

Thaís Schütz Millack

**PROJETO GEOMÉTRICO DE UMA INTERSEÇÃO EM
DESNÍVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina como exigência para
obtenção do título de Graduação do
Curso de Engenharia Civil
Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio
Noronha

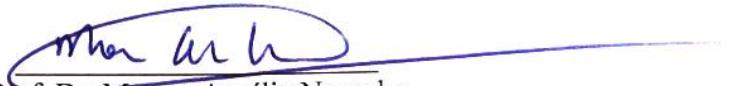
Florianópolis
2014

Thaís Schütz Millack

**PROJETO GEOMÉTRICO DE UMA INTERSEÇÃO EM
DESNÍVEL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para
obtenção do Título de Engenheiro Civil, e aprovado em sua forma final
pelo Departamento de Engenharia Civil.

Florianópolis, julho de 2014.



Prof. Dr. Marcos Aurélio Noronha
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Millack, Thais Schütz
Projeto Geométrico de uma Interseção em Desnível / Thais
Schütz Millack ; orientador, Marcos Aurélio Noronha -
Florianópolis, SC, 2014.
72 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Interseção. 3. Escolha do tipo
de interseção. 4. Interconexão. 5. Projeto geométrico. I.
Noronha, Marcos Aurélio. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Heliete e Leovaldir, que me deram apoio, suporte e educação para me tornar a pessoa que sou hoje, sempre com muito carinho e amor.

A minha amiga Laura pela amizade e companheirismo durante toda a graduação.

Ao meu namorado Yan pelo companheirismo, incentivo, paciência, carinho e por conseguir me alegrar em todos os momentos.

Serei eternamente grata ao Professor Marcos Aurélio Noronha, pela orientação e pela confiança depositada em mim.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta o projeto de uma interseção em desnível (Interconexão) como proposta de reconfiguração de interseção existente em nível, localizada na cidade de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, na rua Professor Lauro Caldeira de Andrada. Inicialmente, faz-se uma abordagem dos conceitos e elementos que envolvem estudos e projetos de interseções e escolha do tipo a partir da análise de dados de estudo de tráfego. Na sequência, faz-se uma abordagem a respeito dos elementos geométricos que compõem o projeto da interseção. Por fim, é apresentada a proposta de traçado da interseção. Com o resultado deste projeto, espera-se diminuir conflitos, eliminar cruzamentos, melhorar os movimentos de giro à esquerda e retornos, reduzir os tempos de espera e proporcionar benefícios aos usuários com relação aos custos devidos a demoras em congestionamentos, que atualmente causam condições intoleráveis em todas as chegadas à interseção.

Palavras-chave: Projeto Geométrico de Interseções, escolha do tipo de interseção, Interconexão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Interseção (Desenho: autora / Imagem: Google Maps)	13
Figura 2: Tipos de Movimentos (ALBANO, 2007).....	14
Figura 3: Pontos de conflito em uma interseção de quatro ramos (SENÇO, 2008).....	15
Figura 4: Interseção em "T" (MELO, 2012)	16
Figura 5: Interseção tipo gota (DNIT, 2005).....	16
Figura 6: Interseção canalizada (DNIT, 2005).....	17
Figura 7: Rotatória (Fonte: Google Maps)	18
Figura 8: Pontos de conflito na interseção de quatro ramos e na rótula com uma faixa de tráfego (DNIT, 2005).....	18
Figura 9: Interseção com sinalização semafórica (Fonte: Google Maps)	19
Figura 10: Tipos de interconexão (DNIT, 2005).....	21
Figura 11: Trombeta (Fonte: http://www.brasiliaguaiba.com.br/images/outros/externo_ruta102.jpg)	22
Figura 12: Diamante (MELO, 2012).....	22
Figura 13: Trevo completo (Fonte: Flickr Crédito: Clovis Ferreira / Digna Imagem).....	23
Figura 14: Interconexão direcional (Fonte: Google Maps)	23
Figura 15: Giratório (Fonte: Google Maps)	24
Figura 16: Hierarquia de movimentos. (DNIT, 1999).....	28
Figura 17: Nível de Serviço A (LIMA, 2013).....	33
Figura 18: Nível de Serviço B (LIMA, 2013).....	33
Figura 19: Nível de Serviço C (LIMA, 2013).....	34
Figura 20: Nível de Serviço D (Band Notícias / Crédito: Lucas Lacaz Ruiz/Folhapress)	34
Figura 21: (Agencia t1 / Crédito: Alex Falcão).....	35
Figura 22: Nível de Serviço F (Fonte: Estadão, 2014 / Crédito: Evelson de Freitas/AE)	35
Figura 24: Veículo De Projeto CO (m) (Fonte: DNIT, 2010)	38
Figura 23: Veículo de Projeto VP (m) (Fonte: DNIT, 2010)	38
Figura 25: Veículo De Projeto O (m) (Fonte: DNIT, 2010).....	39
Figura 26: Veículo de Projeto OR – Ônibus Rodoviário - 14m (Fonte: DNIT, 2010).....	39
Figura 28: Veículo de Projeto BT7 - Bitrem de 7 Eixos - 19,80 m (Fonte: DNIT, 2010)	40

Figura 27: Veículo de Projeto CA – Carreta de 5 Eixos – 18,60 m (Fonte: DNIT, 2010)	40
Figura 29: Veículo de Projeto CG - Cegonheiro - 22,40 m (Fonte: DNIT, 2010).....	41
Figura 30: Veículo de Projeto BTL - Bitrem de 9 Eixos - 25,00 m (Fonte: DNIT, 2010)	41
Figura 31: Veículo de Projeto BTL - Bitrem de 9 Eixos / Rodotrem - 30,00 m (Fonte: DNIT, 2010)	42
Figura 32: Curva Circular Simples. (LEE, 2002).....	45
Figura 33: Perfil Longitudinal e Greide de uma rodovia. (MACEDO, 2005)	46
Figura 34: Elementos do greide (LEE, 2002)	47
Figura 35: Superelevação (PONTES FILHO, 1998)	48
Figura 36: Área de estudo (Desenho: autora / Imagem: Google Maps) 50	
Figura 37: Movimentos realizados na interseção atual (Desenho: autora / Imagem: Google Earth).....	52
Figura 38: Interseção e Posto de Contagem - P1 (Desenho: autora / Imagem: Google Maps)	53
Figura 39: Veículo de projeto CA.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de projeto e critérios de classificação técnica (DNIT, 1999)	30
Tabela 2: Principais dimensões básicas dos veículos de projeto (m) (DNIT, 2010).....	43
Tabela 3: Valores de K segundo distância de visibilidade de parada (DNIT, 2005).....	44
Tabela 4: Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável (DNIT, 2010).....	48
Tabela 5: Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição (DNIT, 2010).....	49
Tabela 6: Resumo da contagem volumétrica de tráfego para 2013 – Posto P1 (Fonte: PROSUL, 2013).....	55
Tabela 7: VMD anual e Composição de tráfego para 2013 (Fonte: PROSUL, 2013).....	55
Tabela 8: Previsão de tráfego para anos futuros (Fonte: PROSUL, 2013)	56
Tabela 9: Características básicas de projeto geométrico (Fonte: DNIT, 1999)	59
Tabela 10: Largura das pistas de conversão (m) (DNIT, 2005)	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico indicativo do tipo de interseção em áreas urbanas (DNIT, 2005)	26
Gráfico 2: Gráfico de Superelevação (DNIT, 2010).....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Ângulo Central
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
FHP	Fator Horário de Pico
HCM	<i>Highway Capacity Manual</i>
PC	Ponto de Curva
PCV	Ponto de Curva Vertical
PI	Ponto de Interseção
PIV	Ponto de Interseção Vertical
PT	Ponto de Tangente
PTV	Ponto de Tangente Vertical
UCP	Unidade de carro de passeio
VMD	Volume Médio Diário
VHP	Volume Horário de Projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo Geral	11
1.2 Objetivos Específicos	11
1.3 Metodologia de pesquisa	12
1.3.1 Definição do local a ser beneficiado com o projeto geométrico proposto	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Interseções	13
2.1.1 Interseções em nível	15
2.1.2 Interseções em Níveis Diferentes	19
2.2 Escolha do tipo de interseção	24
2.3 Classificação das rodovias	26
2.3.1 Classificação Funcional	27
2.3.2 Classificação técnica	28
2.4 Volumes de Tráfego	30
2.5 Capacidade	31
2.5.1 Nível de serviço	32
2.5.2 Fator Horário de Pico	36
2.6 Elementos de Projeto	37
2.6.1 Veículos de projeto	37
2.6.2 Velocidade Diretriz	43
2.6.3 Distância de Visibilidade	44
2.6.4 Alinhamento Horizontal, Vertical e Superelevação	45
3 METODOLOGIA	50

3.1	Características da interseção existente	51
3.2	Estudo de Tráfego	52
4	RESULTADOS	57
4.1	Tipo e Configuração da Interseção Adotada	57
4.2	Projeto Geométrico da Interseção Proposta	58
4.2.1	Definição do veículo de projeto	59
4.2.2	Alinhamento Horizontal	60
4.2.3	Alinhamento Vertical	62
4.2.4	Seção Transversal	62
5	CONCLUSÃO	66
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A	70
	APENDICE B	71
	APENDICE C	72

1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas que afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas nas grandes cidades hoje é a questão da falta de mobilidade urbana. A população nesses grandes centros urbanos cresce em progressão geométrica, conseqüentemente criando impacto no tráfego de veículos.

Em Florianópolis, capital de Santa Catarina, observa-se diariamente intenso congestionamento de veículos em diversos pontos da cidade. A área em torno da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), na interseção onde chegam as ruas Professor Lauro Caldeira de Andrada, Delfino Conti e João Pio Duarte, é um desses pontos críticos. Nos horários de pico a capacidade da via é excedida, o que transforma a vida dos usuários um caos. Ao longo dos últimos dez anos, houve um aumento expressivo do tráfego na cidade de Florianópolis, como confirmam os dados do Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina (DETRAN/SC), os quais revelam um aumento de 75% no fluxo de veículos.

A esse respeito, há um compromisso dos profissionais formados na área da Engenharia Civil em encontrar soluções técnicas capazes de amenizar ou mesmo resolver questões como essa e, assim, promover a melhoria na qualidade de vida das pessoas.

Dentro dessa perspectiva, este trabalho de conclusão de curso é uma oportunidade para realizar-se uma pesquisa sobre o assunto e apresentar uma solução viável para resolver o problema de tráfego da área em questão. Por isso, este estudo tem como objetivo apresentar o projeto geométrico da proposta de reconfiguração da interseção existente, como solução satisfatória para o problema de tráfego no cruzamento das ruas Professor Lauro Caldeira de Andrada, Delfino Conti e João Pio Duarte.

A apresentação deste trabalho comporta as seguintes partes: esta Introdução, a Revisão Bibliográfica, Metodologia, Projeto Proposto, as Considerações Finais, as Referências Bibliográficas utilizadas e Apêndices.

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o projeto geométrico de uma interseção, como solução satisfatória para o problema de tráfego no cruzamento das ruas Professor Lauro Caldeira de Andrada, Delfino Conti e João Pio Duarte.

1.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar sobre os diferentes tipos de interseções, as condições e parâmetros de implantação destas, assim como os elementos geométricos que compõem o projeto;
- Coletar dados e informações necessários para determinar o modelo mais adequado às necessidades e características da região para realização do projeto geométrico de uma interseção e
- Elaborar o projeto geométrico da interseção.

1.3 Metodologia de pesquisa

Para a elaboração do projeto, fez-se necessária uma base teórica acerca do tema, por meio da elaboração de uma revisão bibliográfica, com base em pesquisas feitas em normas, artigos acadêmicos, dados coletados e materiais elaborados por professores. Em concordância com essa fundamentação, foi feita a análise dos dados e elaborado o projeto geométrico aqui proposto como solução para o problema apresentado, utilizando-se o programa MicroStationV8/Geopak.

1.3.1 Definição do local a ser beneficiado com o projeto geométrico proposto

A área foi escolhida por conter uma interseção que apresenta inadequada capacidade de tráfego. Existe a necessidade de adequação da interseção para o volume de tráfego atual por meio da implantação de um dispositivo, como uma interseção em desnível.

A interseção localiza-se no bairro Pantanal, no cruzamento entre as ruas Professor Lauro Caldeira de Andrada, Delfino Conti e João Pio Duarte, próximo a UFSC.

