 centímetros, com isso automóveis de grande porte como caminhões e ônibus podem passar por cima desses objetos. A geometria delas é baseada e métodos vindos da Alemanha, e tendo algumas influências providas do Reino unido (ROUNDABOUTS, 2000).

Figura 10 - Mini-rotatória



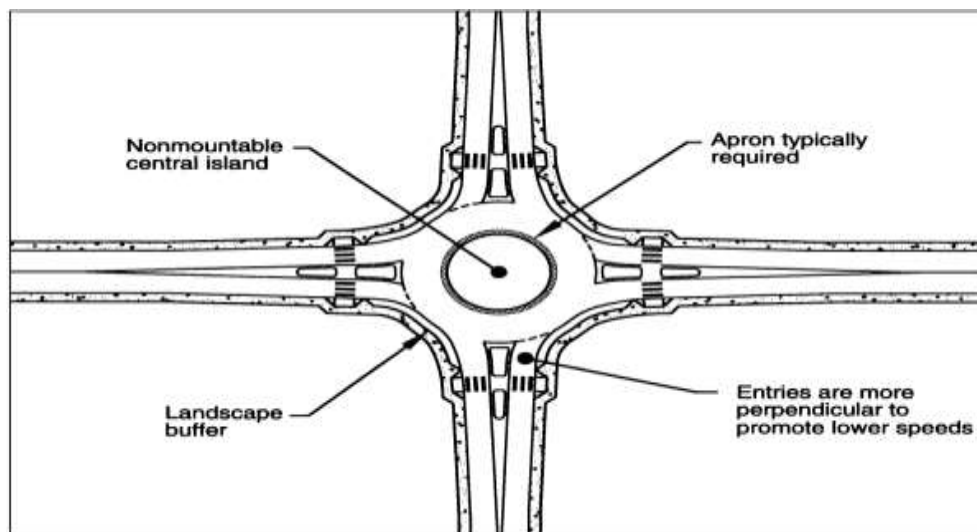
FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000.

3.1.2.5.2 Rotatória Urbana Compacta

A rotatória urbana compacta tem o mesmo objetivo que a mini-rotatória, e a finalidade seria favorecer o acesso aos pedestres e ciclistas pois a velocidade de entrada nessa categoria de rotatória também é baixa tendo como velocidade recomendada de entrada com o valor de 25 km/h e com a faixa de pedestres perpendicular à via tem como objetivo proporcionar maior

segurança e facilidade para fazer a mudança entre as calçadas separadas pela via e uso eficiente da interseção. O formato geométrico das ilhas permite que os pedestres fiquem nelas de forma segura dado que elas possuem linhas divisórias, além disso, dispõem de uma faixa no entorno da ilha que tem função de orientar veículos maiores. Essa geometria usada nas rotatórias é semelhante a utilizadas em países como a Alemanha e outros países do Norte da Europa (ROUNDABOUTS,2000).

Figura 11 - Rotatória urbana compacta

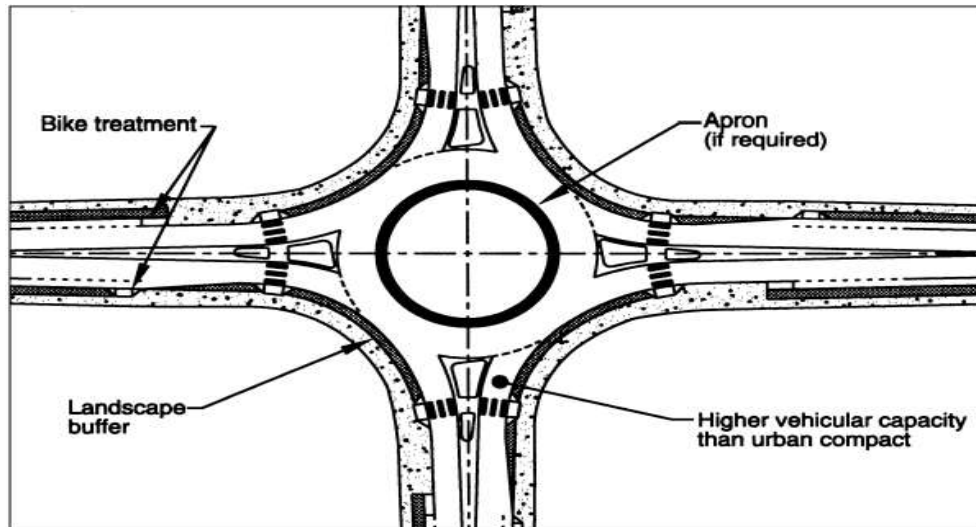


FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000.

3.1.2.5.3 Rotatória Urbana de Faixa Simples

É identificada por possuir apenas uma faixa em sua via circular e não obstante essa categoria tem ligada a ela somente vias simples de faixa única. Se distingue da urbana compacta por ter o seu canteiro central mais largo e o ângulo tangencial em suas saídas e entradas são maiores comparadas a ela, resultando em uma maior capacidade nesse tipo de rótula. Com o diâmetro interno maior, tem como objetivo a redução da velocidade dos veículos e trás maior segurança e melhoria aos ciclistas e pedestres que andam pelo local. O designer utilizado é semelhante ao empregado na Austrália, França e o Reino Unido (ROUNDABOUTS, 2000).

Figura 12 - Rotatória urbana de faixa simples

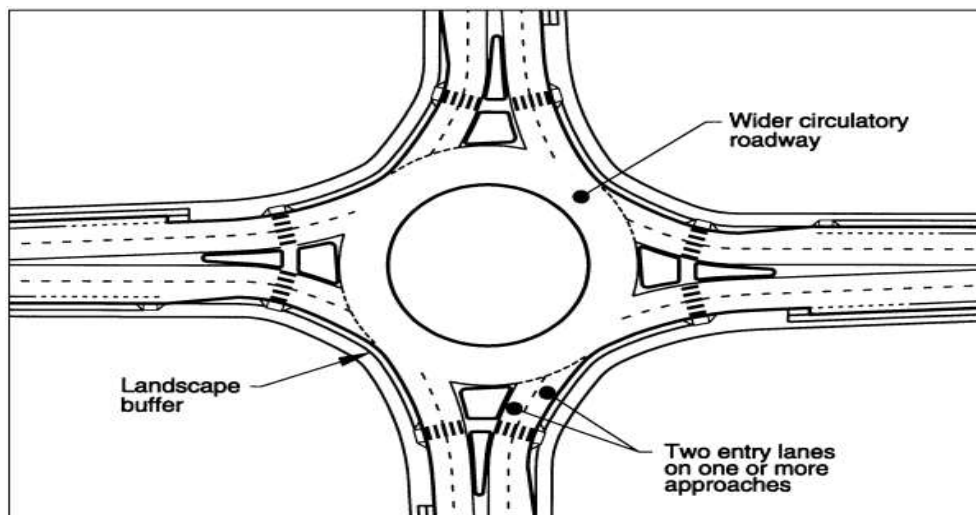


FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000.

3.1.2.5.4 Rotatória Urbana de Faixa Dupla

Tem como diferença da rotatória de faixa simples, possuem no mínimo uma entrada com faixa dupla. Essa categoria necessita de um espaço mais amplo para facilitar o movimento de veículos um do lado do outro. Deve-se ficar atento quando entrar e sair da rotatória, mantendo uma velocidade constante baixa, para não ocorrer desconforto ao usuário ou até mesmo um acidente. Importante ressaltar, que se houver um número alto de movimentos de pedestres e ciclistas, o desenho da rotatória deve ser construído de forma especial. O designer é baseado ao que é utilizado no Reino Unido, com influências trazidas da Austrália e França (ROUNDABOUTS, 2000).

Figura 13 - Rotatória urbana com faixa dupla

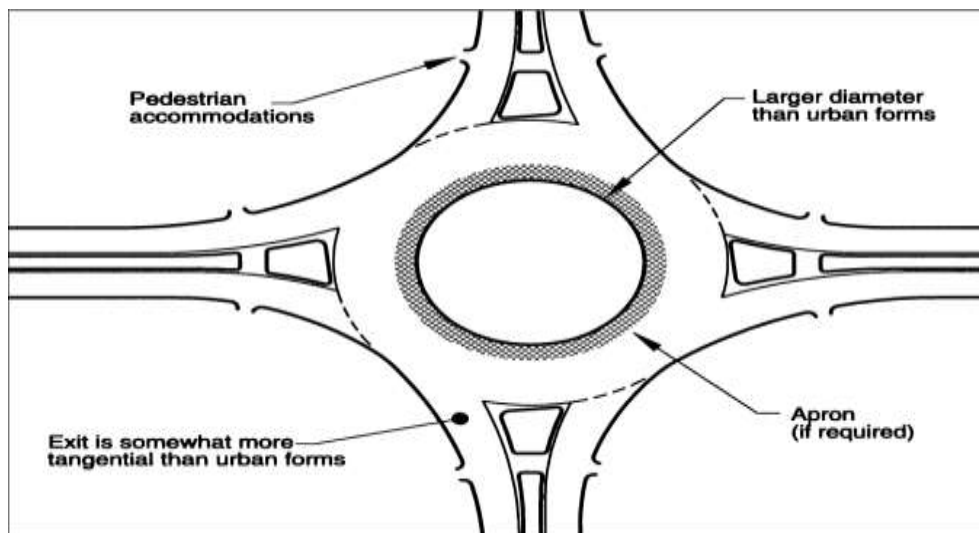


FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000.

3.1.2.5.5 Rotatória Rural de Faixa Simples

A categoria dessa rotatória tem altas velocidades na aproximação desta, alcançando velocidades entre 80 e 100 km/h, isso quer dizer que o motorista deve ter sinalizações suficientes para que ele reduza a velocidade do seu automóvel até o valor recomendado. As rotatórias rurais podem ter um diâmetro superior ao das urbanas, e se constatado que o fluxo de pessoas no local for baixo, podendo permitir que as velocidades de entrada, movimento na via circular e de saída seja maior que o valores recomendados iniciais. A referência utilizada para esse designer é vinda principalmente de métodos usados na Austrália (ROUNDABOUTS, 2000).

Figura 14 - Rotatória rural de faixa simples

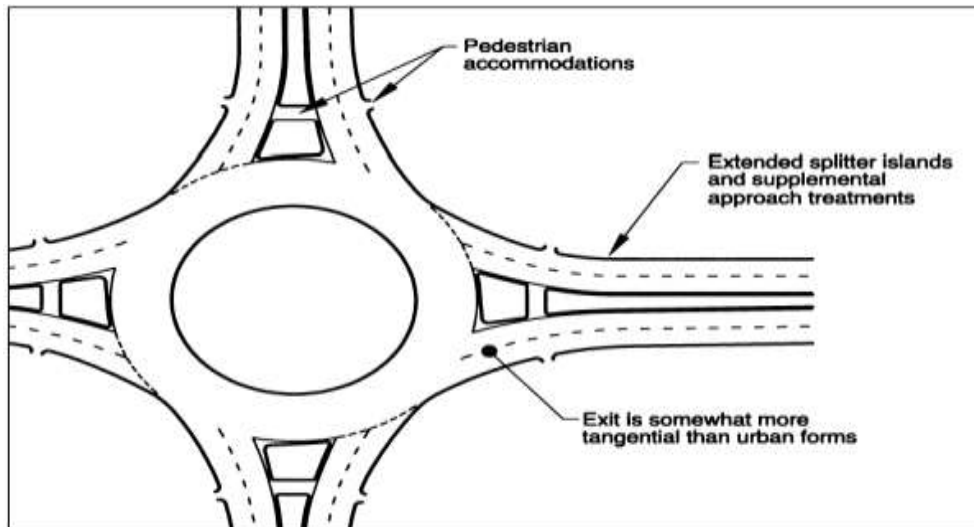


FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000.

3.1.2.5.6 Rotatória Rural de Faixa Dupla

É semelhante com a rotatória rural de faixa simples em relação as velocidades. Elas se destacam por ter duas faixas de circulação e uma ou mais faixas de entrada. Basicamente as características das rotatórias rurais são as mesmas das rotatórias urbanas, porém a principal diferença se reflete na velocidade, largura e diâmetro. Entretanto, se uma rotatória rural vier a se transformar em uma rotatória urbana, ela deve receber alterações em que se refere a uma rotatória urbana, obedecendo os parâmetros adotados anteriormente, como a redução das velocidades de entrada e adequações quanto a conforto para as pessoas que transitam pelo local a pé ou em suas bicicletas (ROUNDABOUTS, 2000).

Figura 15 - Rotatória rural de faixa dupla



FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000.

Quadro 1 - Tipos de rotatórias e suas características

Tipos de Rotatória	Elementos			
	Velocidade máxima de entrada recomendada	Número máximo de faixas de entrada por acesso	Alargamento padrão do diâmetro do círculo	Tratamento da ilha divisória
Mini Rotatória	25	1	13 para 25 metros	Elevada se possível, diminua-se a faixa de pedestres se for elevada
Urbana compacta	25	1	25 para 30 metros	Elevada com a faixa de pedestres menor
Urbana Faixa-Simples	35	1	30 para 40 metros	Elevada com a faixa de pedestres menor
Urbana Faixa-Dupla	40	2	45 para 55 metros	Elevada com a faixa de pedestres menor
Rural Faixa-Simples	40	1	35 para 40 metros	Elevada e alargada com a faixa de pedestres menor
Rural Faixa-Dupla	50	2	55 para 60 metros	Elevada e alargada com a faixa de pedestres menor

FONTE: ROUNDABOUTS: An Informational Guide, 2000. (Adaptado)

3.1.3 Em função do controle de sinalização

3.1.3.1 Sem sinalização semafórica

É onde o controle de circulação nas vias se dá pela sinalização vertical e horizontal, geralmente em zonas rurais em que não se encontra com facilidade a implantação de dispositivos eletrônicos e, além disso, não há necessidade de uma regularização tão severa porque o volume de automóveis nessa zona é muito baixo comparado a centros urbanos de médias e grandes cidades (ALBANO, 2007).

3.1.3.2 Com sinalização semafórica

Caracteriza-se pela necessidade de implementação de dispositivos eletrônicos para a ordenação do trânsito no local, em que as sinalizações verticais e horizontais se tornam insuficientes para disciplinar os motoristas que trafegam pelo local, geralmente utilizado em zonas urbanas onde o volume de veículos é alto (ALBANO, 2007).

3.2 INTERSEÇÃO EM DESNÍVEL (NÍVEIS DIFERENTES)

As interseções em níveis diferentes são aquelas onde as vias se cruzam em greides diferentes, isto é, quando a via principal passa sob ou sobre uma via secundária. As vias secundárias podem ou não ter interferência no fluxo do tráfego da via principal, como em casos de cruzamentos em níveis diferentes sem ramos, que consiste em um cruzamento de duas vias sem interferências entre as duas pelo fato da via principal passar sob ou sobre a via secundária, não havendo o cruzamento direto entre os veículos se ausentando de conflitos no local (ALBANO, 2007).

Podem ser classificadas em dois grupos distintos, onde são definidos como Cruzamento em níveis diferentes sem ramos e Interconexão.

3.2.1 Cruzamento em níveis diferentes sem ramos

Tipo de cruzamento que não há ramificação, pois não possui a interferência de tráfego de um lado para outro na rodovia. As vias que se cruzam em desnível sem ramos são as que tem separação por greide. Esses cruzamentos são denominados por

Passagem Inferior, onde a via principal passa sob a via secundária e Passagem Superior, onde a via principal passa por cima da via secundária.

Para a implantação desse tipo de solução de conflitos no cruzamento como todos os outros tipos de solução deve-se constatar a viabilidade do projeto, se realmente há necessidade de fazer uma interseção como essa no local, ou se essa interseção pode ser omitida e executar outro método de intervenção para o cruzamento. Para se viabilizado, deve ser atendido alguns critérios anteriormente. Os critérios geralmente mais relevantes para essa metodologia seria o volume de tráfego de conversão na interseção, níveis de serviço, custo da obra e topografia do local (DNIT, 2005).

3.2.2 Interconexão

Interseção em níveis diferentes que tem ramos que levam os usuários de uma via pra outra. Possui sete tipos:

3.2.2.1 Interconexão em “T” ou “Y”

Quando em um cruzamento de duas rodovias, uma delas (estrada secundária) contém apenas fluxos de conversão de ou para a outra rodovia (via principal), esse cruzamento é designado como Tipo T se o ângulo das rodovias estiver próximo de 90° e Tipo Y quando o ângulo é visivelmente nítido. São utilizados três ramos, fazendo com que o fluxo de tráfego de um ramo faça um giro de aproximadamente 270° , tendo um formato de uma “trombeta” (DNIT, 2005).

Figura 16 - Trombeta



FONTE: AGORAMT, 2015.

3.2.2.2 Diamante

É usado para cruzamentos de uma estrada principal e uma secundária, onde as conversões de nível esquerdo na estrada secundária podem ser realizadas sem dificuldade. A capacidade desse tipo de interconexão depende das instalações de fluxo de tráfego do sistema de ramificação cruzada e pode ser ampliada estendendo as ramificações para duas ou três faixas próximas à secundária (DNIT, 2005).