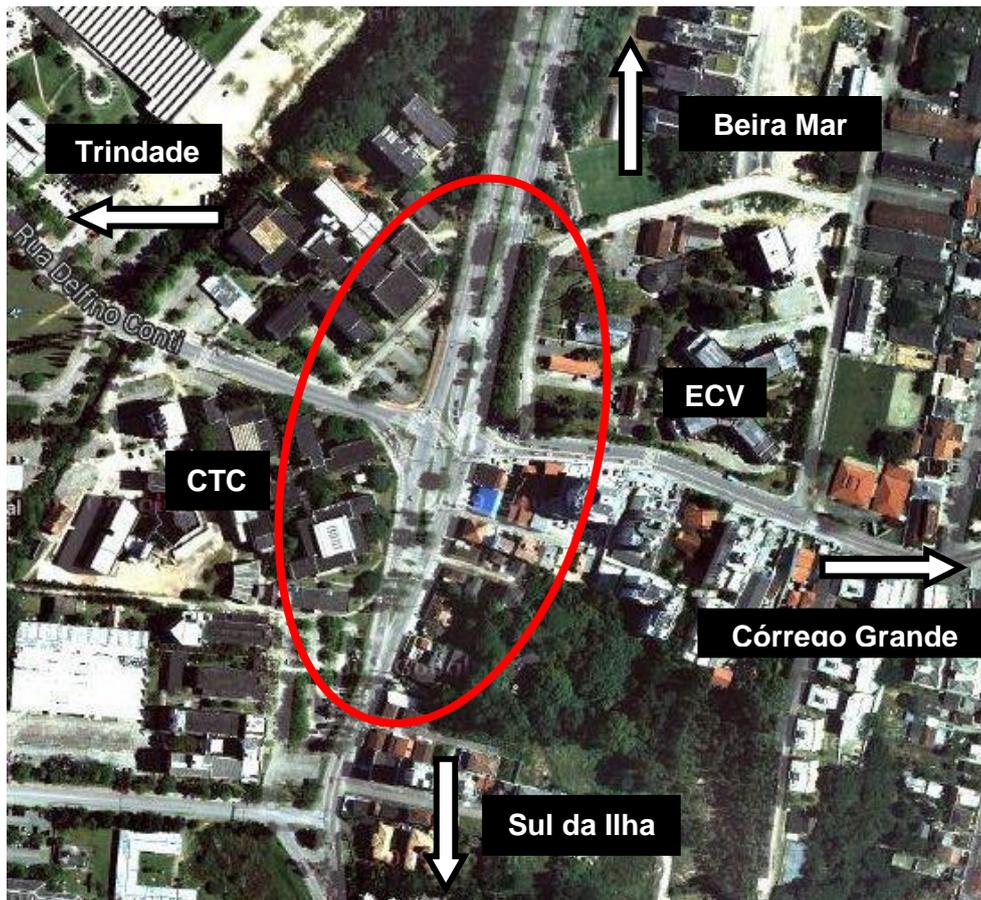


Figura 1: Localização da Interseção (Desenho: autora / Imagem: Google Maps)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica que segue traz os elementos essenciais para o entendimento do projeto proposto nesse trabalho. Apresenta primeiramente uma explicação do que é interseção, seguida pelo detalhamento dos itens relacionados a esta, como tipos de interseções, classes de rodovias, elementos de projeto, e ainda, figuras, gráficos e tabelas que acrescentam informações e propõem melhor entendimento do assunto.

2.1 Interseções

Conforme o crescimento da rede viária, surgem regiões de conflito das vias que se cruzam ou se unem, sendo necessário que se realize determinado tratamento técnico para melhor atendimento de um número cada vez maior de usuários nesses locais de interseção.

O DNIT (2005) define interseção como a área em que duas ou mais vias se cruzam, abrangendo todo o espaço destinado a facilitar os movimentos dos veículos que por ela

circulam. Esses movimentos podem ser classificados em *Cruzamento*, *Convergência*, *Divergência* e *Entrelaçamento* conforme mostra a Figura 1.

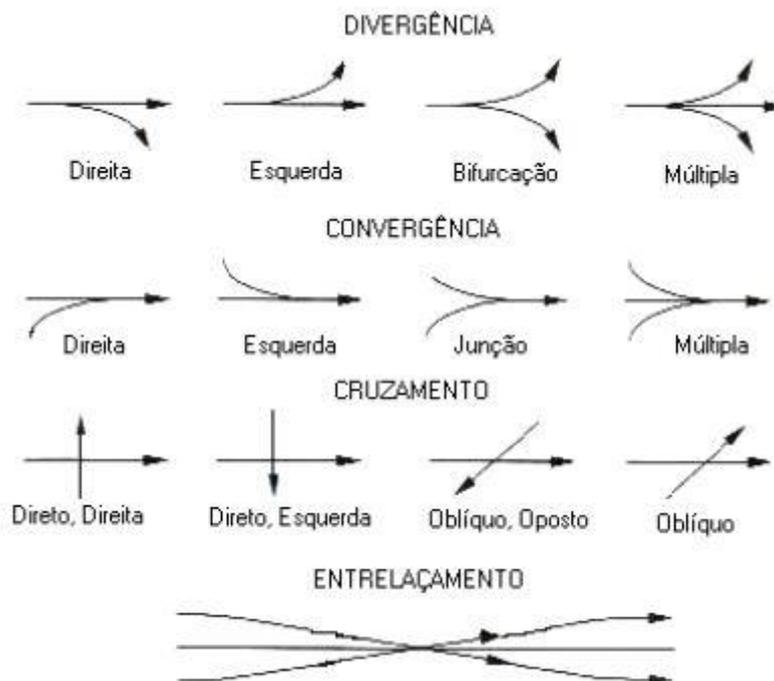


Figura 2: Tipos de Movimentos (ALBANO, 2007).

As interseções são consideradas áreas críticas, pois apresentam maiores riscos de acidentes e exigem plena atenção dos usuários. Conforme Albano (2007), as interseções urbanas ocupam 19% da área pavimentada e nelas ocorrem 78% dos acidentes. Em uma interseção de quatro ramos (conhecida por cruzamento) representada na Figura 3, por exemplo, há 32 pontos de conflitos, sendo 8 divergentes (●), 8 convergentes (⊙) e 16 cruzamentos (○).

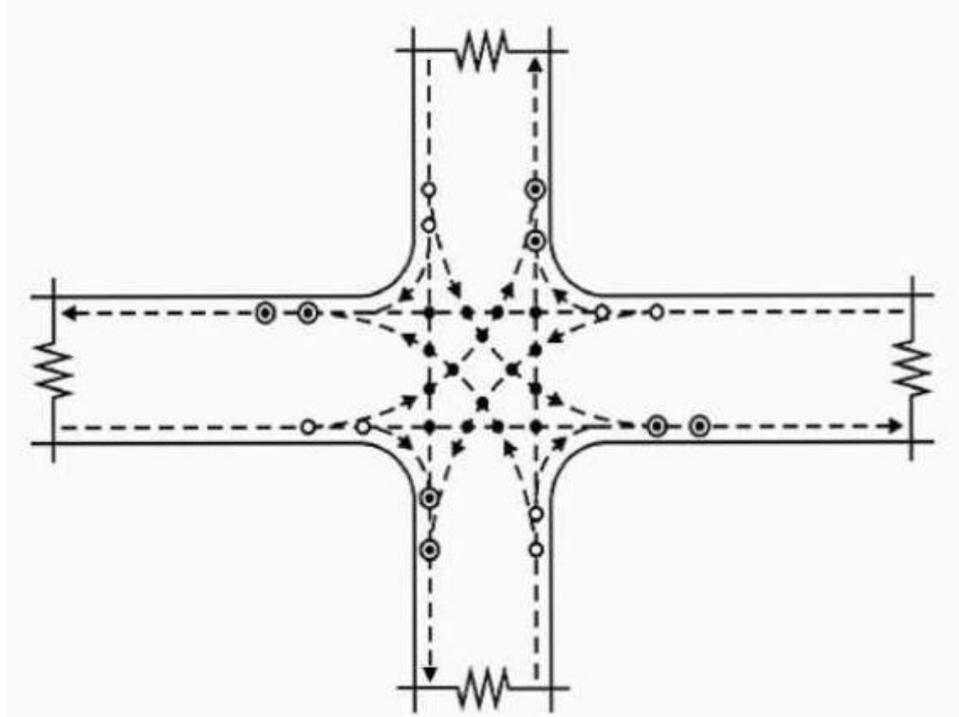


Figura 3: Pontos de conflito em uma interseção de quatro ramos (SENÇO, 2008).

Portanto, para a elaboração do projeto é importante a escolha do tipo de interseção e a adequação dos seus dispositivos destinados a ordenar os movimentos, de modo a garantir segurança, conforto e o nível de serviço das vias.

Inicialmente as interseções são classificadas em dois grandes grupos, conforme os planos onde ocorrem os movimentos de cruzamento: Interseção em Nível e em Níveis Diferentes, conforme discriminação a seguir.

2.1.1 Interseções em nível

São interseções em que as correntes de tráfego se unem no mesmo nível, sem auxílio de obras de arte. Para tanto, necessitam de dispositivos destinados a ordenar os movimentos e diminuir conflitos, em decorrência da necessidade, do nível de conforto e de segurança que a interseção pode oferecer. No Manual de Projeto de Interseções, o DNIT as define em função do número de ramos, das soluções adotadas e do controle de sinalização, conforme segue:

Número de ramos

Três ramos ou “T”, quatro ramos ou múltiplos ramos (mais que cinco). Porém, a preferência é de que tenha no máximo quatro.



Figura 4: Interseção em "T" (MELO, 2012)

Soluções adotadas

- Mínima: solução sem controle especial quando o volume horário total da via principal é inferior a 300 UCP (unidade de carro passeio) e da via secundária inferior a 50 UCP .

- Ilha direcional tipo “gota” na via secundária para disciplinar movimentos de giro à esquerda;

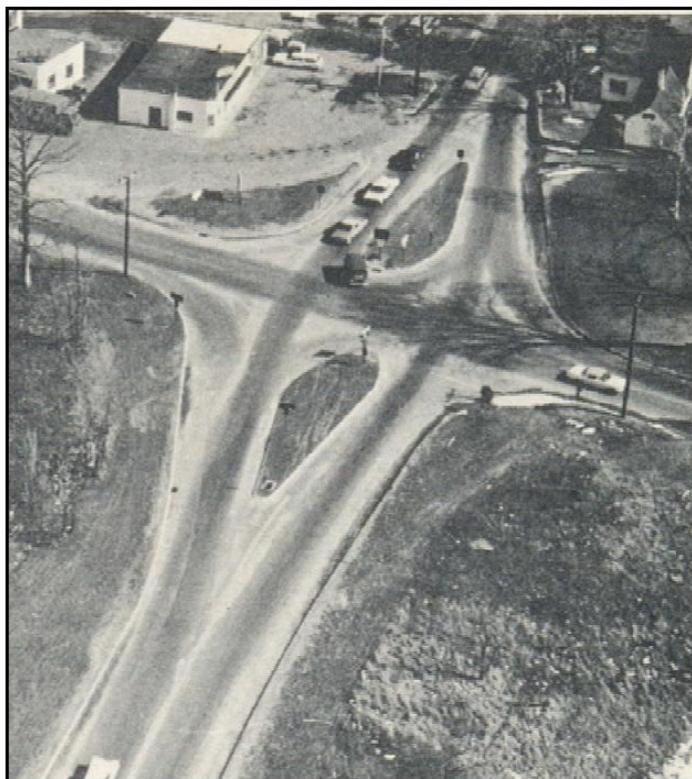


Figura 5: Interseção tipo gota (DNIT, 2005)

- Canalizada: tem a finalidade de diminuir conflitos, onde movimentos de tráfegos têm trajetórias definidas por sinalização horizontal, ilhas ou outros meios;

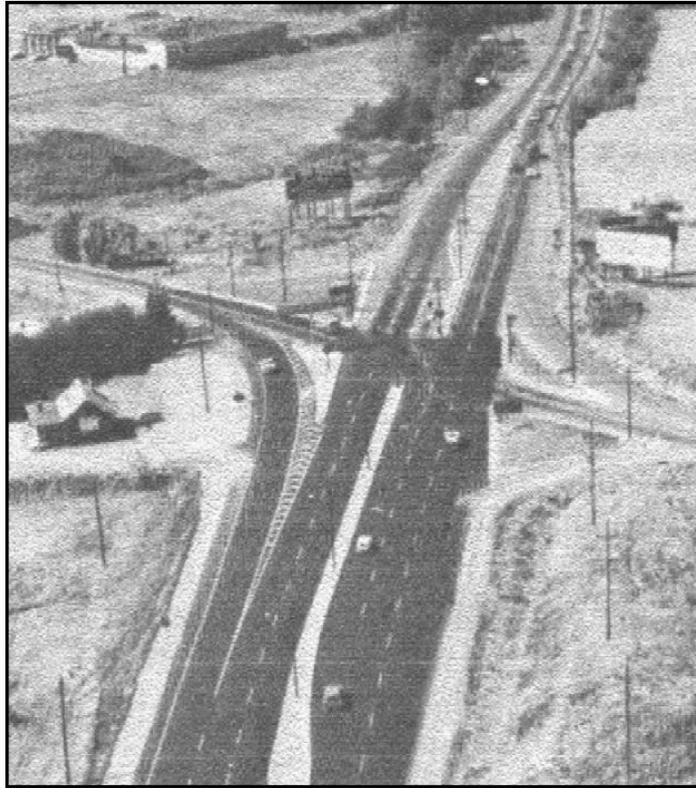


Figura 6: Interseção canalizada (DNIT, 2005)

- Rótula ou rotatória: elimina cruzamentos, reduz o tempo de espera, apresenta baixo custo de manutenção e operação, permite manobras de retorno, reduz o consumo de combustível e a emissão de gases poluentes por eliminar a mudança brusca de velocidade, como acontece em interseções semaforizadas. Considerando uma interseção de quatro ramos onde há 32 pontos de conflito, a rótula com uma faixa diminui para 8 pontos de conflito.