Figura 17 - Interseção diamante



FONTE: COOKE, 2016.

3.2.2.3 Trevo completo

Quando curvas à esquerda não podem ser realizadas nas duas vias, um trevo completo é a solução mínima para a interconexão. É uma interseção que possui um loop e uma conexão externa em cada quadrante. O trevo é o único cruzamento de quatro filiais com uma única estrutura que garante movimento contínuo para todo o tráfego de interconexão. Esse tipo de trevo não é recomendado para área urbana, mais sim em setores rurais, onde há facilidade de entrada e saída dos veículos, segurança e remoção das manobras de entrecruzamentos (ALBANO, 2007).

Figura 18 - Trevo completo

FONTE: ORLEANSCBA, 2015.

3.2.2.4 Trevo parcial

Aplicam-se de maneira que os movimentos de saída e entrada interfiram ao mínimo com o fluxo da via principal. Esse tipo de interconexão é pelo simples fato de utilizar ao menos um ramo em laço e por eliminar um ou mais ramos de um trevo completo (ALBANO, 2007).

Figura 19 - Trevo parcial

FONTE: VIEIRA, 2017.

3.2.2.5 Direcional e Semidirecional

De acordo com Thaís Millack (2014), são ramificações direcionais e semi-direcionais para um ou mais movimentos de conversão. É direcional quando todos os movimentos de conversão são feitos por ramos retos. Esse tipo de interconexão é indicado para conexões de via expressa e em locais onde altos volumes de tráfego precisam fazer conversões (DNIT, 2005).

3.2.2.6 Giratório

As interconexões rotativas são normalmente adotadas quando existem cinco ou mais vias e os movimentos cruzados são aceitáveis. Com o uso de ramos tipo “asa de bule”, os maiores volumes giratórios podem ser amplamente separados dos movimentos locais e os conflitos interligados são minimizados, alcançando maior capacidade (DNIT, 2005).

4 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V (p. 22, 2008):

“[...] a sinalização semafórica tem por finalidade transmitir aos usuários a informação sobre o direito de passagem em interseções e/ou seções de via onde o espaço viário é disputado por dois ou mais movimentos conflitantes, ou advertir sobre a presença de situações na via que possam comprometer a segurança dos usuários”.

A semaforização tem como função dois métodos diferentes de abordagem ao motorista, sendo eles a função de regulamentação e de advertência.
















Segundo o CONTRAN (2014), o semáforo é um dispositivo formado pela presença de uma ou mais fontes luminosas que emitem uma mensagem ao usuário da via, eles estão dispostos com suas faces voltadas para a visão do condutor ou pedestre que está dirigindo-se a um certo sentido. Os grupos semafóricos tem como finalidade regulamentar e advertir os usuários que transitam pela área.

4.1 PADRÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

4.1.1 Cores, formas e sinais






Os sinais luminosos que a semaforização emitem tem como finalidade passar uma mensagem para o usuário, com isso, as cores, formas e sinais devem ser bem definidos e claros para o entendimento das pessoas que estão transitando pelas ruas e se deparam com esse dispositivo. As combinações distintas de cores, formas e sinais que são utilizados na semaforização tem como objetivo passar informações claras para os condutores e pedestres, para que a circulação na rua seja a mais organizada e fluida possível (CONTRAN, 2014).

Quadro 2 - Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma circular

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA		
Circular	Vermelha		Indica a proibição do direito de passagem.	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo.		
	Amarela		Indica o término do direito de passagem.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança.		
	Verde		Indica a permissão do direito de passagem.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta.		
	Amarela (intermitente)		Adverte da existência de situação perigosa ou obstáculo.	O condutor deve reduzir a velocidade e observar as normas de circulação e conduta.		
	Amarela com seta (opcional)			Indica término do direito de passagem em semáforo direcional.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança.	
						
	Vermelha			Indica a proibição do direito de passagem de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo de acordo com a indicação luminosa.	
						
Verde			Indica a permissão do direito de passagem, de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta.		
						
Vermelha		Indica para o ciclista a proibição do direito de passagem.	Obrigatoriedade do ciclista em parar o veículo.			
Verde		Indica para o ciclista a permissão do direito de passagem.	O ciclista tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha.			

FONTE: CONTRAN, 2014. (Adaptado)

Quadro 3 - Cores e sinais da sinalização semafórica em focos de forma quadrada

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA
Quadrada	Vermelha		Indica para o pedestre a proibição da travessia.	O pedestre não deve iniciar a travessia.
	Vermelha (intermitente)		Indica para o pedestre o término do direito de iniciar a travessia. Sua duração deve permitir a conclusão das travessias iniciadas no tempo de verde.	O pedestre não deve iniciar a travessia. O pedestre que já iniciou a travessia no tempo de verde deve concluí-la, atentando para o fato de que os veículos estão prestes a receber indicação luminosa verde.
	Verde		Indica para o pedestre a permissão do direito de travessia.	O pedestre tem a permissão de iniciar a travessia.
	Vermelha		Indica, por meio do símbolo “X”, a proibição de circular na faixa sinalizada.	O condutor não deve circular pela faixa sinalizada.
	Verde		Permite a circulação na faixa indicada pela seta.	O condutor tem a permissão de circular pela faixa sinalizada.

FONTE: CONTRAN, 2014. (Adaptado)

Quadro 4 - Formas e dimensões das lentes dos focos semafóricos

SEMÁFOROS DESTINADOS A	FORMA DO FOCO	DIMENSÃO DA LENTE (mm)
Veículos automotores	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Bicicletas	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Faixas reversíveis	Quadrada	Lado de 300 (mínimo)
Advertência	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Pedestres	Quadrada	Lado de 200 ou 300

FONTE: CONTRAN, 2014. (Adaptado)

4.1.2 Tipos de sinalização semafórica

Dispositivo que promove informações aos condutores e pedestres por meio de luzes colocadas de forma que estejam dentro da visibilidade dos usuários. Os grupos focais tem vários conjuntos que fornecem as informações necessárias, esses elementos são constituídos por sinais e cores distintas que são mostradas no Quadro 2 e Quadro 3 (CONTRAN,2014).

4.1.2.1 Sinalização semafórica de regulamentação

A sinalização semafórica de regulamentação tem a aplicabilidade de exercer o controle do tráfego no local da interseção ou seção de via, efetua o devido controle dos movimentos dos veículos e pedestres utilizando indicações luminosas, alternando o direito de cada pessoa de executar os seus movimentos desajados, sejam eles de conversão para os carros ou de atravessar a faixa de pedestres entre as calçadas para as pessoas que estão caminhando pelo local, entre outros movimentos possíveis para ambos (CONTRAN,2014)..

4.1.2.2 Sinalização semafórica de advertência

A sinalização semafórica de advertência recebe a função de advertir os usuários da existência de algum obstáculo ou situação que podem coloca-los em risco, com isso, o condutor do veículo deverá reduzir a velocidade do automóvel e conduzir de forma cautelosa para que evite situações de risco nos locais sinalizados (CONTRAN,2014).

4.1.2.3 Critérios gerais para a implementação de sinalização semafórica

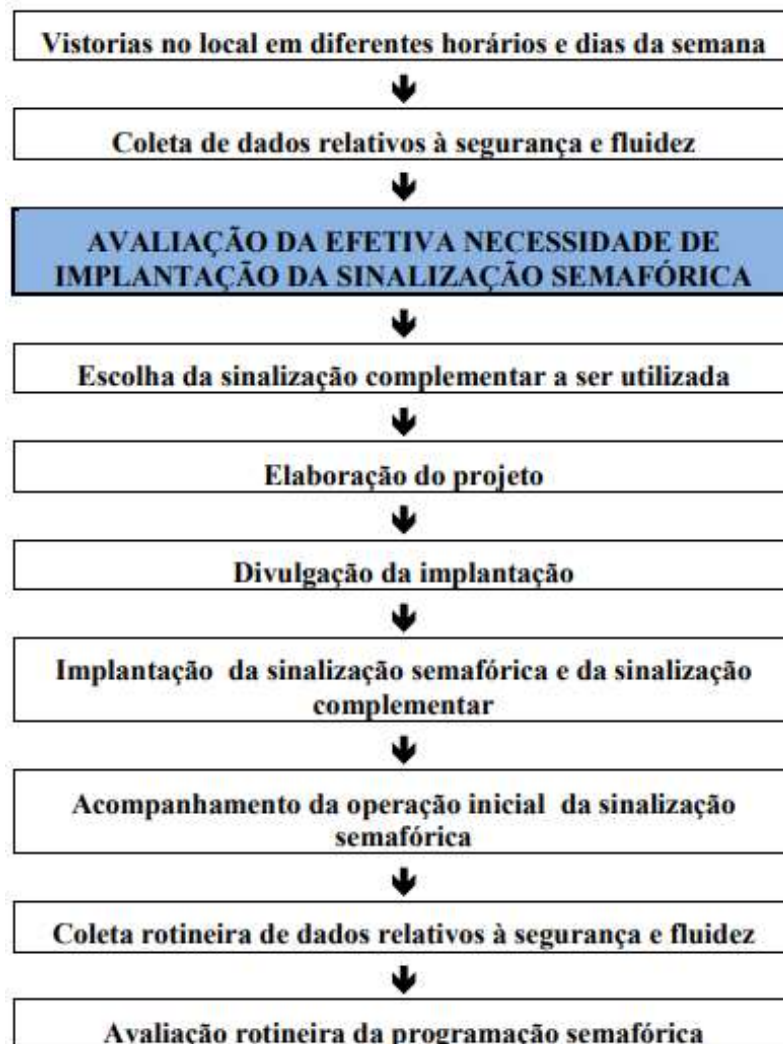
A sinalização semafórica é um método de minimizar os conflitos na interseção, mas antes de implementar esse dispositivo na via deve-se avaliar outras maneiras de amenizar os problemas existentes. Como a melhoria no setor de iluminação da área, aplicação das sinalizações horizontais e verticais determinando a ordem de passagem, retirada de anteparos que podem prejudicar a visibilidade do condutor, adicionar meios que podem reduzir a velocidade de aproximação dos automóveis como lombadas e fiscalização eletrônica, proibições a cerca de parada e estacionamento em locais indesejados na via, construção de abrigo para os pedestres, mudança nos sentidos da via, implantação de rotatórias,

direcionamento dos pedestres para áreas de travessias mais seguras e aprimorar as sinalizações de advertência (ALBANO,2007).

O estudo para ser decido a necessidade a implantação da sinalização semafórica deve ser seguida as etapas expressas na Figura 9.

Se o local de planejamento de semaforização ainda estiver na etapa de projeto, onde as suas vias ainda não entraram em processo de construção ou que poderão sofrer alterações físicas e de sinalização, as duas primeiras etapas exibidas na figura deverão ser substituídas por avaliações de previsão de demanda e hipóteses envolvendo as características de como será a operação do trânsito da área em estudo (CONTRAN,2014).

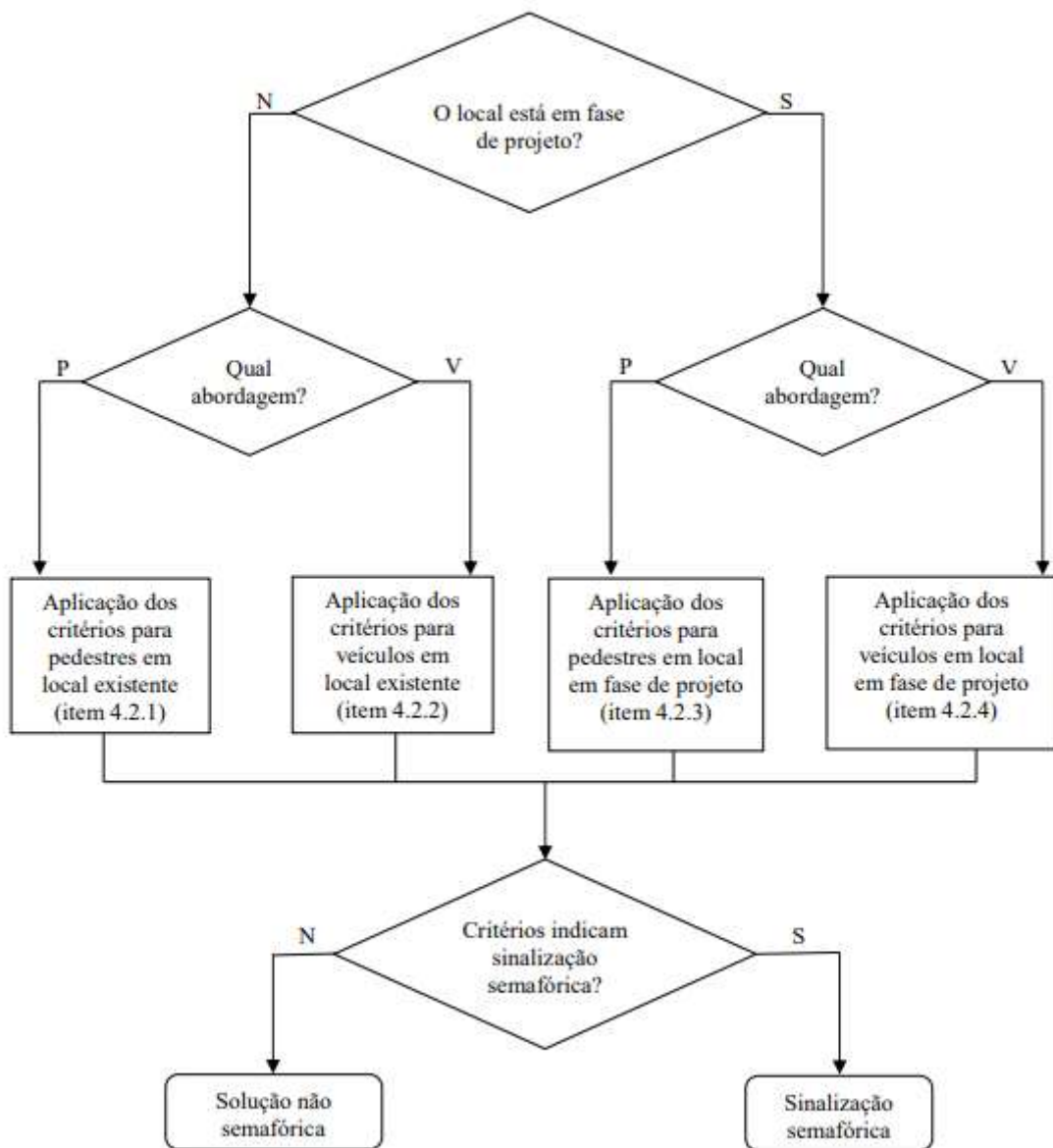
Figura 20 - Procedimentos para a implantação e avaliação da sinalização semafórica



FONTE: CONTRAN, 2014.

Quando inicia o processo de implantação de sinalização semafórica leva-se em conta primeiramente qual é o estado do local de estudo, onde ele pode estar em fase de projeto ou é um local já existente, a partir da definição situacional do local de projeto é feita a categorização de qual objeto de estudo será utilizado em cada abordagem, onde seriam o veículo automotor ou os pedestres. O organograma localizado na Figura 11 demonstra a estrutura geral do estudo que deve ser feito inicialmente para determinar o método de abordagem da pesquisa de viabilidade.