O diâmetro externo deve ser pelo menos da ordem de 30 a 40 metros e o diâmetro interno deve atender ao gabarito dos maiores veículos. Quanto maior o diâmetro da rotatória, maior a capacidade. Como afirma Albano (2007), a capacidade da rótula é diretamente proporcional ao quadrado do diâmetro.

Nesse tipo de interseção é dada preferência ao tráfego circulando na rotatória. Conforme o Manual de Projeto de Interseções do DNIT, essa concepção faz referência à *rótula moderna*. As primeiras rótulas caíram em desuso, após grande sucesso inicial, pela falta da regra de prioridade, uma vez que praticamente elimina os movimentos de entrecruzamentos causando grande aumento da capacidade, e diminui a ocorrência de colisões laterais. Nas rótulas chamadas de *convencionais*, dá-se a preferência de passagem ao tráfego

que vier pela direita e dos acessos. Neste trabalho faz-se referência apenas às rótulas modernas.



Figura 7: Rotatória (Fonte: Google Maps)

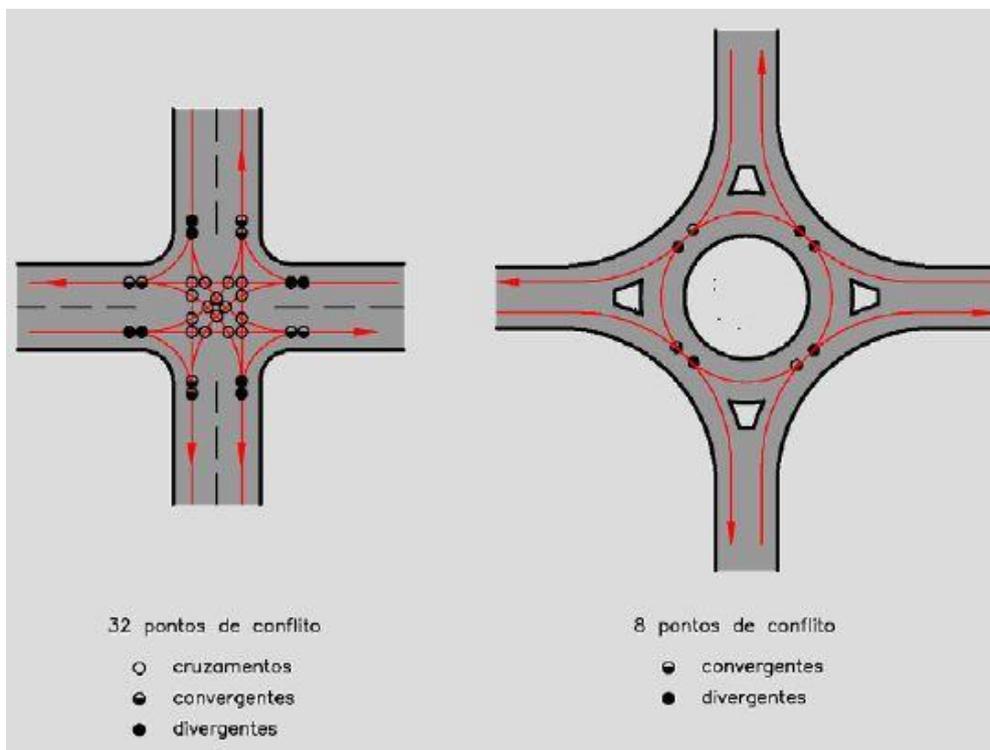


Figura 8: Pontos de conflito na interseção de quatro ramos e na rótula com uma faixa de tráfego (DNIT, 2005)

Controle de sinalização

Sem sinalização semafórica (zonas rurais) ou com sinalização semafórica (zonas urbanas).



Figura 9: Interseção com sinalização semafórica (Fonte: Google Maps)

2.1.2 Interseções em Níveis Diferentes

Interseções em desnível são assim chamadas “quando existem vias e ou ramos da interseção cruzando-se em cotas diferentes” (Valente, 2010).

A interseção em níveis diferentes oferece maior segurança, devido à ausência de conflitos diretos, possibilidade de ser construída em etapas, evitam paralisações e grandes mudanças de velocidade. Porém, por apresentar alto custo inicial, a necessidade desse tipo de interseção deve ser analisada.

O Manual de Projetos e Interseções do DNIT (2005) classifica dois tipos de interseções em níveis diferentes: “Cruzamento em níveis diferentes sem ramos” e “Interconexões”.

2.1.2.1 Cruzamento em níveis diferentes sem ramos

Nesse tipo de interseção em desnível as vias se cruzam sem ramos de conexão e portanto, não há trocas de fluxo de tráfego entre as rodovias que se interceptam. Os movimentos correspondentes às conexões dos ramos são transferidos para outros locais ou feitos usando outras rotas existentes. Os cruzamentos são assim determinados: passagem

superior, quando a rodovia principal passar sobre a via secundária; ou passagem inferior, quando a rodovia principal passar sob a via secundária.

A omissão dos ramos pode ocorrer quando há pequeno volume de tráfego entre duas rodovias. No caso de terreno muito acidentado, as conexões dos ramos podem ser inviáveis.

2.1.2.2 Interconexão

As interconexões diferem-se das interseções em desnível sem ramos, por apresentarem, no mínimo, uma ligação entre as vias do cruzamento. Ou seja, além do cruzamento em desnível, a interseção possui ramos que conduzem os veículos de uma via à outra.

É a solução adotada para eliminar conflitos de cruzamento e de conversão à esquerda e em interseções entre duas vias onde o tráfego é intenso e não pode mais ser melhorado no mesmo nível.

São pontos que justificam a adoção de interconexão (DNIT, 2005):

- Com a implantação de uma via expressa que apresente controle total de acesso, a interseção em desnível ou interconexão é obrigatória;
- Volume de tráfego elevado na interseção, causando congestionamento nas vias que chegam nela;
- Única opção viável economicamente para locais com condições topográficas específicas;
- Diminuição dos acidentes que ocorrem mais frequentemente em interseções de nível;
- Opção obrigatória para a implantação de uma rodovia com controle total de acesso à via expressa;
- Elevados custos aos usuários em interseções em nível, que envolvem desde tempo perdido em congestionamentos e acidentes até manutenção com os veículos. Mesmo que a interconexão apresente maior percurso, o custo adicional compensa;

Uma interconexão é formada pela combinação de vários tipos de ramos. Os ramos, usualmente, tem padrão técnico inferior aos das rodovias que se interceptam. Eles podem ser do tipo diagonal, como visto na interconexão em diamante, que possui quatro ramos diagonais; laço ou “loop”, com a função de realizar conversões; direcional, conectando duas vias pelo trajeto mais espontâneo, de forma que haja a menor variação angular possível entre

as direções inicial e final; semidirecional, quando o traçado que conecta duas vias apresenta uma reversão na variação angular, criando um desvio do percurso mais natural.

A Figura 10 apresenta os sete tipos básicos de interconexões:

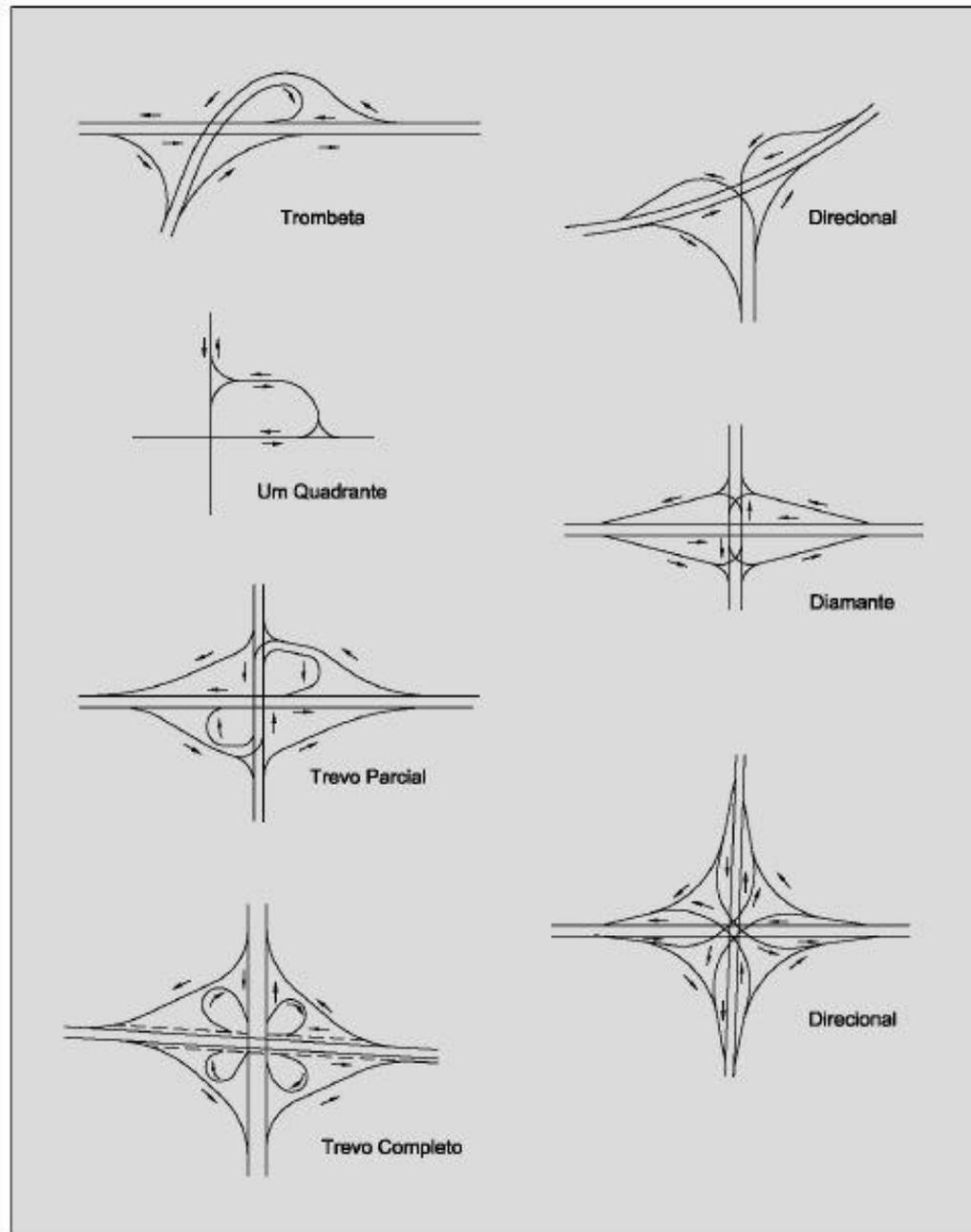


Figura 10: Tipos de interconexão (DNIT, 2005).

Interconexão em “T” e “Y”

Interconexão com três ramos. Chamada de trombeta quando uma das correntes de tráfego executar giro próximo de 270°.