Figura 21 - Estrutura geral de estudo



Legenda: S=Sim; N=Não; V= Veículo; P= Pedestre

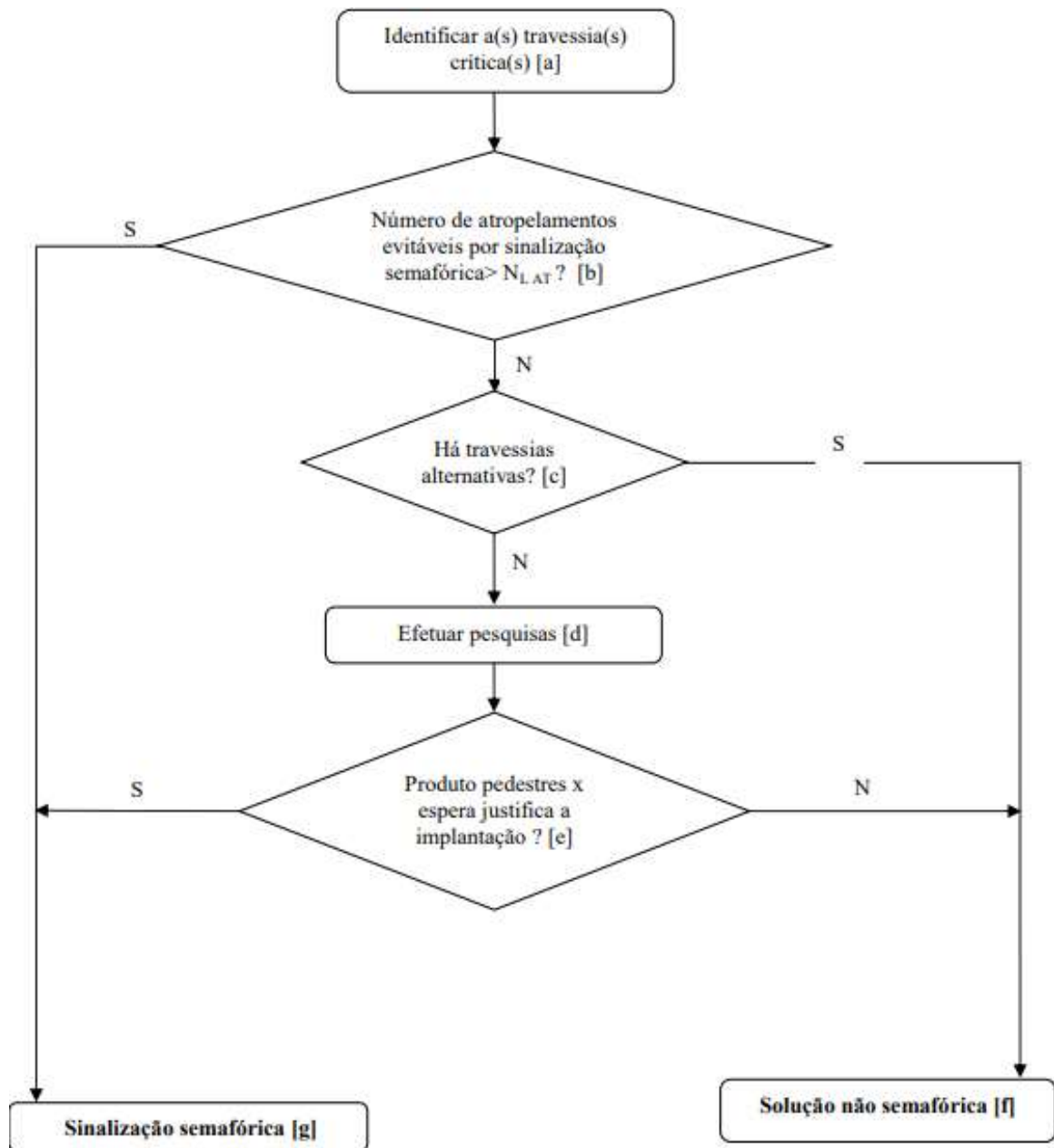
FONTE: CONTRAN, 2014.

4.1.2.3.1 Locais existentes onde será considerado os pedestres

Segundo o CONTRAN (2014), quando considerado a hipótese de implantação de sinalização semafórica, as vias devem atender certos critérios quanto a suas características como: velocidade média da via, e a existência de objetos que podem comprometer a visibilidade do condutor ou pedestre. Em casos onde a velocidade média da via for superior à 70 km/h a rápida parada de parte do trânsito pode ocasionar em acidentes nessa área, com isso a sinalização semafórica compromete com a segurança dos usuários.

Nessa hipótese onde o volume de travessias é alto pode ser uma justificativa para a construção de travessias em desnível como solução do problema. Em situações onde as demais soluções alternativas ao uso da sinalização semafórica não for viável, deve-se diminuir a velocidade média da via para que a aproximação de um determinado ponto que tenha a sinalização semafórica se torne mais seguro para ambos os usuários (condutor e pedestre), para que a redução de velocidade seja devidamente efetuada as sinalizações verticais e horizontais tem a função de auxiliar o condutor, com isso ele poderá parar o veículo de forma segura (CONTRAN, 2014).

Figura 22 - Estudo em locais existentes: pedestres



Legenda: S=Sim; N=Não

FONTE: CONTRAN, 2014.

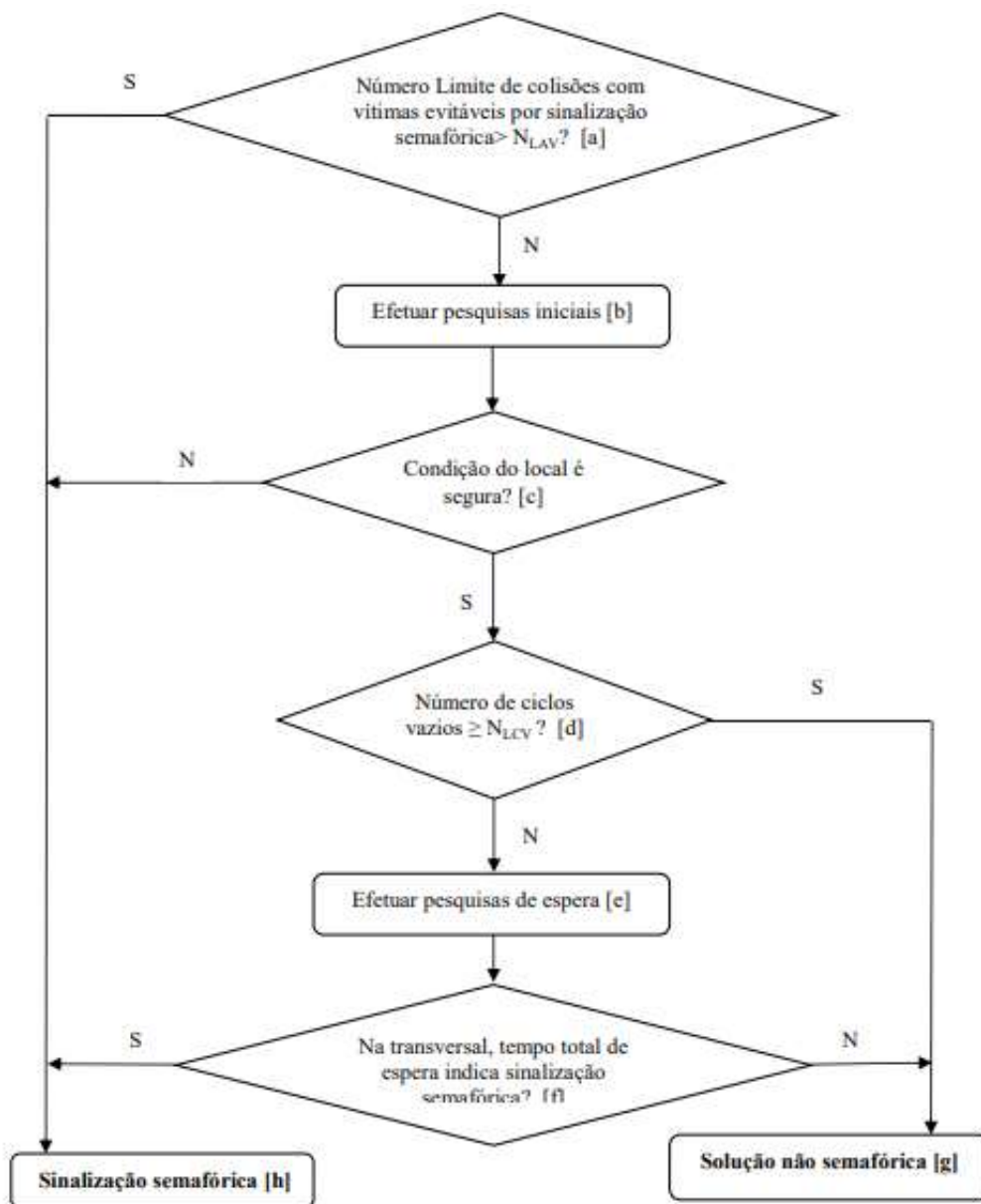
4.1.2.3.2 Local existente onde será considerado os veículos

O fluxograma apresentado na Figura 18, lista os critérios que devem ser seguidos para a análise da necessidade da utilização do dispositivo semafórico no local, colocando como objeto de estudo os veículos, com isso, levando em consideração as suas necessidades,

visando que a área da interseção não é previsto que será modificado os seus aspectos físicos. Mesmo com essas condições a segurança dos pedestres será analisada (CONTRAN, 2014).

Existem diversas soluções para este tipo de problema, dentre elas estão as não semaforicas isso quer dizer que não se faz uso do dispositivo eletrônico, ela deve gerar segurança para os usuários sem comprometer o fluxo do movimento na via principal. Contido nessas soluções estão os métodos mais comuns como a implantação de rotatórias, a redução das velocidades de aproximação, mudanças em sua geometria e mudança ou eliminação de um sentido da via para eliminar conflitos existentes (CONTRAN, 2014).

Figura 23 - Estudo em locais existentes: veículos



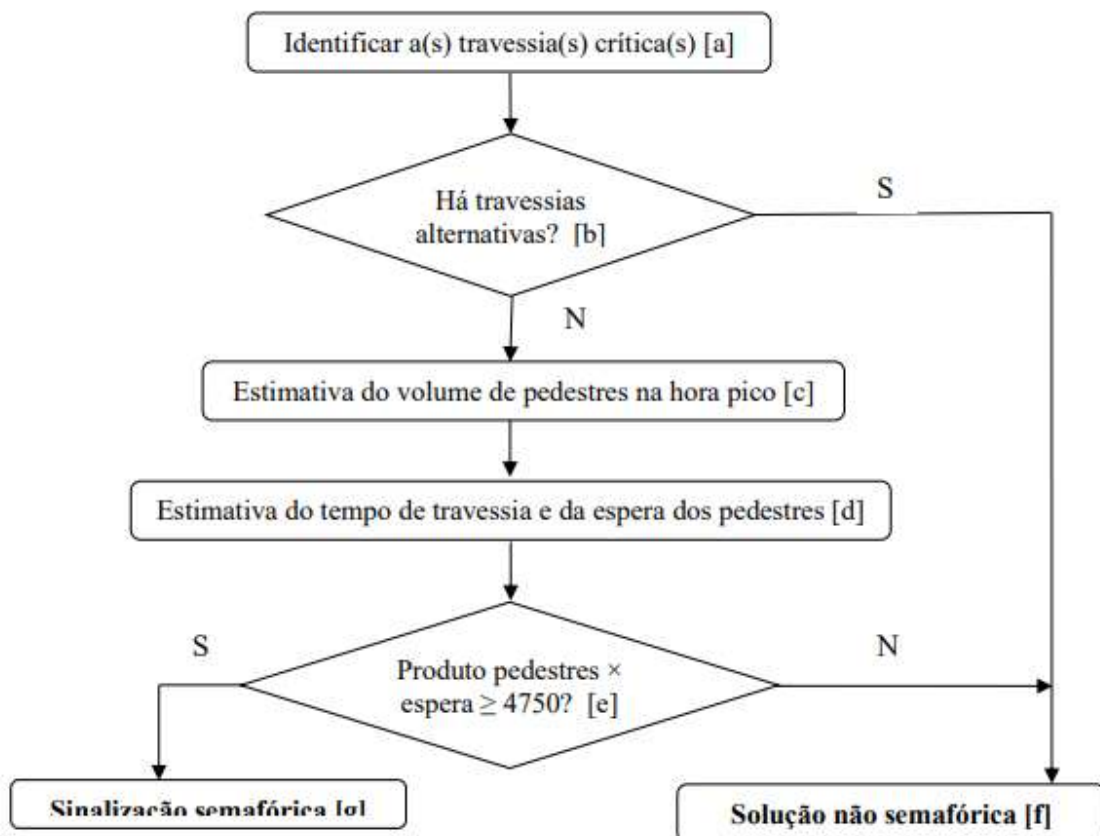
Legenda: S=Sim; N=Não

FONTE: CONTRAN, 2014.

4.1.2.3.3 Locais não existentes onde será considerado o pedestre

A análise situacional das interências para os pedestres é semelhante a usada quando a via já é existente no local. Outro fator determinante para a implementação de sinalização semafórica são as travessias de risco para o pedestre, com isso, deve ser analisada as possíveis rotas que o pedestre irá tomar em função de lugares de interesse, como pontos de ônibus, escolas e hospitais. Deve ser descrito as condições de locomoção pelas calçadas, obstáculos que possam existir e a topografia da área, pois podem afetar as decisões dos pedestres na ação de atravessar em locais de risco. Será considerada rota crítica aquela que tenha potencial de concentrar diversas rotas em que os pedestres podem tomar uso, se o local for uma interseção deverá ser analisado separadamente cada uma delas como objeto de estudo (CONTRAN, 2014).

Figura 24 - Estudo em locais em projeto: pedestres



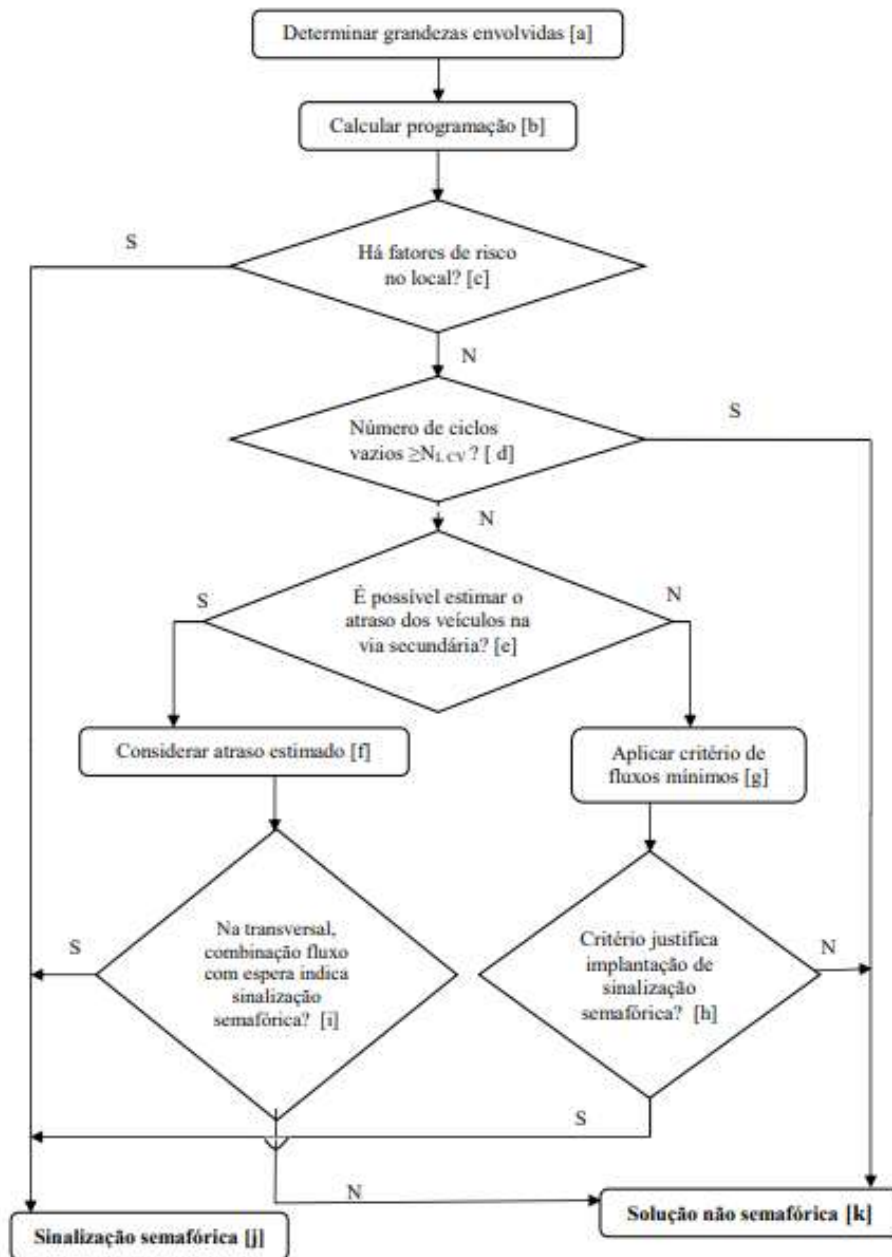
Legenda: S=Sim; N=Não

FONTE: CONTRAN, 2014.

4.1.2.3.4 Local não existente onde será considerado os veículos

Para a verificação dos critérios de implantação, o fluxograma apresentado na Figura 20 define quais os passos que devem ser seguidos para a devida análise de verificação. Este meio é utilizado para interseções que ainda estão em fase de projeto, com isso, os dados que são expressos são estimados conforme a necessidade da via (CONTRAN,2014).