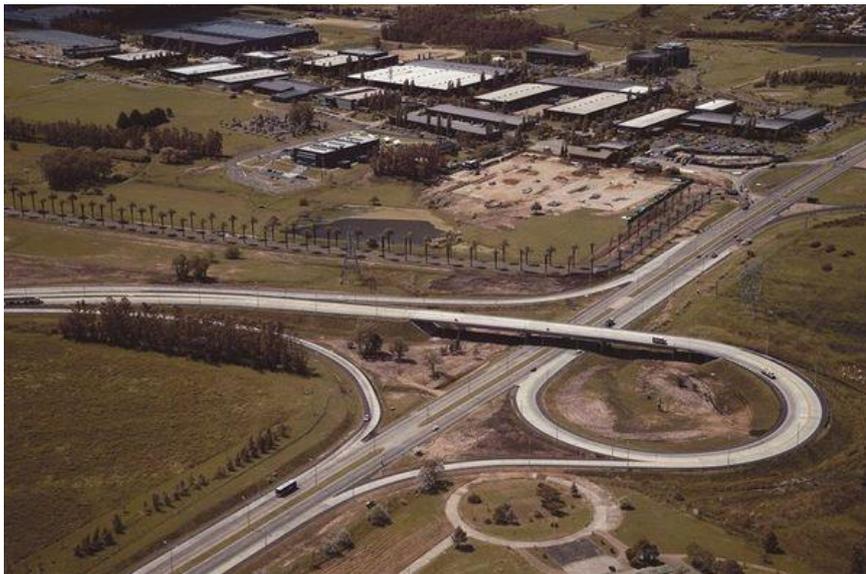


Figura 11: Trombeta (Fonte: http://www.brasiliaguaiba.com.br/images/outros/externior_ruta102.jpg)

Diamante

Empregado em cruzamentos de uma rodovia principal com uma secundária, onde conversões à esquerda, em nível, na rodovia secundária, podem ser executadas sem dificuldade. Requer pouco espaço fora da faixa de domínio da rodovia principal, os ramos são curtos e as entradas e saídas são simples. Porém, tem como desvantagem muitos pontos de conflito na rodovia secundária.



Figura 12: Diamante (MELO, 2012)

Trevo

Interconexão com laços para realizar movimentos de conversão à esquerda. Há trevos completos, com laços nos quatro quadrantes, os outros com menos são parciais. Exige grandes áreas para implantação.



Figura 13: Trevo completo (Fonte: Flickr Crédito: Clovis Ferreira / Digna Imagem)

Direcional e Semidirecional

Utilizam ramos direcionais e semidirecionais para um ou mais movimentos de conversão. É direcional quando todos os movimentos de conversão são feitos por ramos diretos. Esse tipo de interconexão é indicado em conexões de vias expressas e em locais altos volumes de tráfego necessitam fazer conversões.



Figura 14: Interconexão direcional (Fonte: Google Maps)

Giratório

Interconexão que utiliza rótula na via secundária. Usualmente são adotadas quando existem cinco ou mais ramos e os movimentos de entrecruzamento são toleráveis. Apresenta algumas desvantagens como: sinalização complexa, elevado custo de construção e necessidade de grande espaço para implantação.

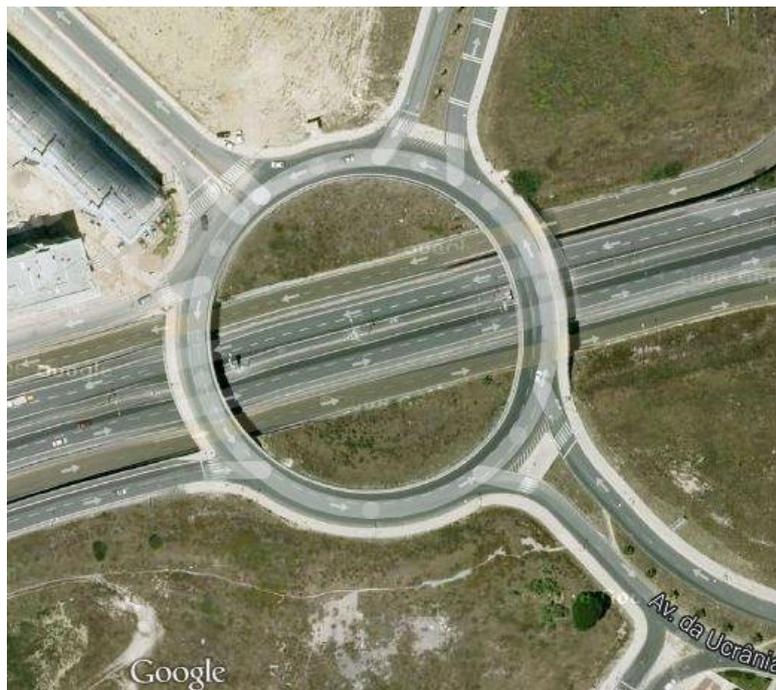


Figura 15: Giratório (Fonte: Google Maps)

2.2 Escolha do tipo de interseção

A qualidade do projeto de interseção está ligada à capacidade de escoamento de tráfego, à segurança, ao conforto e aos custos de implantação. De acordo com as necessidades locais e com a disponibilidade de recursos, o tipo de interseção a ser projetada é determinante para obter tais características, de maneira econômica e garantindo movimentos de conversão seguros e rápidos.

Conforme DNIT (2005), a escolha do tipo de interseção depende de dados que estão intimamente ligados aos elementos de projeto e por isso devem ser previamente conhecidos:

Dados funcionais: classificação funcional das vias, tipo de controle de seus acessos, velocidades e prioridades de passagens;

Dados físicos: topografia da área afetada, edificações, acidentes geográficos, serviços existentes como adutoras, linhas de transmissão, etc;

Dados de tráfego de veículos e pedestres: volume e características de tráfego do ano de projeto, Volumes Médios Diários (VMD) e Volumes Horários de Projeto (VHP). Nas interseções onde a influência dos pedestres pode contribuir para causar problemas de capacidade e segurança, devem ser registrados o volume e seus movimentos, além de identificados os locais críticos ou perigosos para posterior análise e verificação da necessidade de implantação de passarela ou outro tratamento adequado;

Dados de acidentes: principalmente no caso de melhoria de interseções existentes, são importantes os registros contendo números de acidentes, causas e tipos.

Dados econômicos: custo de implantação da interseção, que envolve desapropriação e construção.

A análise desses dados é importante para a elaboração do projeto e conduz à escolha do tipo de interseção, porém a influência da velocidade e dos volumes de tráfego são fatores que justificam o tipo adotado.

O DNIT recomenda que a escolha do modelo de interseção baseie-se em projetos já consagrados, reconhecidamente seguros e com os quais os motoristas estão familiarizados. Além disso, devem-se considerar interseções simples e que estejam em harmonia com outros dispositivos na continuidade do projeto, proporcionando maior segurança e conforto aos usuários.

O gráfico a seguir relaciona os tipos básicos de interseções com os volumes de tráfego das vias que se interceptam. Foi elaborado a partir de resultados obtidos de estudos sobre soluções a serem adotadas em interseções urbanas (Roads and Traffic in Urban Areas, Institution of Highways and Transportation, Her Majesty's Stationery Office, England, 1987. *Apud* DNIT, 2005).

Tendo o volume médio diário do tráfego das vias principal e secundária, faz-se a relação delas para encontrar o modelo de interseção adequado, que pode ser em nível ou em desnível.

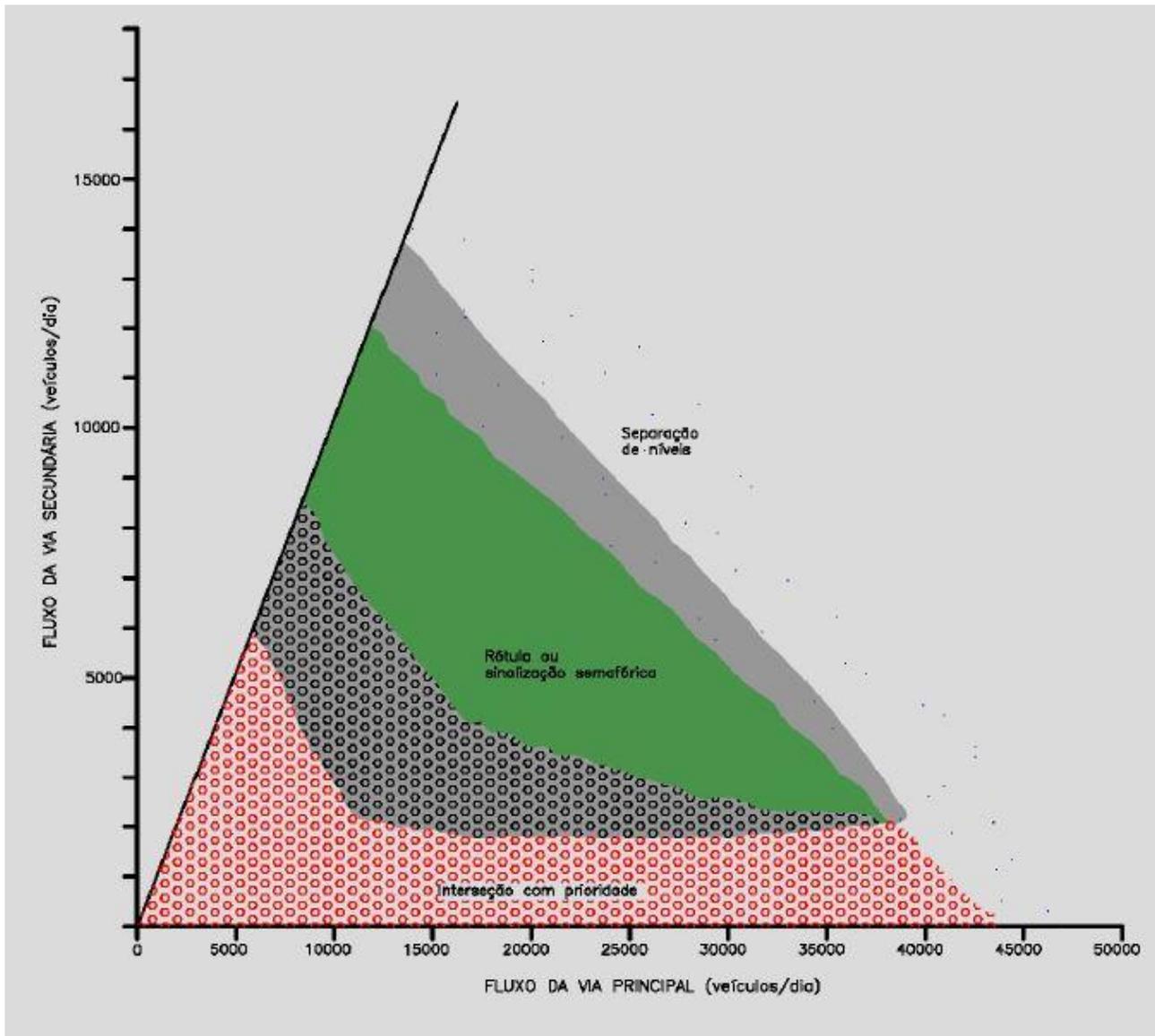


Gráfico 1: Gráfico indicativo do tipo de interseção em áreas urbanas (DNIT, 2005)

2.3 Classificação das rodovias

Existem variados critérios de classificação das rodovias, cada qual com sua função exercem um papel importante para atender a diferentes objetivos, sejam eles de caráter administrativo, funcional ou técnico.

A classificação administrativa relaciona-se com nomenclaturas das rodovias e não tem relevância para a elaboração do projeto em questão.

2.3.1 Classificação Funcional

A classificação funcional determina o tipo de serviço que a rodovia oferece de acordo com as funções básicas de mobilidade e de acessibilidade. Mobilidade é o grau de facilidade para deslocar-se. Acessibilidade é o grau de facilidade que oferece uma via para conectar a origem de uma viagem com seu destino (DNIT, 2010).

A figura 16 mostra os estágios de deslocamento de uma viagem comum, saindo de O (origem) para chegar em D (destino).

Segundo DNIT (1999), compreendem a seguinte hierarquia de movimentos:

Acesso: início ou fim da viagem onde se utiliza uma Via Local, de menor tráfego. A função é de oferecer acesso.

Captação: coleta os veículos das vias locais por meio de Via Coletora, de maior tráfego. Funções de mobilidade e acesso.

Distribuição: função principal de mobilidade. Ocorre em via com característica superior à de captação, sendo ela a Via Arterial Secundária.

Transição: ocorre por meio de rampa de acesso ou ramal de interseção.

Movimento principal: executado em via de alto padrão, a Via Arterial Principal proporciona levada mobilidade.

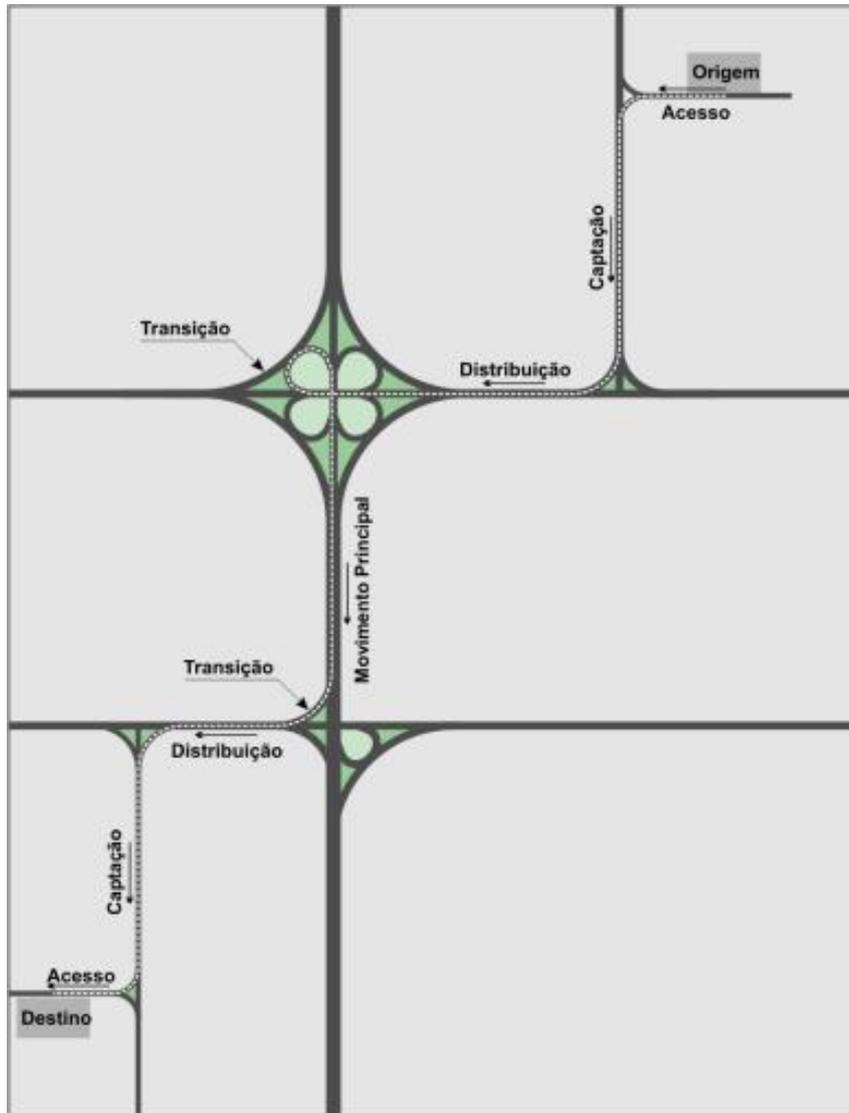


Figura 16: Hierarquia de movimentos. (DNIT, 1999)

...uma das mais importantes causas do mau funcionamento de um sistema viário é não atender com projeto adequado os diferentes estágios da hierarquia de movimentos. De fato, conflitos e engarrafamentos ocorrem em rodovias arteriais e vias alimentadoras quando as vias de transição são deficientes. (DNIT, 1999)

2.3.2 Classificação técnica

A classificação técnica relaciona-se com a qualidade do nível de serviço que a rodovia irá prestar, de acordo com o volume de tráfego previsto e as características geométricas necessárias para oferecer conforto, economia e segurança.

Conforme Lee (2002), a classificação técnica “permite a definição das dimensões e da configuração espacial com que a rodovia deverá ser projetada para poder atender satisfatoriamente à demanda que a solicitará, e conseqüentemente, às funções a que se destina”.

O DNIT estabelece cinco Classes de rodovias definidas pelos seguintes critérios: *posição hierárquica dentro da classificação funcional, volume médio diário de tráfego, nível de serviço, outros condicionantes (fator econômico).*

Ainda segundo o manual do DNIT, normalmente o tráfego cresce no sentido Sistema Local – Sistema Coletor – Sistema Arterial, e em trechos com influência urbana, o tráfego local pode ser dominante.

O volume médio diário de tráfego (VMD) trata-se do volume de tráfego misto (carro, ônibus e caminhão) expresso em veículos/dia (v/d ou vpd) ou veículos/hora (v/h ou vph).

O Nível de serviço refere-se ao tipo de terreno atravessado, podendo ser plano, ondulado ou montanhoso.

O primeiro caracteriza-se por combinações de alinhamentos horizontais e verticais que permite aos veículos pesados manter aproximadamente a mesma velocidade que os carros de passeio. Inclui rampas e curvas de até 2%. No terreno ondulado as combinações provocam reduções substanciais nas velocidades dos veículos pesados. E por fim, o terreno montanhoso apresenta combinações que obrigam os veículos pesados a operar com velocidades de arrasto por distâncias significativas e a intervalos frequentes. Os níveis são determinados para o Volume Horário de Projeto (VHP) para o 10º ano após abertura da rodovia.

O custo da construção é outro aspecto relevante. É influenciado pelo relevo da região, classificada em três categorias, da mesma maneira que o terreno. A região plana, caracteriza-se por permitir a implantação de rodovias com grandes distâncias de visibilidade e com baixos custos, devido a facilidade de construção. A região ondulada tem terreno inclinado que exige pequenos cortes e aterros para acomodar os greides das rodovias. Por fim, a região montanhosa tem variações longitudinais e transversais abruptas em relação à rodovia, sendo necessários cortes e aterros laterais das encostas para implantar alinhamentos aceitáveis.

2.3.2.1 Classes de projeto

As classes de projeto a seguir são recomendadas pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT. Definidas pelos critérios descritos no item anterior, são numeradas de 0 a IV conforme o nível de característica técnica da rodovia.

Classe 0 (Via Expressa): rodovia de alto nível técnico, pista dupla com controle total de acesso, admitindo interseção em níveis diferentes. Adotada por critérios de ordem administrativa;

Classe I: Subdividida em Classe IA (pista dupla) e Classe IB (pista simples). A primeira corresponde à rodovia com pista dupla com controle parcial de acesso e podendo ter interseção em nível. A Classe IB refere-se a rodovia de pista simples, para atender à demanda superior a 200 vph ou 1400 vpd;

Classe II: corresponde à rodovia de pista simples para demanda que atenda à 700 vpd a 1400 vpd.

Classe III: rodovia de pista simples, com demanda de 300 vpd a 700 vpd;

Classe IV: rodovia de pista simples, geralmente não pavimentada, pertencente ao sistema local e com características técnicas que atendem a demanda de tráfego do ano de abertura. Subdividida em Classe IV-A e Classe IV-B. A primeira é recomendada para tráfego de 50 a 200 vpd e a segunda para menos que 50 vpd.

Tabela 1: Classes de projeto e critérios de classificação técnica (DNIT, 1999)

Classes de projeto	Características	Crítérios de classificação técnica (*)
0	Via Expressa – Controle total de acesso	Decisão administrativa
IA	Pista Dupla – Controle parcial de acesso	Quando os valores de tráfego previstos ocasionaram níveis de serviço em uma rodovia de pista simples inferiores aos aceitáveis.
IB	Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 – 700
IVA	Pista simples	Volume médio diário (abertura) VMD 50 – 200
IVB	Pista simples	Volume médio diário (abertura) VMD < 50

2.4 Volumes de Tráfego

A importância do volume e da natureza do tráfego para a elaboração do projeto de interseções e rodovias relaciona-se, primeiramente, com a análise da necessidade de mudança,

adequação de um trecho às novas exigências por melhores condições de mobilidade e acesso. Fundamentada a insuficiência de capacidade, a partir dos mesmos dados, é possível classificar a rodovia e os veículos, a fim de obter as características geométricas adequadas para oferecer conforto e segurança aos usuários.

O volume (fluxo) de tráfego é definido como o número de veículos que passam por uma determinada seção de uma estrada em um determinado intervalo de tempo. A variação pode ser anual, sazonal, mensal, semanal, diária, horária ou intervalo da hora (variação em períodos de minutos). Porém, a mais utilizada é a variação diária e a horária, expressas em veículos/dia (veic/d) e veículos/hora (veic/h), respectivamente.

O Volume Médio Diário (VMD) é o volume ou tráfego registrado em um dia, utilizado para avaliar a distribuição de tráfego, medir a demanda de uma via e fazer programação de melhorias básicas. É obtido por meio de contagens contínuas de tráfego ou pode ser estimado a partir de valores de ajustamento quando a contagem é periódica. O VMD é o volume total de veículos durante certo período, maior que um dia e menor que um ano, dividido pelo número de dias do período. Quando este não é especificado, supõe-se que é um ano.

O DNIT (2010) define Volume Horário de Projeto (VHP) como o número de veículos por hora que deve ser atendido em condições adequadas de segurança e conforto pelo projeto da via em questão. Porém, atender a essas condições significa projetar considerando o pior nível de serviço da rodovia no ano de projeto, normalmente como o 10º ano a partir da conclusão da obra, ou seja, garantindo que em nenhuma hora do ano terá congestionamento. Isso acarretaria em uma rodovia superdimensionada na maior parte do tempo. Assim, o projeto deve considerar certo número de horas do ano em que a rodovia apresenta Nível de Serviço inferior ao desejado.

2.5 Capacidade

“Capacidade é o máximo de veículos que podem atravessar uma seção de uma via, durante um período de tempo, sob condições prevalecentes de tráfego e da via”. (FREITAS, 2006).

O *Highway Capacity Manual* (HCM) é a principal referência bibliográfica sobre capacidade viária. Nele são apresentados os critérios e a metodologia para a determinação da capacidade. O Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010) usa a edição de 2000 do HCM para abordar o assunto.

O conhecimento sobre a capacidade das rodovias é necessário para que o projeto seja adequado às exigências de tráfego, principalmente quanto ao dimensionamento da rodovia, na largura, número de faixas e extensões mínimas em trechos entrecruzamentos. É também utilizado para identificar locais de engarrafamento, que já existem ou que podem se tornar, e planejar melhorias operacionais, como em medidas a serem adotadas no controle do tráfego ou alterações na geometria da rodovia em pontos específicos.

As condições de operação são precárias quando uma via opera próximo ou no limite da capacidade, a alta quantidade de veículos afeta a mobilidade, dificultando a mudança de faixa, diminuindo a velocidade e exigindo maior concentração dos usuários. A capacidade não pode ser excedida sem que haja modificações das condições da via.

2.5.1 Nível de serviço

A avaliação da qualidade da operação numa via em um dado período é feita utilizando conceitos de nível de serviço e volume de serviço.

“Nível de serviço é a medida qualitativa da influência de vários fatores nas condições de funcionamento de uma via, sujeita a diversos volumes de tráfego. São elas: velocidade, tempo de percurso, interrupção do tráfego, liberdade de manobras, etc”. (Goldner, 2012). O Volume de Serviço é o volume que representa o fluxo e tráfego que opera em um determinado nível de serviço.

O HCM estabelece 6 Níveis de Serviço, de “A” a “F”, do melhor ao pior. A descrição dos Níveis de Serviço que segue foi elaborada com base em Goldner (2012).

Nível de serviço A – Fluxo livre de tráfego, velocidades altas, somente limitadas pelas condições físicas da via. Velocidade mantida pelo condutor sem influência de outros veículos. Nível de conforto dos usuários é excelente.



Figura 17: Nível de Serviço A (LIMA, 2013)

Nível de serviço B – Fluxo estável, sem mudanças bruscas da velocidade, porém influenciada por outros veículos. Os condutores podem manter velocidades de serviço razoável e em geral escolhem a faixa de tráfego por onde circulam. Os limites inferiores de velocidade e fluxo são análogos aos normalmente utilizados para o dimensionamento de vias rurais.



Figura 18: Nível de Serviço B (LIMA, 2013).

Nível de serviço C – Fluxo estável, mas a velocidade passa a ser condicionada por outros veículos. As manobras dentro do fluxo são mais difíceis e exigem considerável atenção dos motoristas, porém as condições de circulação são toleráveis. Os limites inferiores de velocidade e fluxo são análogos aos normalmente utilizados para o dimensionamento de vias.



Figura 19: Nível de Serviço C (LIMA, 2013).

Nível de serviço D – Alta densidade, próximo do fluxo instável. Velocidade e manobrabilidade dos motoristas são severamente restritas. Pequenos aumentos no fluxo podem ocasionar paradas. Ainda que a situação não seja cômoda, pode ser tolerada durante períodos não muito longos.



Figura 20: Nível de Serviço D (Band Notícias / Crédito: Lucas Lacaz Ruiz/Folhapress)

Nível de serviço E – Fluxo instável e concentração extremamente alta. Velocidade baixa com paradas frequentes e manobras forçadas. É considerado o nível de capacidade da rodovia.



Figura 21: (Agencia t1 / Crédito: Alex Falcão)

Nível de serviço F – Fluxo forçado, com velocidades baixas e filas frequentes de longa duração. O extremo do nível F é total congestionamento da via, que se alcança nas horas de pico em muitas vias centrais nas grandes cidades.



Figura 22: Nível de Serviço F (Fonte: Estadão, 2014 / Crédito: Evelson de Freitas/AE)

2.5.2 Fator Horário de Pico

A análise do Nível de Serviço é baseada em taxas de fluxo de pico que ocorrem dentro da hora de pico. O volume de veículos que passa por uma seção da via não é uniforme ao longo do tempo, sendo normalmente diferente entre si em uma comparação de quatro períodos consecutivos de quinze minutos. Em decorrência dessa variação, foi estabelecido o Fator Horário de Pico (FHP), o qual mede a flutuação e mostra o grau de uniformidade do fluxo.