Figura 25 - Estudo em locais em projeto: veículos



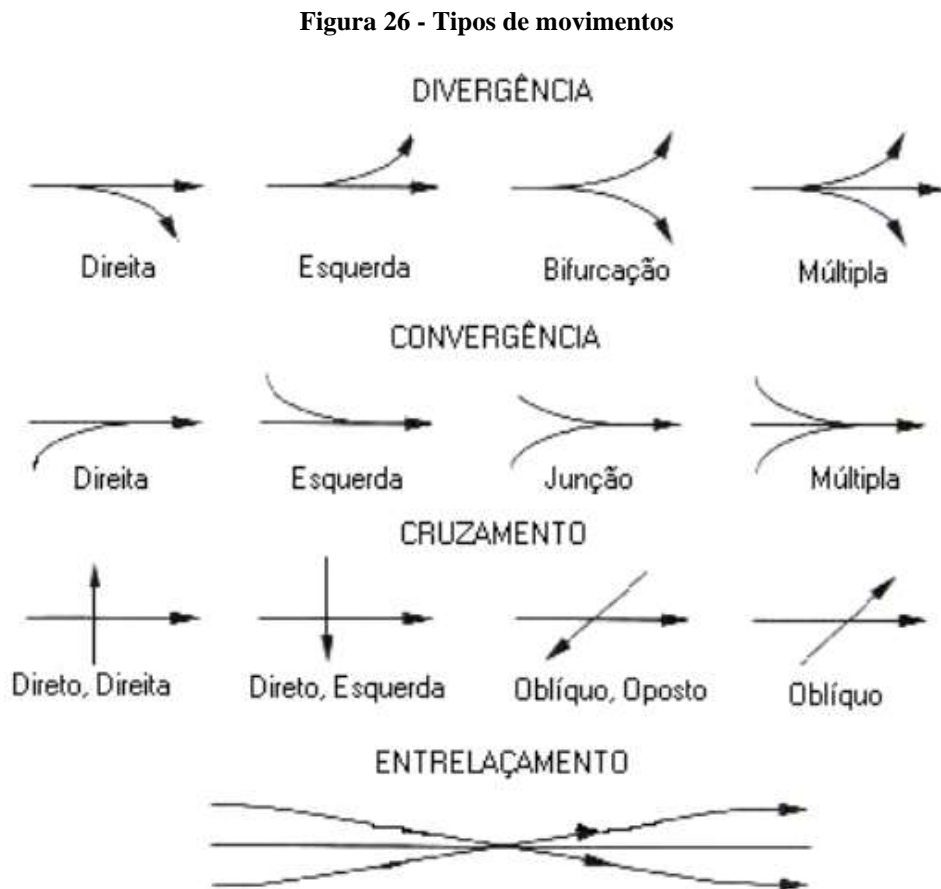
Legenda: S=Sim; N=Não

FONTE: CONTRAN, 2014.

4.1.3 Tipos de movimentos e seus conflitos

Essencialmente o trânsito em si é constituído de veículos de diferentes tipos que transitam pelas vias em uma determinada faixa ou pista, no sentido em que a rua se configura. Fundamentalmente as correntes de tráfego são constituídas por conjuntos de veículos que circulam por uma mesma pista ou faixa de tráfego e no mesmo sentido. Essa circulação é afetada por uma série de fatores, tais como: frequência de interseções, número e largura das faixas, distâncias de visibilidade, comprimentos e declividades de rampas, sinalização, iluminação etc (ALBANO,2007).

O projetista deve estar em condições de avaliar a influência destes fatores, a fim de garantir, através de controle e medidas de projeto, um alto grau de segurança e eficiência na circulação das correntes. Particularmente, nos pontos de interseção, o comportamento da corrente de tráfego dependerá de sua composição, volume, velocidade e tipo de interseção adotado. Este último é responsável pela natureza dos movimentos que se dão entre veículos de cada corrente, os quais se classificam em:



4.1.3.1 Movimentos

Ao traçar um trajeto entre dois pontos, sendo um de partida e o outro de chegada, observa-se que o usuário pode passar por inúmeras vias e por indefinidas direções não alterando o destino final. Conforme o CONTRAN “Movimentos” em interseções, são utilizados para verificar o fluxo de veículos de origens semelhantes e mesmo sentido, e/ou o fluxo de pedestres que movem na mesma direção, porém não necessariamente no mesmo sentido.

Basicamente os veículos que se movimentam em uma mesma faixa ou pista de tráfego e no mesmo sentido, são denominados de correntes de tráfego. Esses movimentos podem ser causados por vários motivos, como: falta de sinalizações, iluminação, quantidade e largura de faixas, segurança de visibilidade, comprimentos e declividades de rampas, etc.

Estes motivos devem ser seguidos de acordo com o projeto, particularmente nos pontos de interseção, onde o comportamento da corrente de tráfego dependerá de sua organização, volume, velocidade e do tipo de interseção escolhida.

Segundo o Manual de Sinalização de Trânsito, que refere a sinalização semafórica, existem cinco tipos de movimentos: Movimentos de Cruzamento, Movimentos Não-Interceptantes, Movimentos Divergentes, Movimentos Convergentes e Movimentos de Entrecruzamentos ou Entrelaçamentos.

4.1.3.1.1 *Movimentos de cruzamento*

Conforme o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Sinalização Semafórica (2014), ocorre quando a trajetória dos veículos de uma corrente da via intercepta a trajetória de outra corrente da via, fazendo com que os veículos passem na brecha de uma corrente ou interrompendo-a momentaneamente.

4.1.3.1.2 *Movimentos Convergentes*

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Sinalização Semafórica (2014), são os movimentos em que os veículos que trafegam em ruas distintas convergem para outra no mesmo sentido.

4.1.3.1.3 Movimentos Divergentes

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Tráfego – Sinalização Semafórica (2014), é o movimento que dá liberdade para os veículos que trafegam em uma via divergirem para outras ruas distintas, sem ter que reduzir velocidade ou aguardar oportunidades adequadas.

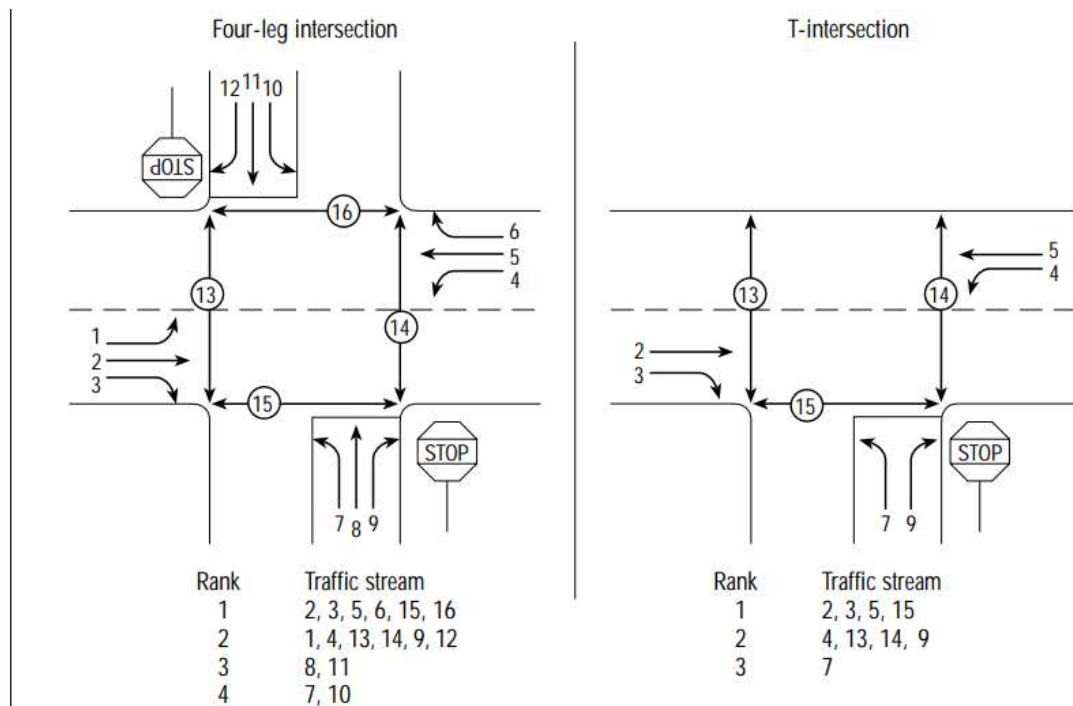
4.1.3.1.4 Movimentos de Entrecruzamento ou Entrelaçamento

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização de Tráfego – Sinalização Semafórica (2014), é o tipo de movimento em que duas ou mais vias distintas se unem, formando uma corrente única e depois se separam.

4.1.3.1.5 Movimentos Não-Interceptantes

Movimento em que as trajetórias não se interceptam, ou seja, não há ponto de conflito, segundo DENATRAN (2007).

Figura 27 - Classificação de movimentos



FONTE: HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM), 2000.

4.1.4 Conflitos

Conflito é uma operação do tráfego, que interfere na velocidade, segurança e capacidade de suas interseções e em sua área de influência. Os locais onde os movimentos citados no item acima ocorrem são chamados de “pontos de conflito”.

São descritos abaixo os tipos de conflitos que ocorrem nas interseções:

4.1.4.1 Conflito de Divergência

Conflito em um cruzamento que faz com que o usuário que trafega na via principal tem acesso de entrar em uma via secundária pelo lado direito, pelo lado esquerdo passando pelo sentido oposto da via e (vice-versa) ou continuar na via principal.

4.1.4.2 Conflito de Convergência

Tipo de conflito que faz com que o usuário que trafega em uma via secundária entre na via principal tanto pelo sentido que está vindo à direita ou para à esquerda fazendo a conversão ao lado oposto da via principal ou vice-versa (ALBANO, 2007).

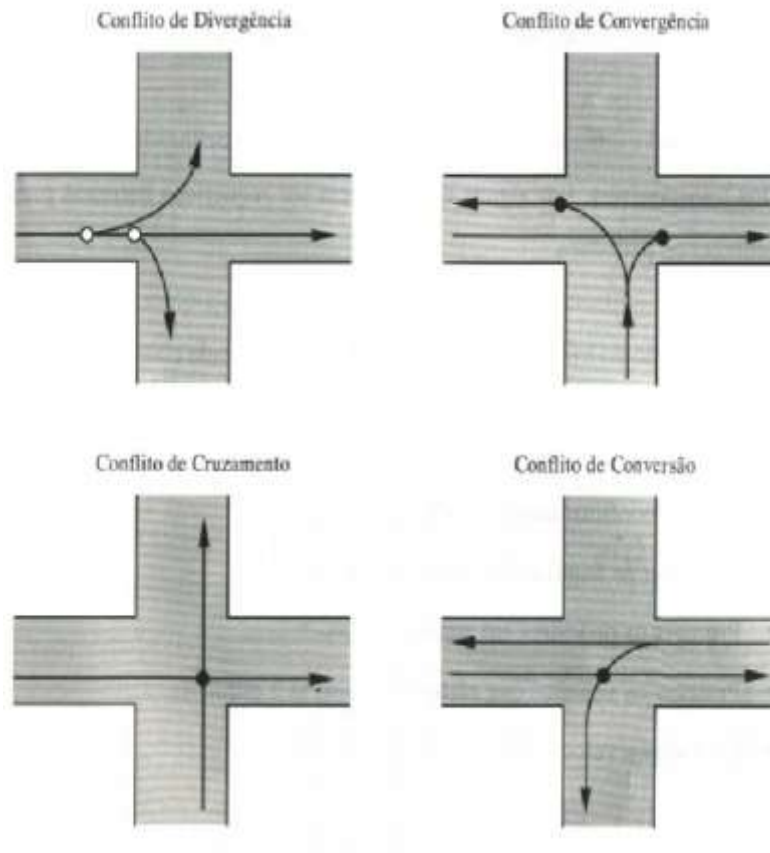
4.1.4.3 Conflito de cruzamento

Onde o usuário que trafega pela via principal passa pela via secundária e o usuário que trafega pela via secundária passa pela via principal.

4.1.4.4 Conflito de conversão

Onde os usuários trafegam em um cruzamento pela via principal (nos dois sentidos), sendo que além de trafegarem pela via principal podem fazer uma conversão entrando em uma via secundária.

Figura 28 - Tipos de conflitos



FONTE: ALBANO, (2007)

5 SINALIZAÇÕES

5.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL

Sinalização vertical são feitas por placas com o intuito de transmitir mensagens para os motoristas, sendo elas colocadas nas extremidades da pista presas ao lado ou apoiadas. A sinalização vertical é caracterizada em três tipos de categoria: Sinalização de advertência, que tem como função alertar aos condutores as situações perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou ao lado dela. Sinalização de regulamentação, tendo objetivo de informar aos condutores as proibições, restrições, condições e regulamentações no uso da via. Sinalização de indicação, que tem como objetivo indicar, mostrar aonde os motoristas e turistas devem chegar a seus locais de interesse. Tendo uma breve observação importante, onde se não houver obediência a essas placas de sinalização o condutor é penalizado por multas (SILVA, 2018).

A sinalização vertical tem como conjunto de fatores os painéis (a) e as placas com as simbologias do código de trânsito (b). Como exemplificado na figura 2 a seguir.

Figura 2 – Diferentes tipos de sinalização vertical



FONTE: FONSECA, 2017.

Conforme a empresa com razão social Brisa - Auto-estradas de Portugal, S.A, esses equipamentos são qualificados nos seguintes aspectos:

- Forma

- Suporte
- Material de confecção e acabamento
- Projeto da via com base no código de trânsito
- Dimensão
- Conservação
- Retroreflexão

Dentre estes parâmetros o que mais se destaca na sua importância é a retroreflexão, onde é fundamental para a visualização do condutor no período noturno e final da tarde. É por este parâmetro que se faz a regularização do elemento vertical para a segurança na malha rodoviária, portanto a EN 12889-1 define os valores mínimos de retroreflexão, o tamanho dos caracteres, a cor e o nível da tela retrorefletora, conforme apresentado na tabela 01.

Tabela 1 - Valores mínimos de retroreflexão em placas

Cor	Tipo de tela	
	RA2 Nível 2	RA1 Nível 1
Branco	180	50
Amarelo	120	35
Vermelho	25	10
Azul	14	2
Castanho	08	0.6
Verde	21	7

FONTE: Brisa - Auto-estradas de Portugal, S.A.

A retroreflexão tem como forma de medição dois métodos distintos:

Método de medição estático, é consistido de uma execução manual realizada com mão-de-obra especializada para o serviço, onde se usa uma ferramenta que se chama rectorrefletómetro. Esse procedimento de medição tem baixo rendimento pois é um processo manual e trabalhoso, e também apresenta alto risco na segurança dos trabalhadores pelo fato das placas que podem estar localizadas em pórticos e semipórticos que estão localizados sobre a via.

A medição dinâmica como o próprio nome já diz é um método bem veloz o que garante uma maior eficiência em comparação ao método anterior, ela é feita com um equipamento fixado em um automóvel, além de garantir o rendimento no serviço por ser

realizado dentro de um veículo o funcionário tem maior segurança na execução do trabalho. Como este é um método que engloba uma grande área, proporciona um rendimento superior, por garantir uma medição de toda uma área desejada e não somente um ponto local.

Com base nas medições de retrorreflexão, pode-se considerar que uma placa ou sinalização de trânsito chegou ao fim de sua vida útil onde os valores relacionados a retrorreflexão de cada componente em sua face se encontram inferiores aos limites definidos nos parâmetros de cada concessão e subconcessão.

Segundo o Manual de Trânsito Brasileiro de Trânsito (Vol. 1, 2007):

“a sinalização vertical utiliza sinais sobre placas fixadas na posição vertical, ao lado ou suspensas sobre a pista, transmitindo mensagens para os motoristas. A sinalização vertical regulamenta as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via, seja a via inteira ou apenas trecho; adverti os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres; indica direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmite mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento”.

5.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A utilização da sinalização horizontal é determinada para organização das vias, de modo que facilita na segurança do local, evita acidentes, estipulando de certa forma a velocidade dependendo do trajeto, entre outros. A sinalização horizontal deve ser usada de forma precisa, pois, sua remoção além de danificar o pavimento é onerosa (CET-SP, 2005).

É de deveras importância também a sinalização horizontal que é composta de marcas, símbolos e legendas, colocados sobre o pavimento da pista de rolamento (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume 4, 2007).

Figura 29 - Avenida com sinalização horizontal bem definida



FONTE: SILVEIRA, 2019.

5.2.1 Formato e Cores

A sinalização horizontal é constituída por traços e cores, que têm como objetivo orientar os usuários com segurança, reduzir os índices de acidentes e controlar a velocidade nos trajetos.

5.2.1.1 Tipos de forma

5.2.1.1.1 *Contínua*

São linhas contínuas sem qualquer tipo de interrupção, feitas para trechos distintos nas vias, um exemplo são as BR, onde que é proibido a ultrapassagem em faixa contínua.

5.2.1.1.2 *Tracejada ou seccionada*

São linhas tracejadas, ou seja, há interrupção no trecho, podendo o espaçamento ser maior ou igual o traço.

5.2.1.1.3 *Setas, Símbolos e legendas*

São informações representadas através de imagens figurativas ou inscritas, aplicadas na pavimentação. Serve de auxílio para sinalização vertical.

5.2.1.2 Padrão de cores

5.2.1.2.1 *Amarelo*

Usadas para: separar os movimentos de fluxos de sentidos diferentes, regular ultrapassagem e desvio lateral, determinar lugares de estacionamentos e/ou paradas proibidos e delimitar obstáculos transversais (quebra-mola).

5.2.1.2.2 *Branca*

Utilizados para: marcar áreas de circulação, normalizar as faixas de pedestres, inscrever setas, símbolos e legendas, regulamentar a linha de ultrapassagem, determinar linha de retenção e “dê a preferência”, separar movimentos de usuários no mesmo sentido e marcar estacionamentos para pessoas especiais e idosos.

5.2.1.2.3 *Vermelha*

Usadas para inscrever símbolos e marcar ciclovias ou ciclofaixas.

5.2.1.2.4 *Azul*

Inscriver em áreas especiais de parada ou estacionamento, para atender um portador de deficiência especial.

5.2.1.2.5 *Preta*

Proporcionar contraste entre a marca viária/inscrição e o pavimento, (utilizada principalmente em pavimento de concreto) não constituindo propriamente uma cor de sinalização.

5.2.2 Classificação

5.2.2.1 Marcas Longitudinais

As marcas longitudinais tem o objetivo de estipular e separar as correntes de tráfego, determinar as regras de ultrapassagem e transposição, elas são estipuladas para fazer a divisão de fluxos contrários, delimitar faixas preferencias ou particulares de uso veicular, entre outros.

5.2.2.2 Marcas Transversais

As marcações cruzadas ordenam o deslocamento frontal dos veículos e as harmonizam com as de outros veículos e pedestres, além de informar os motoristas sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indicar posições de travessia e parada de pedestres.

5.2.2.3 Marcas de canalização

As Marcas de Canal são usadas para orientar e regular o fluxo de veículos em uma estrada, garantindo maior segurança e melhor desempenho em situações de reorganização de seu curso natural. Essas marcas são formadas pela linha de canalização e zebração em áreas de pavimentos não usados, sempre unidos a uma ilha.

5.2.2.4 Marcas de Delimitação e Controle de Parada e/ou Estacionamento

As marcas restringem e permitam melhor controle das áreas onde estacionamento e parada de veículos são proibidos ou regulamentados quando comparados a sinais regulatórios verticais. Estas marcas têm autoridade em casos previstos pelo CTB.

5.2.2.5 Inscrições no Pavimento

As marcações na via melhoram a percepção do motorista sobre as condições de operação da estrada, permitindo que ele tome a decisão no momento certo para as situações à sua frente.

6 CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO

A capacidade é um processo de determinação da quantidade que veículos que trafegam por uma via, visando analisa se ela tem a capacidade de suportar todo o volume de automóveis existentes e de projeto, habilitando assim a possibilidade de analisar em questões técnicas e econômicas para definir métodos que garantem que o fluxo de carros seja aceitável. Tem como finalidade expressar em números o volume máximo de automóveis que uma via suporta em seu horário de pico em condições previstas que são existentes na via.

6.1 NÍVEL DE SERVIÇO A – FLUXO LIVRE

Esse nível de serviço tem como denominação de Fluxo Livre, isso quer dizer que a concentração de veículos na via é muito baixo, dificilmente terá uma fila maior que três carros nessa categoria. Portando, esse fato possibilita aos condutores admitirem a velocidade que for desejada e as ultrapassagens se tornam mais fáceis para esse situação, o conforto nessa via é classificada como ótimo dada a facilidade de executar qualquer movimento desejado.

Figura 30 - NÍVEL A



FONTE: DNIT, 2006.

6.2 NÍVEL DE SERVIÇO B – FLUXO RAZOÁVELMENTE LIVRE

É denominado como fluxo constante. Os motoristas trafegam com espaço sem interrupções, fazem ultrapassagem tranquilamente, podem trafegar na velocidade desejada respeitando os limites da via. Essa situação é estipulada por um controle de atraso de 10 à 15

segundos por veículo. Não muito diferente do nível A, o nível B gera um bom progresso, porém causa índices de atrasos superiores.

Figura 31 - NÍVEL B



FONTE: DNIT, 2006.

6.3 NÍVEL DE SERVIÇO C – FLUXO ESTÁVEL

Ainda considerado como estável as velocidade adotadas, normalmente é admitida uma velocidade média na via de 70 km/h. As manobras nela passam a ser mais complicadas de serem executadas, onde a demanda de ultrapassagens no local é maior que a capacidade do volume da via, dado que o volume é maior que os anteriores ele pode causar a presença de filas de tamanho médio de veículos. Devido a veículos lentos e manobras de giro, acarretam a provocar congestionamentos no tráfego de veículos que transitam pela via, o conforto na via é prejudicado por esses fatores classificando a via com qualidade média.

Figura 32 - NÍVEL C



FONTE: DNIT, 2006.

6.4 NÍVEL DE SERVIÇO D – FLUXO APROXIMADAMENTE INSTÁVEL

Essa categoria define um tipo de trânsito onde a demanda de ultrapassagens é muito elevada, contudo a capacidade da via é próxima de zero. O tráfego contém filas extensas de veículos, com números próximos de 10 automóveis, as manobras de giro e ultrapassagem se tornam um problema no local, causando transtorno aos condutores que dirigem pelo lugar levando á essas pessoas a permanecerem em filas maioria do tempo em que estão conduzindo, a velocidade dos veículos alçaam a velocidade média proxima de 60 km/h, devido a esses fatores a qualidade da via decai muito o seu conforto classificando ela como ruim de ser utilizada.

Figura 33 - NÍVEL D



FONTE: DNIT, 2006.

6.5 NÍVEL DE SERVIÇO E – FLUXO INSTÁVEL

Apresentam a característica de haver grandes filas a maioria do tempo de percurso, além disso, são quase inexistentes as manobras de giro e de ultrapassagem. Configuram um trânsito instável e de difícil previsão dos acontecimento e transtornos gerados no local, a liberdade do condutor é extremamente reduzida nesse caso levando a não ter a possibilidade de escolher a velocidade a qual quer trafegar e as ultrapassagens passam a ser impossíveis de serem efetuadas. A capacidade da via chega a sua marca máxima tolerável, onde o nível de serviço tem o mesmo valor que o volume máximo de capacidade da via, a velocidade média da via é definida em 40 a 50 km/h, devido aos seus vários transtornos gerados a qualidade da via e seu conforto atingem o nível de péssimo.

Figura 34 - NÍVEL E

FONTE: DNIT, 2006.

6.6 NÍVEL DE SERVIÇO F – FLUXO FORÇADO

Esse nível é dito como o pior dentre os seis, onde os veículos transitam em velocidades muito baixas que podem chegar a valerem zero em determinados momentos, causando um congestionamento intenso com os movimentos impossibilitados e o tempo de parada dos veículos pode ser elevado. O volume de automóveis no local excedem a capacidade máxima da via, a qualidade e conforto da via se tornam intoleráveis por esses fatores.

Figura 35 - NÍVEL F

FONTE: DNIT, 2006.

7 METODOLOGIA (HCM)

7.1 METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE SEMAFORIZAÇÃO

O manual tem como finalidade auxiliar na análise e determinação para a melhor utilização da via visando sua capacidade e suas utilizações. Dentro do estudo para a implantação da semaforização é necessário avaliar algumas variáveis do local como o tipo de terreno, quantidade de faixas, os tipos e o volume de veículos que transitam regularmente pelo local.

Foi publicado a sua primeira edição no ano de 1950, o Highway Capacity Manual (HCM) foi um dos primeiros documentos que utilizaram o termo de capacidade para quantificar as interações na malha viária. A atual edição utilizada no processo de análise de volume e capacidade das vias foi publicada em dezembro de 2000, onde tornou-se referência para muitos profissionais na área de transporte ao redor do mundo.

O HCM (2000) tem como finalidade sistematizar e simplificar a análise de dados para determinação de nível de serviço de cara via analisando um ponto ou uma área mais abrangente, e claro como é utilizado inicialmente e padronizado para os Estados Unidos ele apresenta algumas divergências em relação à outros países como o Brasil, com isso, deve-se adaptar e ajustar para certas condições existentes no tráfego brasileiro. Deve-se estar sujeito a alterações nas estimativas utilizadas na qualidade de nível de serviço, podendo notar com certa clareza as mudanças na qualidade e eficiência dos movimentos e capacidade das vias.

Buscando um estudo mais específico e detalhado de cada seção de uma via é esperado analisar várias áreas de estudo como o impacto ambiental, econômico e social que pode causar na área de implantação, assim pode-se alcançar com mais clareza soluções melhores e eficientes.

7.2 ROTEIRO DE ESTUDO

O Highway Capacity Manual tem uma metodologia composta por procedimentos distintos que são capazes de analisar diferentes objetos presentes no trânsito como a capacidade das rotatórias, diferenciar as características entre nível e rendimento e o fluxo da via e as interferências nos cruzamentos.

Entretanto não apresenta estudo totalmente voltado para a semaforização de certo cruzamento, mas como é muito abrangente e caracteriza variáveis que são necessárias para a

definição de implantação de semáforo foi adaptado e é utilizado este método baseado na capacidade e demanda. Os métodos utilizados diferenciam os tipos de interferências e com isso são aplicáveis para a solução de melhora no fluxo urbano dos transportes.

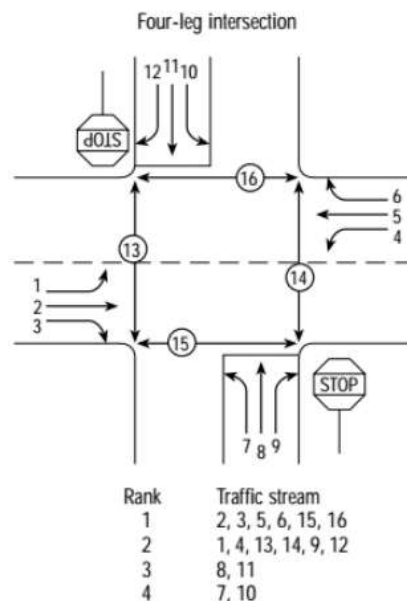
7.3 VARIÁVEIS DE ESTUDO NO TRÁFEGO

7.3.1 Fluxo e prioridade

O direito de passagem em uma interseção deve ser devidamente sinalizado dando preferência para um sentido do fluxo de tráfego. Há fluxos que têm a preferência absoluta sobre o sentido da via e com isso os outros sentidos da via devem dar preferência para o fluxo principal no trânsito de ordem superior.

Na figura 37 mostra os tipos de movimentos e a ordem de prioridade para cada um dos movimentos, onde o grupo de movimento 1 mostra o tráfego de veículos e pedestres na via principal e conversão à direita em relação a via principal, o grupo de movimento 2 representa o tráfego realizando a conversão para a esquerda em relação à via principal e conversão à direita de veículos que estão posicionados na via secundária, o grupo de movimento 3 incluem os veículos que estão trafegando com intuito de passarem através da via principal dando continuidade ao movimento em linha reta e o grupo 4 de movimento representam os veículos que estão fazendo conversão à esquerda na via secundária e com isso se definem o grupo com a menor prioridade na via.

Figura 36: Grupo de movimentos



7.3.2 Volume e Geometria

A geometria da via é um dos pontos abordados na análise dos conflitos, coletando informações acerca de quantas faixas existem na via principal e secundária, largura, parada de ônibus, cotas altimétricas, os movimentos dentre outras variáveis.

O fluxo e volume de tráfego é analisado adotando-se três turnos ao dia ao longo de 5 dias úteis, cada turno pode ser adotado entre 2 a 4 horas de intervalo, analisando o fluxo em sub intervalos de 15 minutos cada. Considerando que veículos com mais de quatro pneus são veículos pesados, os veículos usados para contabilizar para o estudo são carros, ônibus, caminhões, caminhonetes e derivados, excluindo somente as motocicletas pois não tem grande impacto na estimativa do trabalho.

A hora de pico é estabelecida após a contagem realizada durante a semana, é o maior volume de veículos contabilizados durante uma hora onde o valor da quantidade de automóveis se mantém quase contínuo durante esse período mesmo sendo distintos entre si, mas a quantidade varia durante o dia todo. Os valores neste mesmo horário são diferentes de outros dias da semana e épocas do ano.

Sendo que mesmo dentro da hora de pico o valor não é uniforme, e a contagem sendo feita dividindo a hora em quatro períodos de 15 minutos, adota-se os quinze minutos onde há a maior quantidade de veículos que fizeram algum movimento no cruzamento. Portanto é definido o “Fator Horário de Pico” (FHP).

O valor utilizado para estimar a maior quantidade de carros que passam por um cruzamento é o Volume no Período de Pico (VPP), onde Período de Pico (PP) é o pior caso com período de 15 minutos dentro de uma hora, usado para estimar e padronizar o valor encontrado dentro de determinada hora do dia.

$$VPP = 4 \times PP$$

Equação 1

VPP: volume no período de pico (veíc/h);

PP: período de pico (veíc/h).

O valor estimado encontrado anteriormente é utilizado para padronizar também o Fator Horário de Pico (FHP) que é a relação entre o Volume no Horário de Pico (VHP) onde é o valor real encontrado em campo de veículos e o valor estimado de Volume no Período de Pico (VPP), conforme a equação 2 abaixo:

$$FHP = \frac{VHP}{VPP}$$

Equação 2

FHP: fator horário de pico;

VHP: volume na hora de pico (veíc/h);

Outra estimativa realizada é a Proporção de Veículos Pesados (PVP) que transitam pelo trecho da via no horário de pico, conforme a equação 3 abaixo:

$$PVP = \frac{NVP}{VHP}$$

Equação 3

PVP: proporção de veículos pesados;

NVP: número de veículos pesados hora de pico (veíc/h).

7.3.3 Tráfego Conflitante

Os movimentos que são executados no cruzamento sofrem conflitos com os outros movimentos que podem ser realizados, com isso, um dos parâmetros que é estudo pelo HCM 2000 é a brecha crítica. Onde é a capacidade de realizar um certo movimento na interseção, para efeito de cálculo os movimentos 2,3,5 e 6 não são considerados, pelo fato de que os movimentos 2 e 5 por terem prioridade de passagem sobre os outros movimentos e os movimentos 3 e 6 por não interferirem nos outros movimentos para serem realizados.

Levando em conta que cada movimento sofre interferência com outro movimento no cruzamento e que cada uma das naturezas dos movimentos determina a quantidade de tempo o motorista ficará parado até ter a possibilidade de executar o movimento desejado significa que essa interação entre os veículos está diretamente ligada aos conflitos gerados. Os conflitos são calculados através do parâmetro $V_{c,x}$, que é a taxa de fluxo conflitante para um movimento x, com isso a taxa de fluxo total que entra em conflito com o movimento x.

O HCM 2000 exemplifica algumas possibilidades conflitos que podem ocorrer em interseções. Ao decorrer do estudo apresentado pode-se aparecer algumas nomenclaturas diversas como:

PLT (left-turn): movimento de conversão à esquerda para via principal;

SRT (right-turn): movimento de conversão à direita para via secundária;

STH (through): movimento de continuidade para a via secundária;

SLT (left-turn): movimentos de conversão à esquerda para via secundária.

As nomenclaturas são usadas no HCM para indicar parâmetros e facilitar o entendimento.

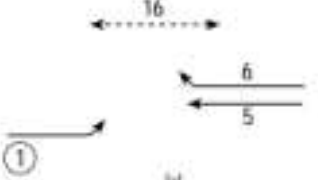
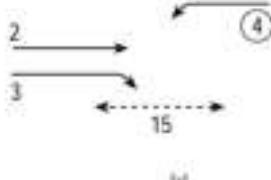
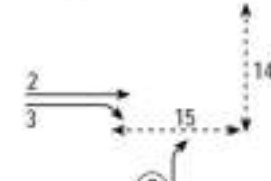
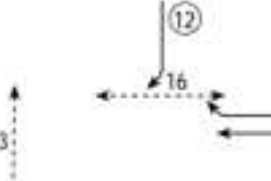
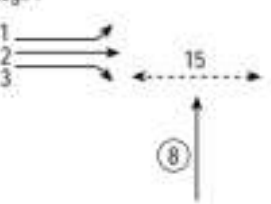
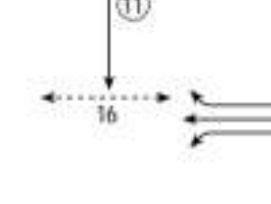
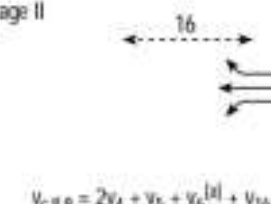
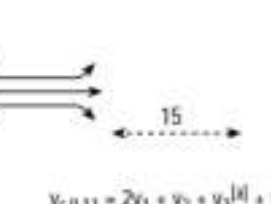
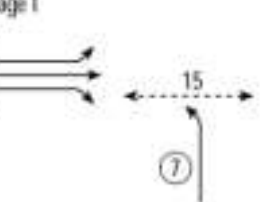
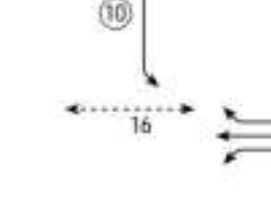
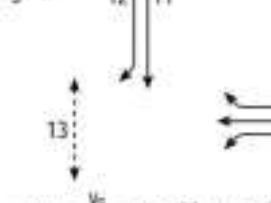
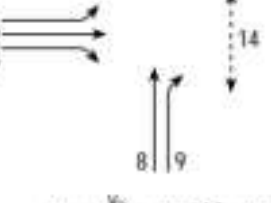
- Se algum veículo for executar o movimento de conversão à esquerda na via principal (PLT), no caso os movimentos 1 e 4, entrarão em conflito com os movimentos da via principal de sentido contrário sendo os movimentos 2,3,5 e 6. Onde o movimento 1 irá interferir com os movimentos 5 e 6 desconsiderando o movimento 4 onde não ocorre interação. E o movimento 4 que irá interferir com os movimentos 2 e 3 desconsiderando o movimento 1 onde não ocorre interação.