O objetivo do projeto rodoviário é criar rodovias com dimensões e características geométricas tais que o volume previsto seja, pelo menos, tão alto quanto o fluxo de tráfego durante os 15 minutos mais carregados da hora de projeto, mas não tão elevado que possa se constituir em exagero ou desperdício. Quando esse objetivo for alcançado, o resultado será um sistema rodoviário bem equilibrado e econômico. (DNIT,1999)

A hora de pico é dividida em quatro intervalos de 15 minutos e é feita a contagem de veículos anotando-se o volume separadamente para cada intervalo. Então, multiplica-se o maior volume registrado por 4. Esse produto normalmente é maior que o volume total de uma hora de pico. O Fator Horário de Pico (FHP) é a relação que existe entre o volume de uma hora e o volume máximo de 15 minutos multiplicado por 4 , ou seja:

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4V_{15m\acute{a}x}}$$

Sendo:

FHP = fator horário de pico

V_{hp} = volume horário de pico

$V_{15m\acute{a}x}$ = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

O FHP varia entre 0,25 e 1,00, correspondentes ao fluxo totalmente concentrado em um dos períodos de 15 minutos e fluxo completamente uniforme, respectivamente. Porém ambos são quase impossíveis de serem observados. Os mais comuns nas áreas urbanas são entre 0,80 e 0,98. Acima de 0,95 indicam grandes volumes de tráfego com eventual restrição de capacidade durante a hora de pico.

2.6 Elementos de Projeto

A seguir serão apresentados alguns controles e critérios adotados para a determinação das principais características físicas e geométricas de rodovias. O projeto dos elementos geométricos que constituem uma interseção baseia-se, em geral, nos mesmos princípios que governam o projeto geométrico dos demais componentes da rodovia.

2.6.1 Veículos de projeto

Conforme Senço (2008), no projeto de interseções é fundamental que os elementos geométricos sejam limitados e condicionados à utilização do mínimo de área.

Assim, é importante conhecer as características físicas dos veículos que irão usar a interseção. Elas irão constituir parâmetros que serão usados no dimensionamento geométrico e estrutural da rodovia.

Devido à grande variedade de veículos existentes, há modelos que representam a maioria de uma classe, sendo eles com maiores dimensões e limitações de manobra. A eles dá-se o nome de Veículos de Projeto, os quais são definidos pelo DNIT, como veículos cujo peso, dimensões e características de operação servirão de base para estabelecer os controles do projeto de rodovias e suas interseções.

O Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010) recomenda os veículos de projeto usados pela AASHTO (American Association of States Highways and Transportation Officials), que relacionou os seguintes tipos:

VP – Representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares. Veículo tipo indicado para rodovias e interseções de acesso a pontos turísticos, interseções mínimas com rodovias vicinais, parques de estacionamento e outros;

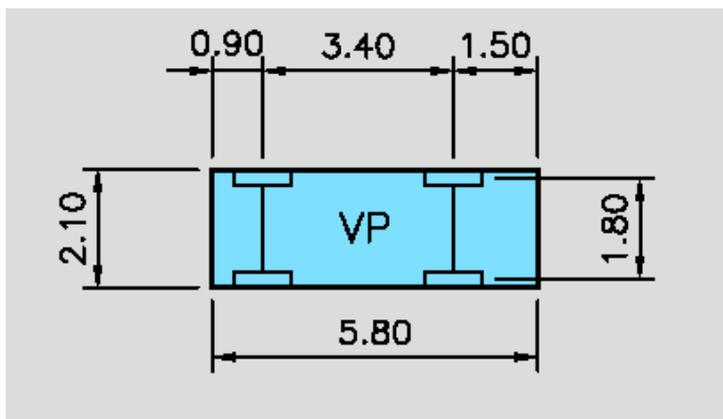


Figura 23: Veículo de Projeto VP (m) (Fonte: DNIT, 2010)

CO - Representa os veículos comerciais rígidos, não articulados. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas. Tipo recomendado para rodovias brasileiras;

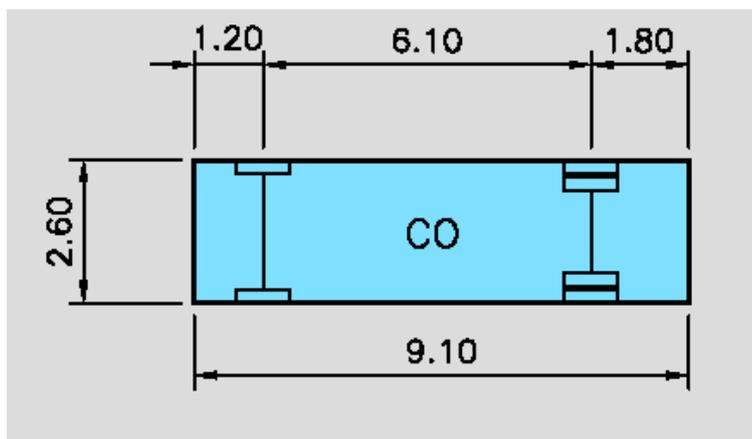


Figura 24: Veículo De Projeto CO (m) (Fonte: DNIT, 2010)

O - Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre eles incluem-se os ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, caminhões longos, frequentemente com três eixos (trucão), de maiores dimensões que o veículo CO básico. O uso desse tipo é recomendado nas principais áreas urbanas;

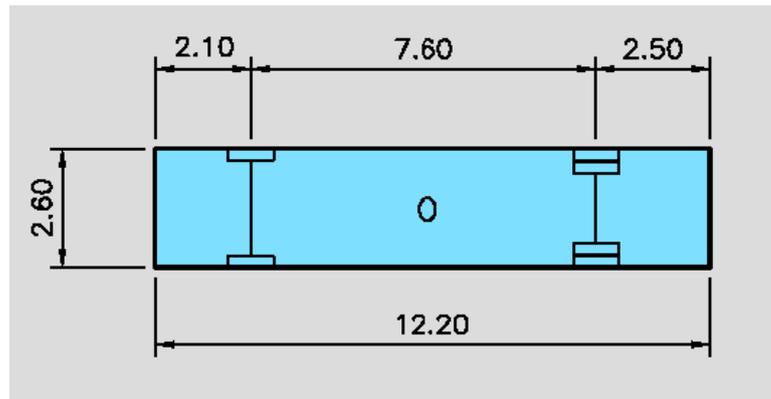


Figura 25: Veículo De Projeto O (m) (Fonte: DNIT, 2010)

OR - Representa os ônibus de longo percurso (rodoviário) e de turismo. Seu comprimento é o máximo permitido para veículos não articulados e se aproxima do limite máximo legal admissível para ônibus não articulados que possuam 3º eixo de apoio direcional. O uso desse tipo é recomendado nas principais áreas urbanas. É comum a ocorrência desse tipo nas principais rodovias e nas de caráter turístico;

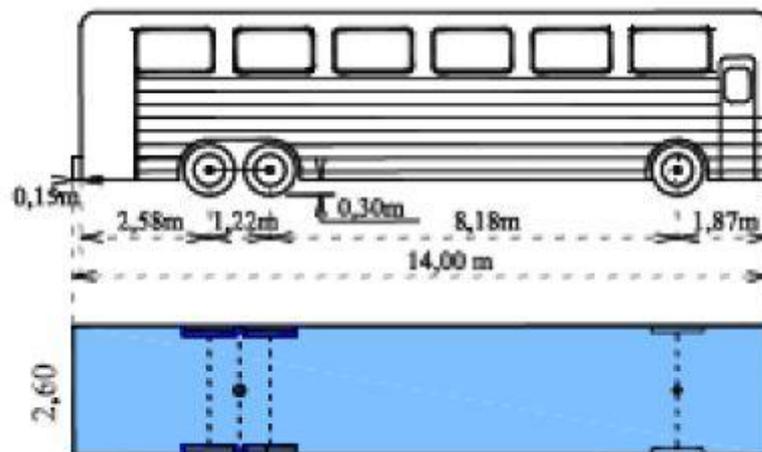


Figura 26: Veículo de Projeto OR – Ônibus Rodoviário - 14m (Fonte: DNIT, 2010)

CA - Representa os veículos de carga articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) com 2 eixos, tracionando um semirreboque de 3 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Carreta. Essa categoria inclui, também, o modelo conhecido como Vanderléia, de mesmo comprimento, composto de uma unidade tratora simples com 3 eixos, tracionando um semirreboque de 3 eixos.

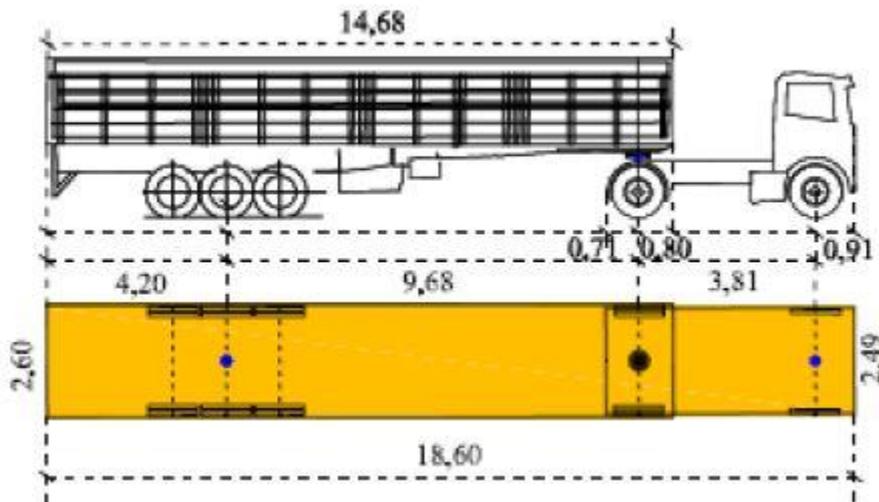


Figura 27: Veículo de Projeto CA – Carreta de 5 Eixos – 18,60 m (Fonte: DNIT, 2010)

BT7 - Representa os veículos de carga articulados, compostos de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de duas articulações, 2 semirreboques de 2 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Bitrem de 7 eixos, com comprimento total de 19,80 metros.

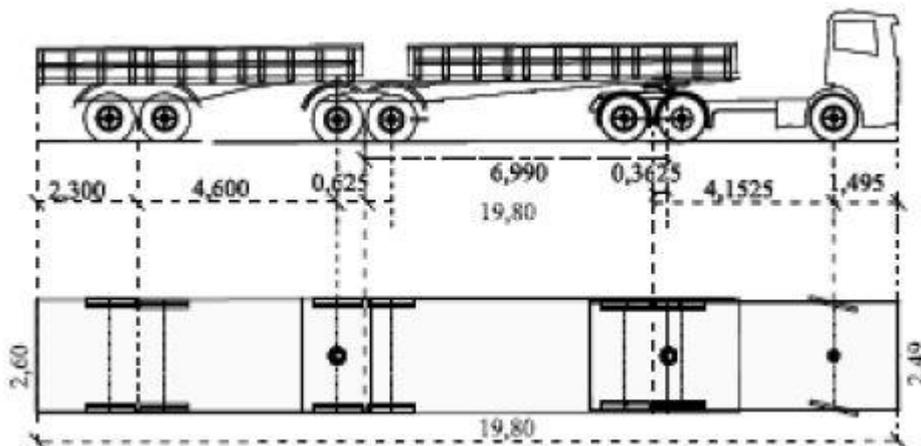


Figura 28: Veículo de Projeto BT7 - Bitrem de 7 Eixos - 19,80 m (Fonte: DNIT, 2010)

CG - Representa os veículos especiais para transporte de automóveis, vans, ônibus, caminhões e similares. O modelo representativo é o veículo conhecido como Cegoneiro ou CTV – Combinação de Transporte de Veículos, compostos de um cavalo mecânico com 2 eixos, tracionando um semirreboque de 2 eixos. Tipo que deve ser verificada a possibilidade de uso em rotas utilizadas por transportadores de veículos e chassis, assim como o

atendimento seguro nas conversões em vias urbanas e pátios de manobra e na sua passagem sob viadutos.