- Se um veículo executar o movimento de conversão à direita advindo da via secundária 9 e 12 (SRT), entrará em conflito somente com a porção de movimentos retos da via principal 2 e 5, e com metade da proporção dos movimentos de conversão à direita originários da via principal 3 e 6, pois somente em alguns casos onde a curva seja muito pequena impossibilita de ser executado o movimento de conversão dos veículos.

- Se um veículo executar o movimento de continuidade nas vias secundárias 8 (STH), entrará em conflito com os movimentos 1,2,4,5 e 6 da via principal exceto o movimento 3 de conversão à direita. E o movimento de continuidade 11 entrará em conflito com os movimentos 1,2,3,4 e 5 da via principal exceto o movimento 6 de conversão à direita.

- Se algum veículo executar os movimentos 7 e 10 de conversão à esquerda (SLT), encontrarão a maior dificuldade que poderá existir nesse caso de cruzamento pois ele entrará em conflito com os movimentos da via principal 1,2,4,5 e 6. E por se tratar de um movimento feito em duas etapas por dever parar antes de completar o movimento total entrará em impedância e conflito com outros movimentos da outra via secundária e de conversão à direita da via principal 3.

Figura 37: Movimentos conflitantes

Subject Movement	Subject and Conflicting Movements Conflicting Traffic Flows, $v_{c,x}$	
Major LT (1, 4)	 $v_{c,1} = v_5 + v_6^{[d]} + v_{16}$	 $v_{c,4} = v_2 + v_3^{[d]} + v_{15}$
Minor RT (9, 12)	 $v_{c,9} = \frac{v_2^{[d]}}{N} + 0.5v_3^{[c]} + v_{14} + v_{15}$	 $v_{c,12} = \frac{v_5^{[d]}}{N} + 0.5v_6^{[c]} + v_{13} + v_{16}$
Minor TH (8, 11)	<p>Stage I</p>  $v_{c,8} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	 $v_{c,11} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p>Stage II</p>  $v_{c,8} = 2v_4 + v_5 + v_6^{[d]} + v_{16}$	 $v_{c,11} = 2v_1 + v_2 + v_3^{[d]} + v_{15}$
Minor LT (7, 10)	<p>Stage I</p>  $v_{c,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	 $v_{c,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p>Stage II</p>  $v_{c,7} = 2v_4 + \frac{v_5}{N} + 0.5v_6^{[d]} + 0.5v_{12}^{[d]} + 0.5v_{11} + v_{13}$	 $v_{c,10} = 2v_1 + \frac{v_2}{N} + 0.5v_3^{[d]} + 0.5v_8^{[c]} + 0.5v_9 + v_{14}$

7.3.4 Brechas críticas e intervalos de segmento

A definição de brecha crítica (t_c) é o intervalo mínimo para que um veículo localizado na via secundária leva para executar o movimento desejado atravessando a via principal de maneira segura e eficiente. Em suma existem três tipos de brechas na circulação de veículos sendo elas as brechas disponíveis, onde são definidas como brechas existentes no fluxo da via principal; brechas aceitáveis, onde são definidas como brechas que venham a acontecer e que possibilitem que os veículos da via secundária entrem nas vias principais e executem os movimentos de conversão desejados; brechas críticas, são as de menor probabilidade de executarem o movimento de forma segura e por isso são usadas para efeito de cálculo determinando assim para cada um dos movimentos seja ele para frente, à direita e à esquerda.

Conforme o HCM 2000, sendo assim estudos realizados nos Estados Unidos apresentam diferentes resultados para os movimentos em interseções não semaforizadas, representadas na figura 39, a seguir:

Figura 38: Brechas críticas

Vehicle Movement	Base Critical Gap, $t_{c,base}$ (s)		Base Follow-up Time, $t_{f,base}$ (s)
	Two-Lane Major Street	Four-Lane Major Street	
Left turn from major	4.1	4.1	2.2
Right turn from minor	6.2	6.9	3.3
Through traffic on minor	6.5	6.5	4.0
Left turn from minor	7.1	7.5	3.5

FONTE: HCM, 2000.

Para devidos cálculos sobre brecha crítica de um determinado movimento, o HCM (2000) define a seguinte fórmula:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + (t_{c,VP} \times PVP) + (t_{c,G} \times G) - t_{c,T} - t_{3,LT} \quad \text{Equação 4}$$

$t_{c,x}$: Brecha crítica para o movimento x (s);

$t_{c,base}$: Brecha crítica base segundo a figura 39 (s);

$t_{c,VP}$: Fator de ajuste para veículos pesados (1,0);

PVP : Proporção de Veículos Pesados (0,10);

$t_{c,G}$: Fator de ajuste do greide (0,1 para os movimentos 9 e 12 e 0,2 para os movimentos 7, 8, 10 e 11) (s);

G: Inclinação da via ou Greide (%);

tc,T : Fator de ajuste para a brecha obtida executando-se em duas etapas (1,0 para a primeira ou segunda etapa e 0,0 para a possibilidade de se executar em apenas uma etapa) (s);

t3,LT : Fator de ajuste para a geometria (0,7 para conversão à esquerda da via secundária, em interseções tipo T; 0,0 para outros tipos).

$$t_f = t_{f,base} + (t_{f,HV} \times PHV)$$

Equação 5

tf = tempo de seguimento para cada tipo de movimento dos grupos de tráfego conflitante;

tf,base = tempo de seguimento base segundo a figura 00;

tf,HV = fator de ajuste para veículos pesados (0,9 para ruas principais de duas pistas e 1,0 para ruas principais de quatro pistas);

PHV = proporção de veículos pesados para movimentos menores.

7.3.5 Capacidade Potencial

Segundo o Highway Capacity Manual (2000), capacidade potencial é determinada como a capacidade de executar um movimento específico, sendo denominada como $C_{p,x}$ e seguindo os seguintes parâmetros de abordagem:

- Fornecida uma pista isolada para uso exclusivo da via secundária para realizar cada um dos movimentos;
- Existe interposição das interseções próximas ao local de estudo;
- Um sinal a montante não interfere na aproximação à via principal;
- Nenhum movimento dos grupos 2,3 e 4 impossibilita a realização do movimento na interseção analisada.

O método de avaliação utilizado para calcular e determinar a capacidade potencial de cada um dos fluxos de tráfego secundário, segue o modelo de equação abaixo:

$$C_{p,x} = V_{c,x} \times \frac{e^{(V_{c,x} \times \frac{t_{c,x}}{3600})}}{1 - e^{(V_{c,x} \times \frac{t_{f,x}}{3600})}}$$

Equação 6

Cp,x: capacidade potencial do movimento x (veíc/h);

Vc,x: fluxo conflitante no movimento x (veíc/h);

$t_{c,x}$: brecha crítica para o movimento x (s);

$t_{f,x}$: intervalo de seguimento para o movimento x (s).

7.3.6 Impedância

Os veículos usam as brechas para realizar seus movimentos em uma interseção obrigatoriamente em todos os casos. Em determinados acontecimentos em que se tem um alto volume de veículos em um trecho ou em toda a extensão de uma via ocorre a impedância de alguns dos movimentos que têm menor prioridade no fluxo de veículos, com isso, ocorre a impossibilidade de atravessar essas brechas no fluxo de veículos por não existirem em certo período de tempo.

O trânsito da via principal, isto é, os movimentos pertencentes ao grupo 1 não são atingidos pela impedância proveniente dos movimentos da via secundária. Para tal os fluxos principais não devem sofrer desaceleração e/ou atrasos ao trafegar pela via e interagindo com a interseção.

O fluxo de tráfego do grupo 2, isto é, devem somente atravessar a via principal e interagir somente com os movimentos da via principal e a conversão à direita referente ao grupo 1. Nenhuma outra corrente de tráfego da via secundária sofre impedância adicional, por isso, a corrente de tráfego do grupo 2 é igual a sua capacidade potencial.

O tráfego do grupo 3 sofre atraso devido aos movimentos da via principal de continuidade e também é ocasionado atraso pelos movimentos do grupo 2. Onde não permitem existir brechas aceitáveis para executar tal movimento todas as vezes no momento em que é solicitado para realizar movimento contínuo na via secundária. Sendo assim nem todas as brechas são aceitáveis para o grupo 3 devido que provavelmente quando existir uma brecha para se atravessar a via principal será utilizada para fazer a conversão à esquerda da via principal (movimentos 1 e 4).

Assim, para a impedância deste movimento deve ocorrer a conversão à esquerda da via principal, considerando que a corrente de movimentos do grupo 2 deverá ceder uma brecha ao mesmo tempo em que os veículos do grupo 3 tentarem realizar o movimento. A probabilidade de ocorrer essa brecha onde a conversão à esquerda da via principal não haverá filas é expressa pela seguinte equação:

$$P_{0,j} = 1 - \frac{V_j}{C_{m,j}}$$

Equação 7

$P_{0,j}$: probabilidade de movimentos do grupo 2 operarem em situação livre de fila;

V_j : volume do movimento do grupo 2;

$C_{m,j}$: capacidade do movimento do grupo 2;

j : movimentos de conversão à esquerda da via principal do grupo 2 (movimentos 1 e 4).

Para encontrar a capacidade de movimento, $C_{m,k}$, deve-se determinar um fator de ajuste de capacidade para todos os movimentos do grupo 3. Denominando este fator de ajuste de capacidade por f_k para todos os movimentos k e também para todos os movimentos da via secundária, expressos na equação 8 abaixo:

$$f_k = P_{0,j} \quad \text{Equação 8}$$

$P_{0,j}$: probabilidade de movimentos do grupo 2 operarem em situação livre de fila;

k : movimentos do Grupo 3 (movimentos em frente da via secundária).

A equação para o cálculo da capacidade de movimento para os movimentos do grupo 3 em frente da via secundária, é:

$$C_{m,k} = f_k \times C_{p,k} \quad \text{Equação 9}$$

$C_{m,k}$: capacidade do movimento do grupo 3;

$C_{p,k}$: capacidade potencial do movimento do grupo 3;

k : indica os movimentos do grupo 3, movimentos em frente da via secundária.

A probabilidade referente a cada uma das correntes do fluxo de tráfego existentes de alta prioridade são essenciais para a resolução global dos efeitos de impedância associados ao movimento de conversão à esquerda na via secundária. Entretanto deve-se reconhecer que nem todas as probabilidades são independentes entre si, com isso, dependem de outros movimentos executados na interseção.

A probabilidade de suceder um estado livre de fila na interseção por movimentos originários de vias secundárias sofre interposição vinda das filas na conservação à esquerda na

via principal. Para estabelecer o efeito da impedância oriunda na conservação à esquerda na via secundária, aplica-se a seguinte equação que é produto das duas probabilidades:

$$p' = 0,65p'' - \left(\frac{p''}{p''+3}\right) + 0,60\sqrt{p''} \quad \text{Equação 10}$$

p' : fator de ajuste da impedância na conversão à esquerda da via principal, pelo movimento em frente na via secundária;

p'' : produto entre $P_{0,j}$ e $P_{0,k}$;

$P_{0,j}$: probabilidade de movimentos do grupo 2 operarem em situação livre de fila;

$P_{0,k}$: probabilidade de movimentos do grupo 3 operarem em situação livre de fila.

O termo de ajuste para a capacidade de movimentos do grupo 4, conversão à esquerda da via secundária, é:

$$f_I = p' \times P_{0,j} \quad \text{Equação 11}$$

f_I : fator de ajuste da capacidade para movimentos do grupo 4;

I : movimentos do Grupo 4 (conversão à esquerda da via secundária);

J : movimentos de conversão à direita da via secundária, do grupo 2.

A equação para o cálculo da capacidade de movimento para os movimentos do grupo 4 de continuidade na via secundária, é:

$$C_{m,l} = f_l \times C_{p,l} \quad \text{Equação 12}$$

$C_{m,l}$: capacidade do movimento do grupo 4;

l : fator de ajuste da capacidade para movimentos do grupo 4;

$C_{p,l}$: capacidade potencial do movimento do grupo 4;

l : indica os movimentos do grupo 4, conversão à esquerda da via secundária.

7.3.7 Impedância devido ao pedestre

Os veículos que trafegam nas vias secundárias devem dar prioridade aos pedestres, como mostra na Figura 40, onde discorre sobre a relação pedestre veículo, usada no Highway Capacity Manual 2000.

O fator que calcula o bloqueio de pedestres é calculado pela equação abaixo, tendo como fundamento a quantidade de pedestres, a velocidade da caminhada dos pedestres e a largura da via.

$$f_{pb} = \frac{(V_x) \left(\frac{W}{S_p} \right)}{3600} \quad \text{Equação 13}$$

Fpb: fator de bloqueio do pedestre;

Vx: quantidade de grupos de pedestres, na qual x é o determinado como os movimentos 13,14, 15 ou 16;

W: largura da via (m);

Sp: velocidade da caminhada dos pedestres, admitida como 1,2 m/s.

Figura 39: Relação entre pedestre e veículo

Fluxo de veículo	Fluxo de pedestres	Fator de Impedância para Pedestres, $P_{p,x}$
V_1	V_1	$P_{p,16}$
V_4	V_4	$P_{p,15}$
V_7	V_{15}, V_{13}	$(P_{p,15}) (P_{p,13})$
V_8	V_{15}, V_{16}	$(P_{p,15}) (P_{p,16})$
V_9	V_{15}, V_{14}	$(P_{p,15}) (P_{p,14})$
V_{10}	V_{16}, V_{14}	$(P_{p,16}) (P_{p,14})$
V_{11}	V_{15}, V_{16}	$(P_{p,15}) (P_{p,16})$
V_{12}	V_{16}, V_{13}	$(P_{p,16}) (P_{p,13})$

FONTE: HCM 2000. (Adaptado)

O fator de impedância devido ao pedestre para o movimento do mesmo “x, $P_{p,x}$ ”, é dada pela expressão abaixo:

$$P_{p,x} = 1 - f_{pb} \quad \text{Equação 14}$$

Se a quantidade de pedestres for consideravelmente grande, $P_{p,x}$ deverá ser incluída como fator nas equações. Sendo assim a equação é definida abaixo:

$$f_k = \prod_j (P_{0,j}) P_{p,x} \quad \text{Equação 15}$$

Sendo $P_{p,x}$ adotado utilizando os valores dados na tabela 1. Sendo assim a equação é apresentada abaixo:

$$f_l = P' \times P_{0,j} \times P_{p,x} \quad \text{Equação 16}$$

Onde $P_{p,x}$ admite o valor $(P_{p,13})$, $(P_{p,15})$ para o fluxo de veículos 7 e adota $(P_{p,14})$, $(P_{p,16})$ para o fluxo de veículos 10.

7.3.8 Capacidade de faixas compartilhadas

Para se obter a capacidade de faixas compartilhadas deve ser considerado como se vários movimentos apresentassem uma faixa única exclusiva, compartilhando a mesma linha da via. Segue abaixo a equação para calcular essa capacidade:

$$C_{SH} = \frac{\sum_y V_y}{\sum_y \left(\frac{V_y}{C_{m,y}} \right)} \quad \text{Equação 17}$$

C_{sh} = capacidade da faixa compartilhada (veíc/h);

V_y = taxa de fluxo do movimento y sujeito a faixa compartilhada (veíc/h);

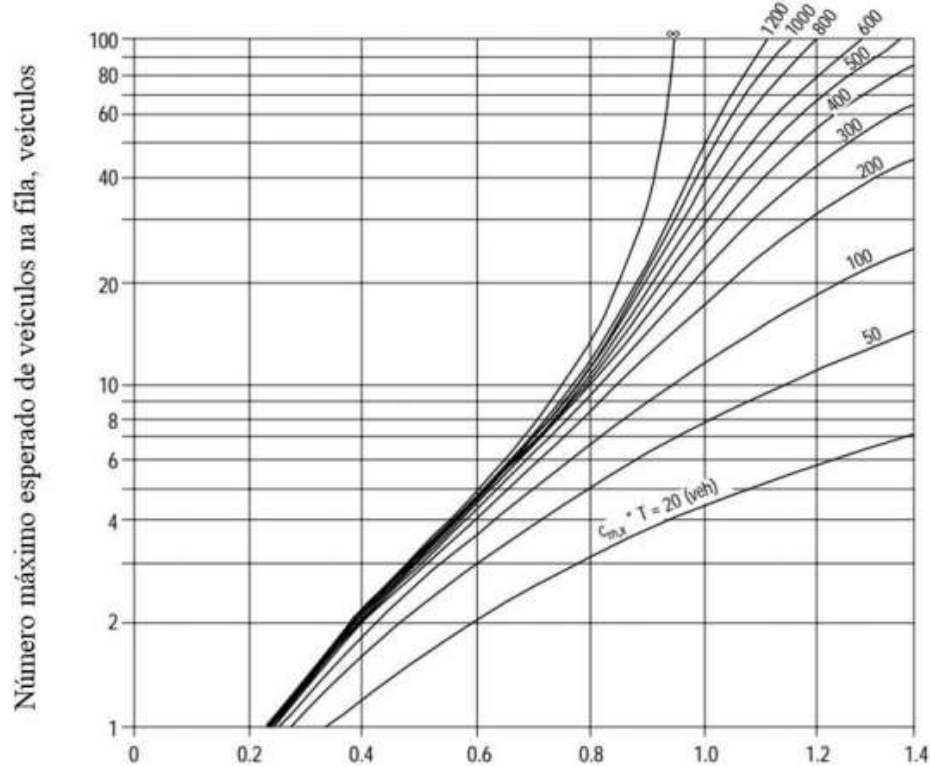
$C_{m,y}$ = capacidade de movimento do movimento y sujeito a faixa compartilhada (veíc/h).

7.3.9 Comprimento de fila

A estimativa do comprimento de fila é o mais importante em interseções não semaforizadas. Devido filas estar se formando em vias com veículos que desejam fazer um movimento secundário sem semaforização, é calculado a multiplicação do atraso médio de veículos e a taxa de fluxo referente ao movimento analisado, mostrado na equação 18.

Para medir o comprimento da fila utiliza o 95° percentil, que tem como base qualquer movimento inferior em um cruzamento sem semáforo em um período de pico de 15 minutos.

Figura 40: 95° percentil do comprimento de fila



FONTE: HCM 2000 (Adaptado).

$$Q_{95} \approx 900T \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right)\left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{150T}} \right] \left(\frac{C_{m,x}}{3600}\right) \quad \text{Equação 18}$$

Q95: 95° percentil do comprimento veículos em fila (veículos);

Vx: volume do movimento x (veíc./h);

Cm,x: capacidade do movimento x (veíc./h);

T = período de tempo analisado (h). (T= 0,25 para um período de 15 min).

7.3.10 Atraso devido ao controle do tráfego

O tempo que o motorista percorre do final da fila até a sua vez de fazer o movimento é denominado atraso devido ao controle de tráfego. É calculado todo tempo gasto nas paradas, de espera na fila e a aceleração final.

Esta etapa tem o objetivo de identificar o nível de serviço através do cálculo médio total, com a utilização do 95º percentil que é encontrado da mesma forma que no comprimento da fila.

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right)\left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{450T}} \right] + 5 \quad \text{Equação 19}$$

d: atraso devido ao controle (veíc./h);

VX: volume do movimento x (veíc./h);

Cm,x: capacidade do movimento x (veíc./h);

T: período de tempo analisado (h) (T= 0,25 para um período de 15 min).

7.3.11 Determinação do nível de serviço

Os critérios adotados para ser feita a determinação do nível de serviço estão expostos na figura 42 a seguir. Onde os dados explanados dão efeito somente para vias não semaforizadas, onde os atrasos admitidos são maiores devido ao maior volume neste tipo de cruzamento diferenciando-se das interseções semaforizadas onde o atraso admitido é menor, sendo que o nível de serviço é o mesmo de uma via não semaforizada.

Figura 41: Critérios de nível de serviço

NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO TOTAL (S/VEÍC.)
A	0-10
B	> 10 – 15
C	> 15 – 25
D	> 25 – 35
E	> 35 – 50
F	> 50

FONTE: HCM 2000. (Adaptado)

8 ESTUDO DE CASO

8.1 A CIDADE DE SILVÂNIA-GO

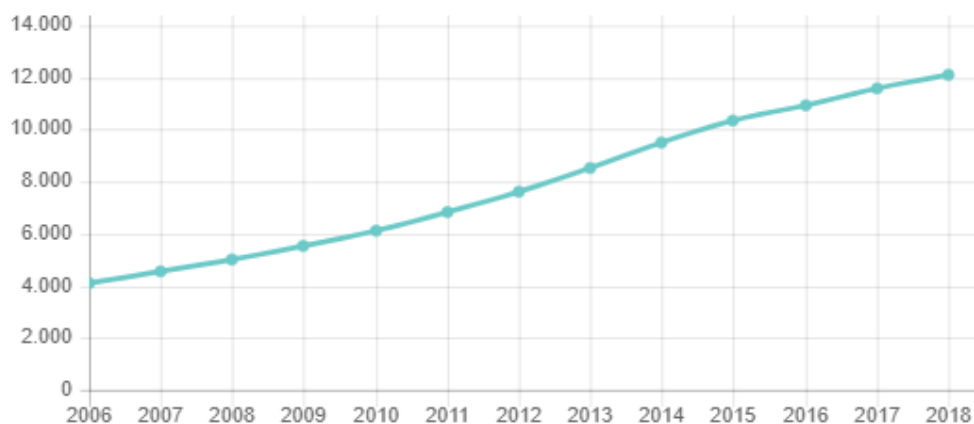
Localizada no Estado de Goiás, Silvânia é um município que se encontra aproximadamente 83 km de Goiânia que é a capital do estado e 70 km de Anápolis que é uma das cidades maiores nos arredores (PREFEITURA DE SILVÂNIA, 2019). A cidade de Silvânia é um local que se destaca por se conectar com quatro rodovias estaduais (GO-139, GO-147, GO-390 e GO-437) e também por passar uma Rede Ferroviária Federal, que liga cidades principais de Goiás e do país (CIDADE BRASIL, 2009). De acordo com a Prefeitura de Silvânia (2020) a pecuária e agricultura são o marco forte da região contando com comércio movimentado.

8.1.1 Histórico de Crescimento

Em termos de crescimento o índice que mais aumentou entre os anos de 1991 e 2010 foi a educação com 0,408 pontos seguido da longevidade e da renda. A longevidade implica em um aumento na idade média da população do município, não necessariamente representa um maior número da população, mas sim maior qualidade de vida pois aumentou consideravelmente a longevidade das pessoas.

Silvânia tem o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) com a pontuação de 0,709 no ano de 2010, em comparação com o ano de 1991 onde a pontuação era de 0,438. É uma mudança considerável em relação aos anos anteriores, o maior contribuidor para o aumento do índice é a longevidade que bate a marca de 0,814.

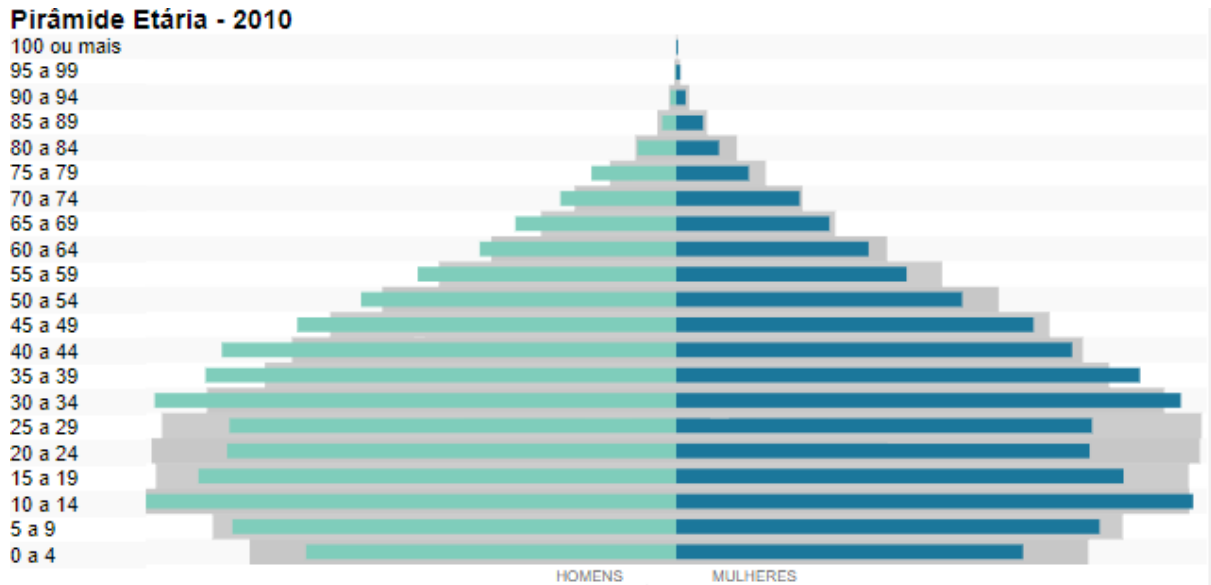
Figura 42: Frota de veículos



FONTE: IBGE, 2010

“Entre 2000 e 2010, a população de Silvânia cresceu a uma taxa média anual de 0,73%, enquanto no Brasil foi de 1,17%, no mesmo período. Nesta década, a taxa de urbanização do município passou de 58,34% para 66,37%. Em 2010 viviam, no município, 19.089 pessoas (PNUD, Ipea e FJP)”.

Figura 43: Faixa etária do município de Silvânia



FONTE: IBGE, 2010.

“Entre 1991 e 2000, a população do município cresceu a uma taxa média anual de 1,40%. Na UF, esta taxa foi de 2,46%, enquanto no Brasil foi de 1,63%, no mesmo período. Na década, a taxa de urbanização do município passou de 52,42% para 58,34% (PNUD, Ipea e FJP)”.

Figura 44: População total, gênero, rural/urbana do município de Silvânia

População	População (1991)	% do Total (1991)	População (2000)	% do Total (2000)	População (2010)	% do Total (2010)
População total	15.658	100,00	17.745	100,00	19.089	100,00
População residente masculina	8.187	52,29	9.208	51,89	9.807	51,38
População residente feminina	7.471	47,71	8.537	48,11	9.282	48,62
População urbana	8.208	52,42	10.353	58,34	12.669	66,37
População rural	7.450	47,58	7.392	41,66	6.420	33,63

FONTE: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

8.1.2 Sistema de Transporte

Por ser uma cidade relativamente pequena e possuir 20.695 habitantes segundo o levantamento feito pelo IBGE em 2019, a cidade de Silvânia não possui sistema de transporte público. Por ter somente uma avenida principal que possui variados tipos de comércio, escolas e postos de saúde, facilita com que os moradores da cidade circulem com seus próprios veículos ou até mesmo a pé.

Segundo a Prefeitura de Silvânia (2019), é fornecido para os habitantes que moram na zona rural, facilitando e ajudando com transporte escolar levando as crianças para a escola e depois levando-as de volta para casa.

8.1.3 Malha viária

Com o crescimento razoável de veículos individuais, o município de Silvânia não apresenta sistema de transporte público, mas possui uma rodoviária que realiza um fluxo de tráfego intermunicipal, interestadual e regional.

De acordo com o artigo 30 da Constituição Federal:

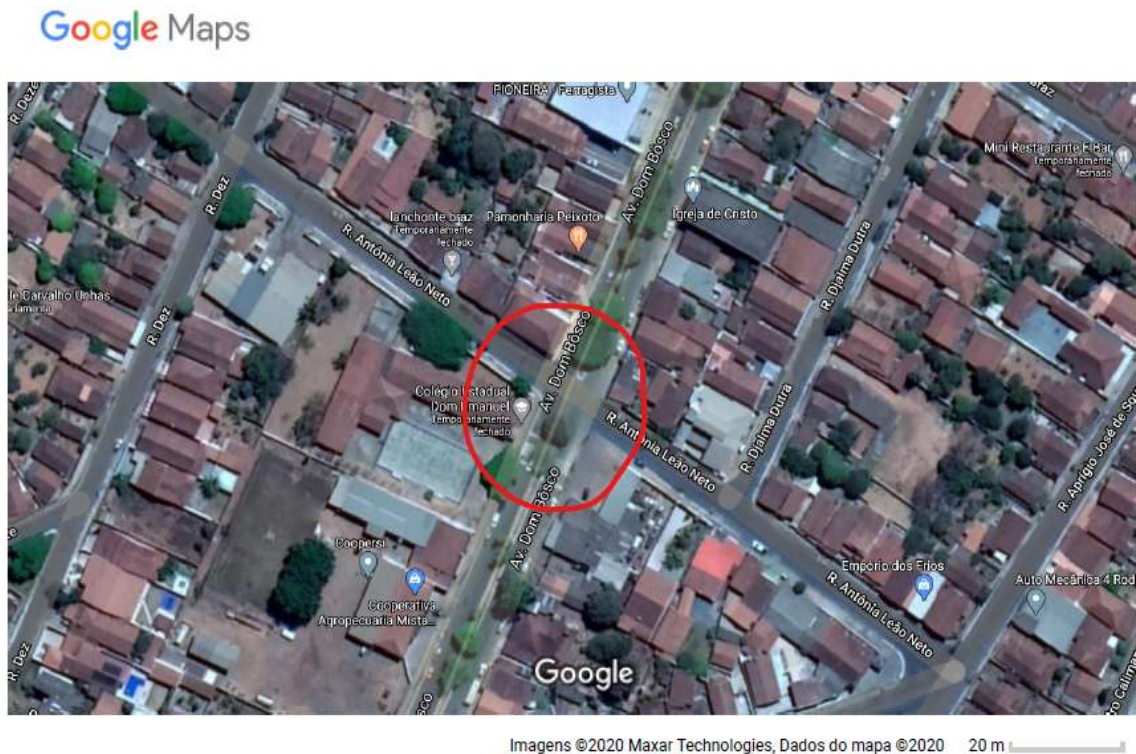
“Cabe ao município organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluindo o de transporte coletivo, que tem caráter essencial”

Devido a cidade se caracterizar na agricultura e pecuária, a maioria dos habitantes já possui seus veículos para passeio e trabalho, faz com que não precisam no momento do uso de transporte público. A avenida Dom Bosco como a maior via de tráfego do município, possui ruas largas e que não causa congestionamento mesmo com passagens, caminhões pesados, ônibus escolares, ônibus de viagens e veículos no local.

8.1.4 Cruzamento Estudado – Avenida Dom Bosco e Rua Antônio Leão Neto

Situado em Silvânia, o cruzamento entre a Avenida Dom Bosco e a Rua Antônio Leão Neto que está localizado entre o bairro Pedrinhas e o Setor Jorge Barroso.

Figura 45: Visão via satélite do local do cruzamento



A Avenida Dom Bosco é a principal via de tráfego e de maior fluxo de veículos de Silvânia, sendo a via que além de direcionar perpendicularmente para as ruas, direciona também para a GO-457, que dá acesso para a cidade de Bonfinópolis sendo a próxima cidade Goiânia, para a GO-437 que vai para Anápolis passando pela cidade de Gameleira de Goiás e também a GO-139, que dá acesso ao Lago Corumbá IV. Da mesma maneira que a Rua Antônio Leão Neto é uma rua conhecida pelos moradores, dando acesso a outras ruas importantes e dando acesso a pontos de comércio da cidade. As imagens abaixo mostram um detalhamento desse cruzamento.

Figura 46: Cruzamento da Rua Antônio Leão Neto e a Avenida Dom Bosco



FONTE: Autores, 2020.

8.1.5 Avenida Dom Bosco, Silvânia-GO

Com aproximadamente 2,32 km de extensão a Avenida Dom Bosco é a principal via do município, responsável por conectar o Setor Sul da cidade ao Centro representa assim a maior movimentação de veículos em sua via por esse motivo. Ela cobre maior parte dos bairros da cidade, sendo assim de extrema importância para os habitantes da cidade.

Em sua extensão há um grande volume de comércios voltado para serviços diversos alguns deles seriam, materiais de construção, supermercados, madeireiras e oficinas, contando também com a presença de estádio de futebol e escolas ambos lotados no bairro Pedrinhas e cemitério na sua porção final da avenida.

Por ser acesso para duas saídas da cidade é muito utilizada pelos habitantes para se deslocarem para cidade próximas como Anápolis, Gameleira e Mocambinho acesso pela GO-

437 e Goiânia e Leopoldo de Bulhões pela GO-010 que dá acesso para GO-139 em direção ao Lago Corumbá IV.

Figura 47: Avenida Dom Bosco



FONTE: Autores, 2020.

8.1.6 Rua Antônio Leão Neto, Silvânia-GO

Composta por apenas 420 m de extensão, a Rua Antônio Leão Neto se destaca por ter situado nela a Escola Estadual Dom Emanuel obtendo uma elevada movimentação de veículos no local, além da escola há também lanchonete, comércio de frios, farmácia, oficina entre outros. A rua liga perpendicularmente com a avenida Dom Bosco como dito acima, onde esta é provida de vários tipos de comércios e que também se encontra com outras ruas que direcionam para residências, sanduicherias, sorveterias e lazer para os habitantes.

Figura 48: Rua Antônio Leão Neto

FONTE: Autores, 2020.

8.1.7 Critérios

A Avenida Dom Bosco foi analisada e pode-se constatar a condição geral do cruzamento com a Rua Antônio Leão Neto em que se encontra em condições regulares, conforme a figura 49. É composta por sinalizações horizontais e verticais para regularizar o tráfego, parada obrigatória para a Rua Antônio Leão Neto e ilha central indicando separação dos dois sentidos na Avenida Dom Bosco.