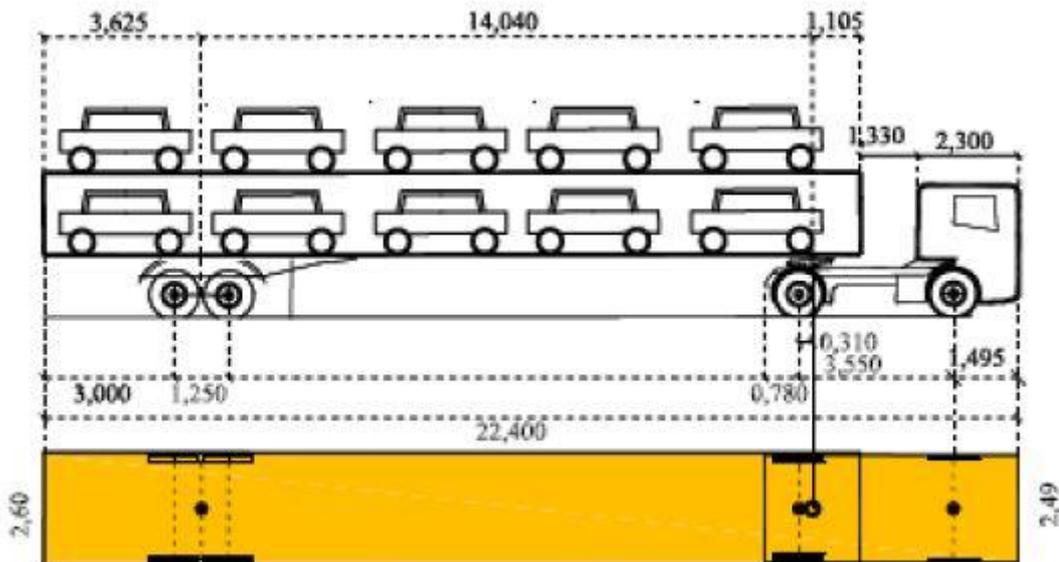


Figura 29: Veículo de Projeto CG - Cegonheiro - 22,40 m (Fonte: DNIT, 2010)

BT9 - Representa os veículos de carga articulados, compostos de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de duas articulações, 2 semirreboques de 3 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 25 metros. Abrange também o veículo Rodotrem, composto de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de três articulações, 2 semirreboques de 2 eixos com dolly intermediário de 2 eixos, com comprimento total de 25 metros.

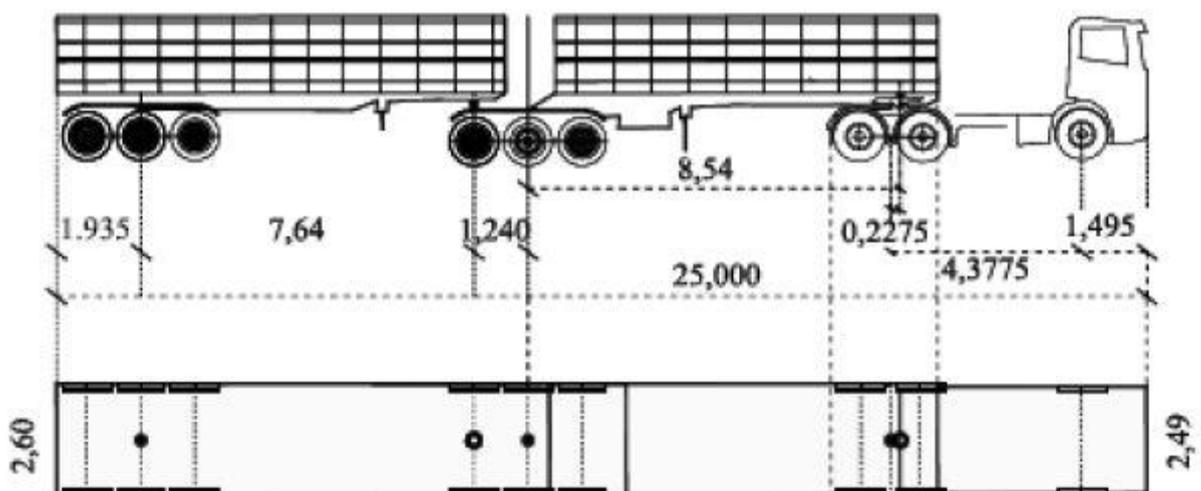


Figura 30: Veículo de Projeto BTL - Bitrem de 9 Eixos - 25,00 m (Fonte: DNIT, 2010)

BTL - Representa os veículos de carga articulados, compostos de um cavalo mecânico com 3 eixos, tracionando, por meio de duas articulações, 2 semirreboques de 3 eixos. O modelo representativo é o veículo conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 30 metros. Inclui o veículo Rodotrem de 30 metros.

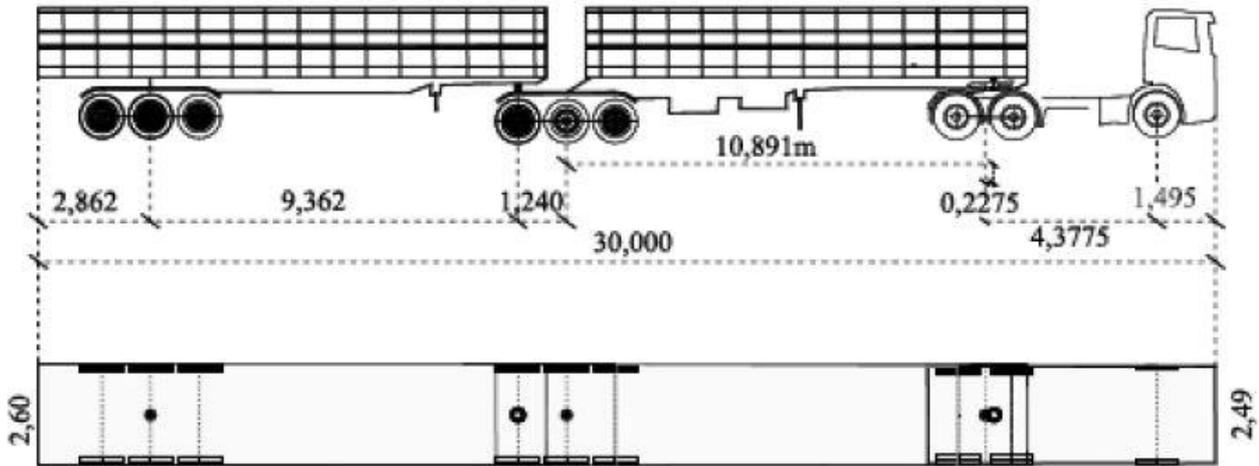


Figura 31: Veículo de Projeto BTL - Bitrem de 9 Eixos / Rodotrem - 30,00 m (Fonte: DNIT, 2010)

A composição do tráfego circulante na região é uma informação fundamental para a escolha do Veículo de Projeto.

A Tabela 2 contém as dimensões básicas dos veículos de projeto recomendadas para projetos de rodovias, interseções e instalações correlatas.

Tabela 2: Principais dimensões básicas dos veículos de projeto (m) (DNIT, 2010)

Características	Designação do Veículo								
	Veículo leve (VP)	Cam./Ônibus conv. (CO)	Ônibus urbano longo (O)	Ônibus rodoviário (OR)	Carreta (CA)	Bitrem de 7 eixos (BT7)	Cegonheiro (CG)	Bitrem de 9 eixos (BT9)	Bitrem longo/Rodotr. (BTL)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	14,0	18,6	19,8	22,4	25,0	30,0
Raio mín. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,8	13,7	13,7	13,7	14,8	16,6
Raio de giro do eixo dianteiro (RED)	6,4	11,5	11,5	12,5	12,5	12,5	12,5	13,6	15,4
Raio mín. da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	7,7	6,1	6,8	1,6	4,5	3,9

Segundo o DNIT (2010), a escolha do Veículo de Projeto para a elaboração do projeto de uma interseção ou de uma rodovia, propõe que todos os veículos com características ou dimensões iguais ou menores que as do Veículo de Projeto, terão as mesmas condições operacionais ou melhores que o Veículo de Projeto. Outros veículos com características desfavoráveis em relação às do Veículo de Projeto adotado, os quais devem ser uma pequena parcela, tem possibilidade de percorrer a rodovia ou interseção, porém em condições operacionais, estas relacionadas a um padrão adequado de conforto e dirigibilidade, menos favoráveis do que as mínimas estabelecidas.

2.6.2 Velocidade Diretriz

A velocidade diretriz é a velocidade a ser adotada para elaboração de características físicas e geométricas do projeto, tais como curvatura, superelevação e distância de visibilidade.

A velocidade de projeto não deve ser menor que a de operação, essa estimada por características técnicas preliminares e pelo relevo. Velocidades elevadas proporcionam aumento da segurança, porém necessitam de características geométricas amplas. Por isso, um dos principais fatores que influenciam na escolha da velocidade diretriz é o custo de construção.

Conforme o DNER/SC (2000), Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina, na área das interseções, as pistas diretas não devem, se possível, sofrer alterações em suas características. Em geral, suas velocidades de projeto continuam sendo as mesmas do trecho fora das interseções. Dentro das áreas dos ramos de interligação devem ser tomadas como base velocidades de projeto menores do que em trajetos sem interseções. Através da escolha dos elementos do traçado pode ser determinada a característica das pistas dos ramos, a qual difere do segmento fora da interseção.

2.6.3 Distância de Visibilidade

O motorista necessita de determinado alcance de visibilidade para que haja tempo de tomar decisões necessárias a sua segurança. Sendo assim, existem padrões determinados pela norma do DNIT que fornecem as distâncias de visibilidade mínimas exigidas de acordo com a velocidade diretriz. Esses padrões foram fundamentados principalmente nas características do veículo e geométricas da rodovia e nas condições climáticas.

A *Distância de Visibilidade de Parada* é a distância que o motorista, a uma determinada velocidade, precisa para parar ao ver um obstáculo na rodovia. Considera-se 1,10 metros para a altura dos olhos do motorista em relação ao plano da pista e 0,15 metros a altura mínima do obstáculo que o fará parar.

A Tabela 3 relaciona as velocidades de projeto com o parâmetro de curvatura K das curvas verticais:

Tabela 3: Valores de K segundo distância de visibilidade de parada (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Curvas verticais convexas										
K – Mínimo	2	5	9	14	20	29	41	58	79	102
K – Desejável	2	5	10	18	29	48	74	107	164	233
Curvas verticais côncavas										
K – Mínimo	4	7	11	15	19	24	29	36	43	50
K – Desejável	4	7	12	17	24	32	42	52	66	80

2.6.4 Alinhamento Horizontal, Vertical e Superelevação

O traçado de uma rodovia a representa espacialmente em três perfis, o horizontal (planta), o vertical (perfil) e a seção transversal. Os padrões a serem escolhidos para estes elementos dependem dos critérios de controle do projeto, como velocidade, volume de tráfego e nível de serviço.

2.6.4.1 Alinhamento horizontal

O alinhamento horizontal é a projeção do eixo da rodovia (alinhamento longitudinal) no plano horizontal.

A concordância horizontal refere-se a uma série de alinhamentos retos, que se interceptam em um vértice, concordados por curvas geralmente circulares. Os alinhamentos retos são tangentes dessas curvas e por isso são chamados de tangentes. Na Figura 32, está representada uma curva circular simples, com raio R , ponto de interseção PI , ponto de curva PC , ponto de tangente PT . AC corresponde ao ângulo central, D ao comprimento (desenvolvimento) da curva circular, T à tangente, I ao ângulo de deflexão e O ao centro da curva circular.

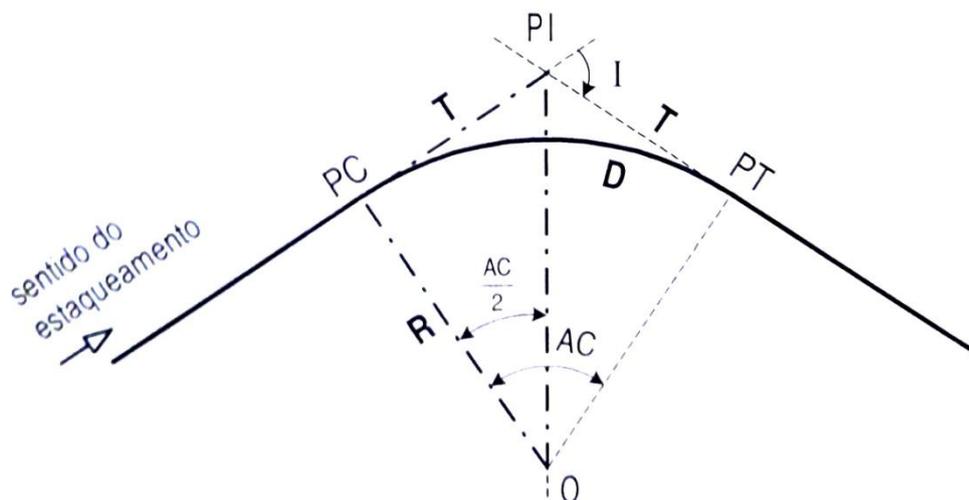


Figura 32: Curva Circular Simples. (LEE, 2002)

2.6.4.2 Alinhamento Vertical

O alinhamento vertical é a projeção do eixo da rodovia sobre o plano vertical. O principal elemento a ser considerado no projeto é o greide.