Após a análise visual e entrevista com os comerciantes do local e funcionários da escola ao lado cruzamento, constatou-se que a interseção era perigosa para as crianças que estudavam no local pelo fato da má conscientização de ambas as partes, os motoristas que muitas das vezes dirigiam em alta velocidade e não respeitam as sinalizações de trânsito e as crianças que não utilizavam e aguardavam na faixa de pedestre existente.

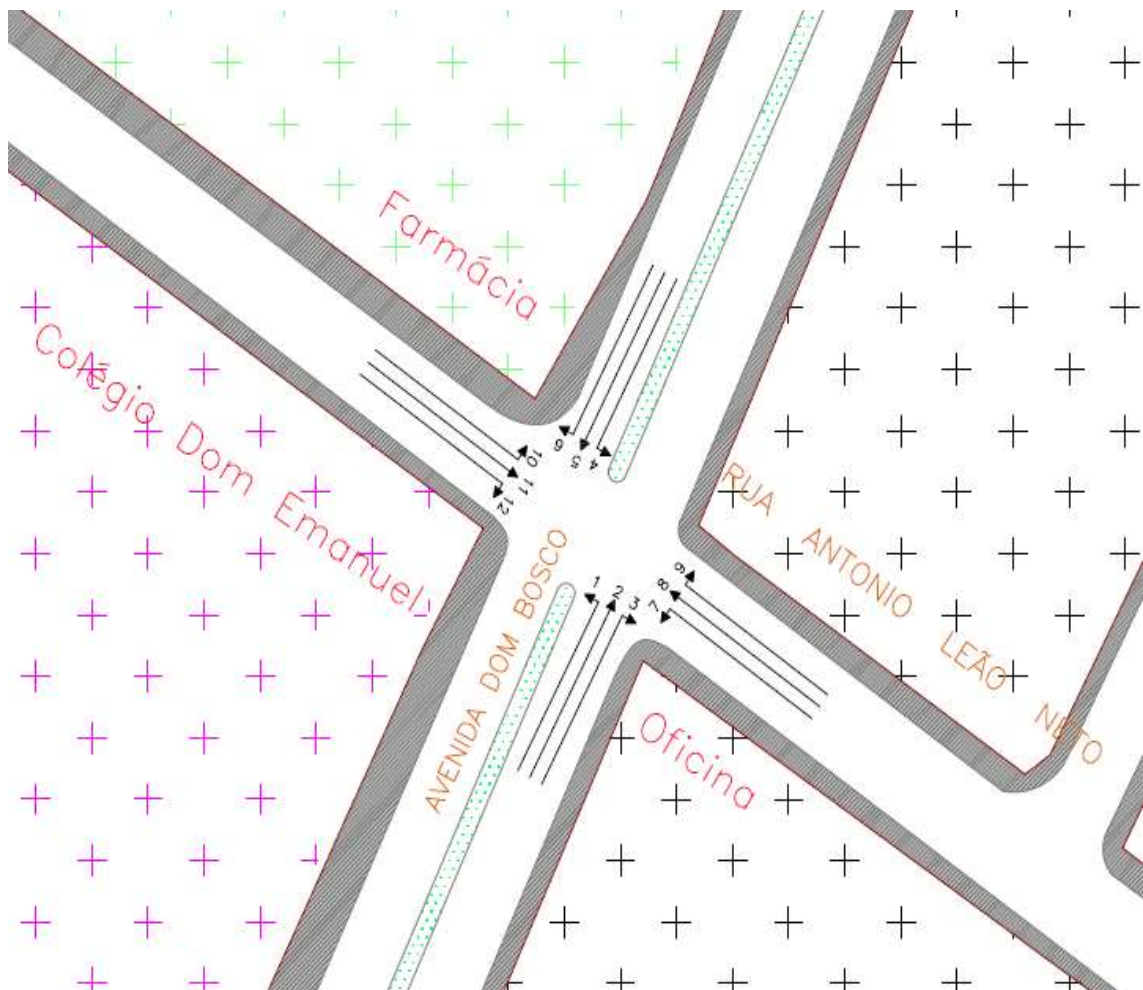
8.2 ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO TRÁFEGO

Com fundamento sobre o método HCM (2000), foi realizado um estudo de volume no cruzamento por meio de contagem classificatória e volumétrica para verificar o nível de serviço apresentado na via analisada.

A contagem é feita em um período de cinco dias úteis, em três turnos distintos, de 06:00hs às 09:00hs na parte da manhã, na hora do almoço, de 12:00hs às 14:00hs e de 17:00hs às 19:00hs na parte da noite. Esses horários são classificados como horário de pico e é realizado a contabilização dos veículos de passeio, caminhões e ônibus.

Foram avaliados 12 movimentos no cruzamento da Avenida Dom Bosco e Rua Antônio Leão Neto, como mostrado na figura 50, sendo os movimentos 1,2,3,4,5 e 6 executados na via principal e os movimentos 7,8,9,10,11 e 12, nas vias secundárias.

Figura 49: Croqui do cruzamento estudado



FONTE: Autores, 2020.

A contagem foi realizada somente na terça-feira dia 03 de março de 2020 e na sexta-feira dia 06 de março de 2020. Com os dados anotados, atingiu-se um resultado da pior parcela de hora de 15 minutos dentre as horas de pico analisadas relatada anteriormente. No intervalo de 17:00hs às 18:00hs, foi encontrado o horário mais crítico de 17h15min na sexta-feira, devido aos alunos estarem saindo da escola e os trabalhadores retornando de seus trabalhos.

Usando os parâmetros do HCM com os dados coletados para a efetuação dos cálculos, passado por todo roteiro de análise é mostrado o resultado, assim se obtém qual tipo de intervenção será determinado.

Segue abaixo imagens que demonstram alguns movimentos conflitantes no cruzamento da Avenida Dom Bosco com a Rua Antônio Leão Neto.

Figura 50: Avenida Dom Bosco, movimentos 1 e 5



FONTE: Autores, 2020.

Figura 51: Cruzamento, movimentos 1,2,5 e 11



FONTE: Autores, 2020.

Figura 52: Cruzamento, movimentos 2,4,5 e 12



FONTE: Autores, 2020.

Figura 53: Cruzamento Av. Dom Bosco x Rua Antônio Leão Neto, movimentos 2 e 8

Google Maps



Imagens ©2020 Maxar Technologies, Dados do mapa ©2020 20 m

FONTE: Google Maps, 2020.

Figura 54: Conflito da via principal com movimento 11



FONTE: Autores, 2020.

Na Tabela 2 é apresentado os valores dos veículos no horário de pico:

Tabela 2 - Volume no Horário de Pico

Movimentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PP	10	86	7	7	95	11	6	5	6	8	6	3
VP	1	5	0	1	15	1	0	2	0	2	1	0

FONTE: Autores, 2020.

Leva-se em consideração na Tabela 3 os quinze piores minutos no horário de pico para realizar os ajustes para os movimentos, onde os dados de VHP, FHP, VPP e PVP são calculados pelos métodos apresentados pelo HCM:

Tabela 3 - Volumes e ajustes

VOLUMES E AJUSTES												
Movimentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VHP	39	351	21	21	419	31	23	16	22	26	17	24
FHP	0,98	1,02	0,75	0,75	1,10	0,70	0,96	0,80	0,92	0,81	0,71	2,00
VPP	40	344	28	28	380	44	24	20	24	32	24	12
PVP	0,03	0,01	0,00	0,05	0,04	0,03	0,00	0,13	0,00	0,08	0,06	0,00

FONTE: Autores, 2020.

Os valores expressos na Tabela 4 referentes aos dados da brecha crítica são tabelados de acordo com o HCM:

Tabela 4 - Brecha Crítica

BRECHA CRITICA								
MOVIMENTOS	PLT		SRT		STH		SLT	
	1	4	9	12	8	11	7	10
tc1, base	4,1	4,1	6,2	6,2	6,5	6,5	7,1	7,1
tc1, VP	1	1	1	1	1	1	1	1
PVP(PHV)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
tc, G	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
G (plano)	0	0	0	0	0	0	0	0
t3, LT	0	0	0	0	0	0	0	0
tc, T	0	0	0	0	0	0	0	0
tc	4,2	4,2	6,3	6,3	6,6	6,6	7,2	7,2

FONTE: Autores, 2020.

Os valores da Tabela 5 estão relacionados às características da via semelhante à tabela 4, e também são considerados dos valores de PVP para ser feito o cálculo.

Tabela 5 - Tempo de Segmento

TEMPO DE SEGUIMENTO								
MOVIMENTOS	PLT		SRT		STH		SLT	
	1	4	9	12	8	11	7	10
tf, base	2,2	2,2	3,3	3,3	4,0	4,0	3,5	3,5
tf, VP (HV)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
PVP (PHV)	0,03	0,05	0,00	0,00	0,13	0,06	0,00	0,08
tf	2,22	2,24	3,3	3,3	4,1	4,1	3,5	3,6

FONTE: Autores, 2020.

A Tabela 6 explana o cálculo da capacidade de movimento das vias onde é considerado os movimentos conflitantes que existem na interseção, onde leva em consideração a impedância existente no local.

Tabela 6 - Impedância e Cálculo de capacidade

Impedância e Cálculo da Capacidade								
MOVIMENTOS	PLT		SRT		STH		SLT	
	1	4	9	12	8	11	7	10
Fluxo de Conflito (Vcx)	424	372	358	402	438	458	438	458
Capacidade de Potencial	1122	1165	684	645	498	491	526	502
Capacidade de Mov.	1122	1165	684	645	485	478	489	467
Probabilidade de Estado Livre de Fila	96,44	97,60	-	-	-	-	-	-

FONTE: Autores, 2020.

A Tabela 7 calcula aos parâmetros necessários para dar continuidade ao cálculo da Capacidade de Movimento dos movimentos da via secundária estudados.

Tabela 7 - Dados para cálculo de capacidade

Grupo 2		Grupo 3			
V_j	60,00	V_k	33,00	p''	0,94
C_{m, j}	2287,48	C_{m, k}	963,41	p'	0,95
P_{0, j}	0,97	P_{0, k}	0,97	f'	0,93

FONTE: Autores, 2020.

Tabela 8 - Capacidade de faixa compartilhada

V (veic/h)				Cm (Veic/h)			
Faixa	Mov.7	Mov.8	Mov.9	Mov.7	Mov.8	Mov.9	CSH
1	24,00	20,00	24,00	488,88	485,34	683,94	542,30
Faixa	Mov.10	Mov.11	Mov.12	Mov.10	Mov.11	Mov.12	CSH
1	32,00	24,00	12,00	466,67	478,07	645,40	495,03

FONTE: Autores, 2020.

A Tabela 9 expõe os resultados finais para a interseção estudada, apresentando os valores que qualificam cada um dos sentidos da via quanto ao tempo de espera necessário para executar os movimentos desejados.

Tabela 9 - Níveis de serviço

Níveis de Serviço						
MOVIMENTOS	V	Cm	V/C	Comp. Fila	Atraso C.	N. Serviço
1	40,00	1122,36	0,04	0,11	8,33	A
4	28,00	1165,12	0,02	0,07	8,17	A
7,8,9	68,00	542,30	0,13	0,43	12,59	B
10,11,12	68,00	495,03	0,14	0,47	13,43	B

FONTE: Autores, 2020.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o resultado definido, a análise dos níveis de serviço dos movimentos feitos no cruzamento da Avenida Dom Bosco com a Rua Antônio Leão Neto, chegou-se à conclusão de que não há necessidade da implementação de semaforização, conforme o Highway Capacity Manual 2000.

Percebeu-se um maior volume de movimento na Avenida Dom Bosco, nos dois sentidos da via, devido a contagem volumétrica de tráfego no cruzamento estudado. Somado o tráfego presente na Rua Antônio Leão Neto, surge um tempo maior de espera para fazer as conversões devido a entrada e saída dos alunos do Colégio Dom Emanuel, contudo moradores e transeuntes sugeriram um estudo para uma implantação semafórica no local.

Sendo preciso níveis D, E e F de acordo com o HCM 2000 para ser feito a implantação de sinalização semafórica, a análise feita no cruzamento estudado obteve como pior resultado nível B, informando que o fluxo é estável na via, sem ocasionar congestionamentos ou desconforto ao realizar mudança de faixa.

Não sendo possível realizar a implantação do semáforo no cruzamento, o Manual Brasileiro de Sinalização (CONTRAN) - Volume V, traz alternativas extremamente viáveis para atender os motoristas que transitam no local como implantação de mini-rotatórias e implantação de sinalização horizontal e vertical conforme a necessidade da via.

9.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido a pandemia do COVID-19 no mundo, a contagem no cruzamento da Avenida Dom Bosco com a Rua Antônio Leão Neto foi feita apenas em dois dias, uma sugestão é que faça a pesquisa a semana inteira para que se tenha resultados mais precisos, realizar o levantamentos contando feriado e fim de semana, pois interfere no fluxo de tráfego da via.

Realizar futuramente contagens no mesmo local, pois com o crescimento populacional da cidade de Silvânia/GO vem acelerando. Portanto uma nova realização de análise dos movimentos pode gerar níveis de serviço que poderá implantar uma sinalização semafórica ou outro processo que favoreça um fluxo de veículos melhor.

REFERÊNCIAS

ALBANO, J. F. NOÇÕES SOBRE INTERSEÇÕES. 2007.

BERWIG, A. **Direito do trânsito**. [s.l: s.n.].

BRASIL, I.-I. B. DE G. E E. FROTA DE VEÍCULOS NO MUNICÍPIO DE SILVÂNIA. 2018.

BRISA - Auto-estradas de Portugal, S.A. **Conservação de auto estradas**, 2017.

COELHO, J. C.; FREITAS, J. A.; MOREIRA, M. E. P. Implantações semaforicas são medidas eficazes para a redução de acidentes de trânsito? O caso de Fortaleza-CE. **XXII Congresso de Pesquisa e Ensino de Transportes**, v. v, 2008.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. TÍTULO III, **Da Organização do Estado**, 1988. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/Constituicao/artigoBd.asp?item=452>>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

CONTRAN. Manual Brasileiro de Sinalização de trânsito. 2014.

DIAS, J. L. D. S. Manual de medidas moderadoras do tráfego: traffic calming. p. 275, 2013.

DNIT. MANUAL DE PROJETOS DE INTERSEÇÃO. 2005.

FARIA, E. DE O. História dos transportes terrestres no mundo. 2011.

FONSECA, Gustavo. **Placas de Trânsito: Qual a Finalidade da Sinalização e o Que Elas Significam?**, 2017. Disponível em: <<https://doutormultas.com.br/placas-de-sinalizacao-de-transito/>>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

FRANZ, C. M.; SEBERINO, J. R. V. **A história do trânsito e sua evolução**, 2012.

G1, **São Paulo registra maior crescimento da frota de carros em três anos**, 2014.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/02/sao-paulo-registra-maior-crescimento-da-frota-de-carros-em-tres-anos.html>>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

GOIÁS, P. DE S. História da cidade de Silvânia. 2018.

HONORATO, C. M. Trânsito Seguro : Direito Fundamental de Segunda Dimensão. **Revista dos Tribunais**, v. 911, n. 1926, p. 107–169, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Silvânia**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/silvania/panorama>>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

MACHADO, A. P. COMPORTAMENTO E TRÂNSITO. **Argumento – PUC - PR**, 1996.

MARCONI, M. DE A.; PRESOTTO, Z. M. N. **Antropologia: uma introdução**. [s.l: s.n.].

NATIONS, L. OF. **Communications and Transit Section**. 1946

PNUD, IPEA E FJP - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Fundação João Pinheiro. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - Silvânia-GO**, 2013. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/silvania_go>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

PREFEITURA DE SILVÂNIA. **Aspectos Gerais**, 2019. Disponível em: <<https://silvania.go.gov.br/aspectos-gerais/>>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

ROBINSON, B. W. et al. **ROUNDABOUTS: An Informational Guide**, 2000.

SANTOS, J. N.; GUSMÃO, M. S.; COELHO, C. J. Reconhecimento de Congestionamento de Veículos em Semáforos Empregando Análise de Componentes Principais. **Revista Arithmós - Revista da Escola de Ciências Exatas e da Computação**, v. 1, n. 1, p. 54, fev. 2019.

SILVA, G. R. DA. **Avaliação da sinalização horizontal e vertical: Um olhar sobre a Praça**

Cívica de Goiânia, 2018.

SILVEIRA, Adilson. Prefeitura de Limeira reforça sinalização horizontal de vias, 2019.

Disponível em:

<<https://cordeiropolis.corderovirtual.com.br/noticias/15202/transito/cordeiropolis-recebe-etapa-da-mitsubishi-cup-com-direito-a-autodromo-de-terra-e-pedreira>>. Acesso em 22 de Maio de 2020.

VASCONCELLOS, E. A. A CIDADE DA CLASSE MÉDIA: Estado e política de transporte. 1991.

VASCONCELLOS, E. A. História do trânsito. 2010.