Greides são segmentos de retas com diferentes inclinações, que se interceptam formando vértices, nos quais os segmentos sucessivos de reta são concordados por curvas. Os trechos retos são chamados de trechos retos do greide e os trechos em curva são denominados curvas verticais.

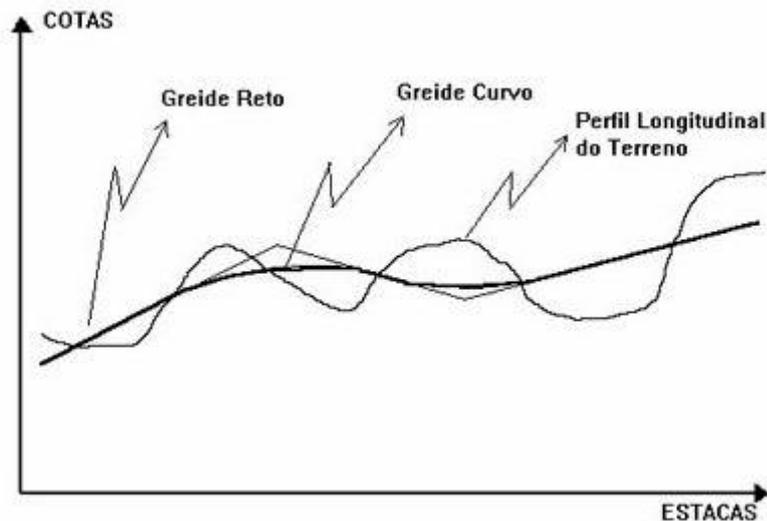


Figura 33: Perfil Longitudinal e Greide de uma rodovia. (MACEDO, 2005)

Na apresentação do perfil, é utilizada escala vertical 10 vezes maior que a escala horizontal, causando deformação, a fim de permitir melhor visualização dos elementos altimétricos.

As curvas verticais podem ser côncavas ou convexas conforme a concavidade voltada para o usuário. Os trechos retos podem ser ascendentes (rampas, aclives ou trechos retos com declividade positiva), descendentes (contra rampas, declives ou trechos retos com declividade negativa), ou em nível (trechos retos com declividades nulas).

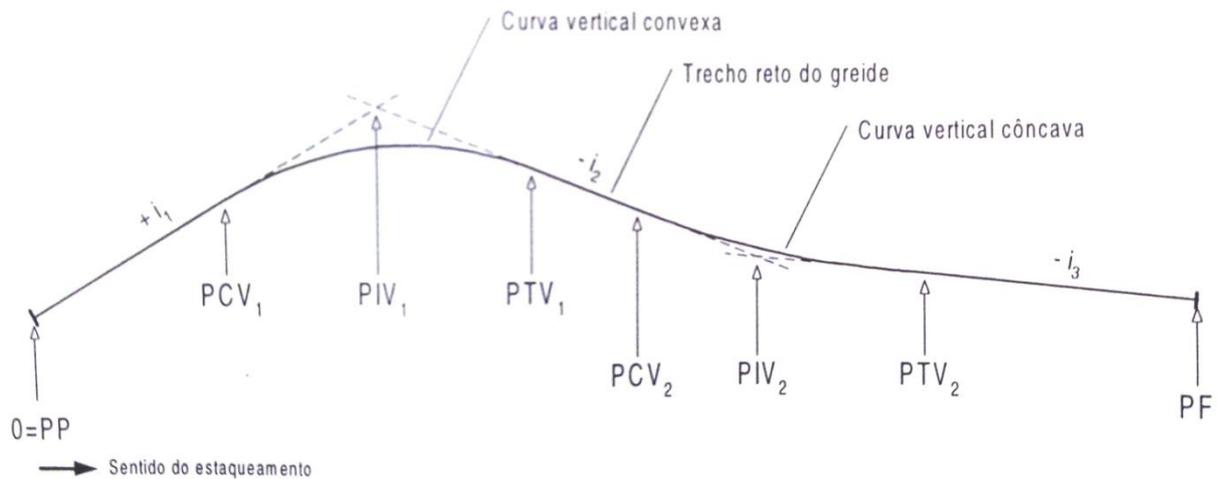


Figura 34: Elementos do greide (LEE, 2002)

PCV e PTV referem-se, respectivamente, ao Ponto de Curva Vertical e ao Ponto de Tangente Vertical. PIV é o Ponto de Interseção Vertical.

Normalmente, para a concordância dos trechos retos, são empregadas curvas do tipo parábola do 2º grau que são definidas pelo seu parâmetro de curvatura K . O valor de K representa o comprimento da curva no plano horizontal, em metros, para cada 1% de variação na declividade longitudinal. Em uma concordância vertical, o parâmetro K é definido como:

$$K = \frac{L}{|A|}$$

Onde:

K = parâmetro de curvatura (m/%)

L = comprimento da parábola (m)

A = diferença algébrica entre as declividades nos extremos da parábola (%)

2.6.4.3 Seção Transversal

Para compensar o efeito da aceleração centrífuga, as curvas apresentam seções inclinadas em relação ao plano horizontal. A superelevação é o valor (expresso em porcentagem) da tangente do ângulo formado pela reta de maior declive da seção com o plano horizontal.

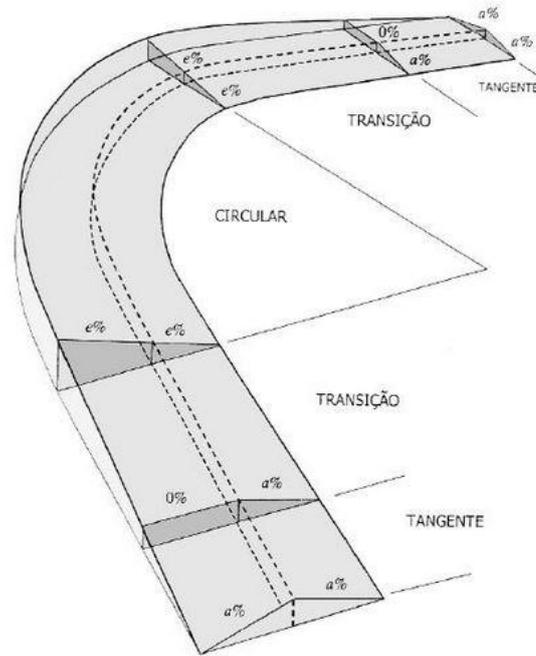


Figura 35: Superelevação (PONTES FILHO, 1998)

Tabela 4: Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável (DNIT, 2010)

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥ 100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Curvas com raios abaixo dos valores apontados na Tabela 4 exigem a consideração de superelevação adequada. A superelevação mínima admissível, nesses casos, mesmo quando as forças centrífugas envolvidas não a demandem, deverá ter valor igual ao do trecho em tangente, a fim de assegurar a devida drenagem superficial. Nesses trechos a taxa mínima varia entre 1,5% a 2,5%.

Já o valor máximo admissível de superelevação a adotar, para as concordâncias horizontais com raios pequenos, é estabelecido em função de outros critérios de ordem prática, levando-se em consideração aspectos técnicos e econômicos.

A passagem do trecho de alinhamento reto para o trecho com superelevação não pode ocorrer sem que haja um elemento que amenize tal mudança. Os trechos de transição são introduzidos para evitar o choque propiciado pela passagem abrupta entre um trecho em tangente, com raio infinito e força centrífuga nula, para o trecho de curva circular com superelevação. Conforme o raio eles podem ser dispensados:

Tabela 5: Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição (DNIT, 2010)

V(km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
R(m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300

Conclui-se assim o levantamento dos pontos considerados de maior relevância para este estudo. A seguir, procede-se ao desenvolvimento da análise dos dados que sustentam o projeto proposto.

3 METODOLOGIA

A elaboração do Projeto Geométrico deu-se em conformidade com as diretrizes do DNIT: Manual de Projeto de Interseções (2005), Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999) e Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (2010). Os dados necessários para tal fim foram restituição topográfica e estudo de tráfego. Foi fornecido pela empresa Prosul, Projetos, Supervisão e Consultoria Ltda, o projeto geométrico de duplicação da Rua Deputado Antônio Edu Vieira.

O estudo trata-se da elaboração do projeto geométrico de uma nova interseção, como proposta de melhoramento da existente, localizada em uma das principais vias que circundam o campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina.

A interseção objeto de estudo situa-se no ponto em que a rua Professor Lauro Caldeira de Andrada, em azul na Figura 33, está a poucos metros do início da rua Dep. Antonio Edu Vieira, em verde na Figura 33, ambas formando uma única via. Interceptam essa via principal outras duas ruas, Delfino Conti e João Pio Duarte, completando assim a interseção existente.

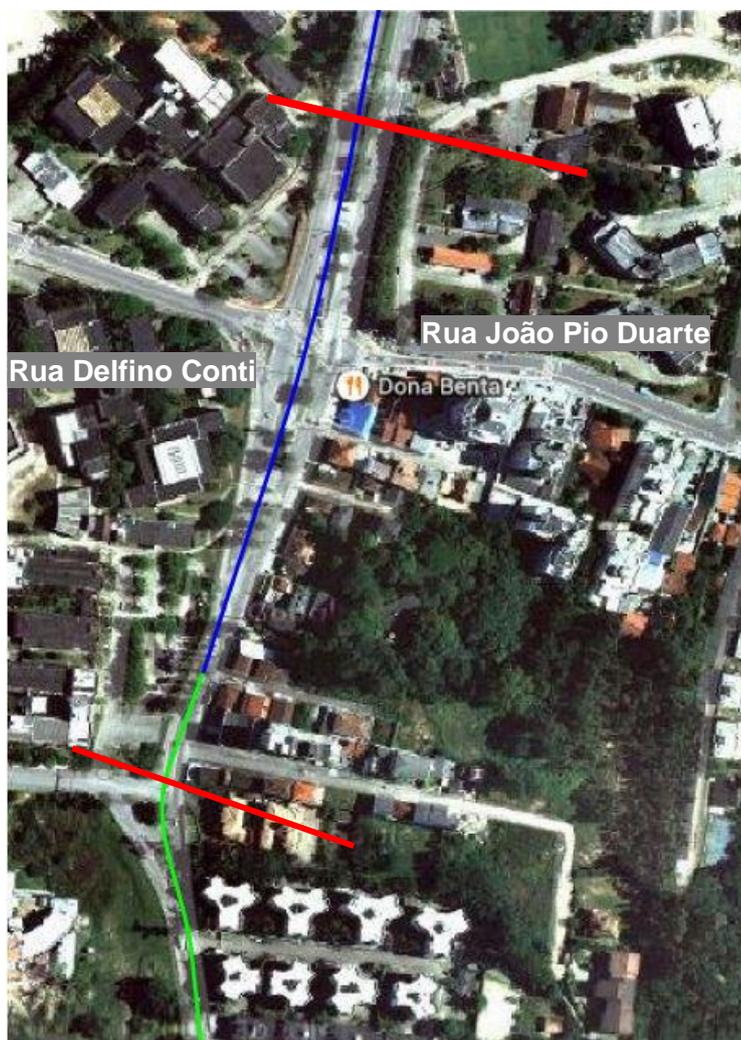


Figura 36: Área de estudo (Desenho: autora / Imagem: Google Maps)

As linhas em vermelho na Figura 33 delimitam o projeto geométrico da nova interseção, que tem aproximadamente 670 metros de extensão, iniciando-se na rua Professor Lauro Caldeira e finalizando na rua Dep. Antônio Edu Vieira, onde se une com o projeto de duplicação da via.

O projeto geométrico foi elaborado com o uso do programa MicroStationV8/Geopak. Tendo a restituição aerofotogramétrica, em duas dimensões, as curvas de nível foram exportadas para três dimensões com o auxílio do programa. Assim, foi possível obter as cotas do terreno e gerar os perfis longitudinais dos eixos principais, seções transversais de terraplenagem (apenas do Eixo 1) e elaborar o perfil transversal das pistas elevadas e ramos.

3.1 Características da interseção existente

A interseção existente é classificada como uma interseção em nível de quatro ramos, canalizada com ilhas para direcionar a trajetória dos movimentos e diminuir conflitos, e sinalização semafórica para organizar os movimentos.

Uma das questões mais importantes a ser resolvida com o projeto de rodovias é a organização das correntes de tráfego que convergem para uma determinada região. Elas precisam ocupar a área com segurança e seguir cada qual seu trajeto normalmente. A interseção adequada é responsável pela solução desse problema, que se torna pior devido aos altos volumes de tráfego.

A figura 37 mostra os movimentos que os veículos vindos dos quatro ramos da interseção existente podem executar. Os pontos vermelhos (●) indicam os locais onde há semáforo. As linhas azuis representam os movimentos e as setas os sentidos dos veículos.

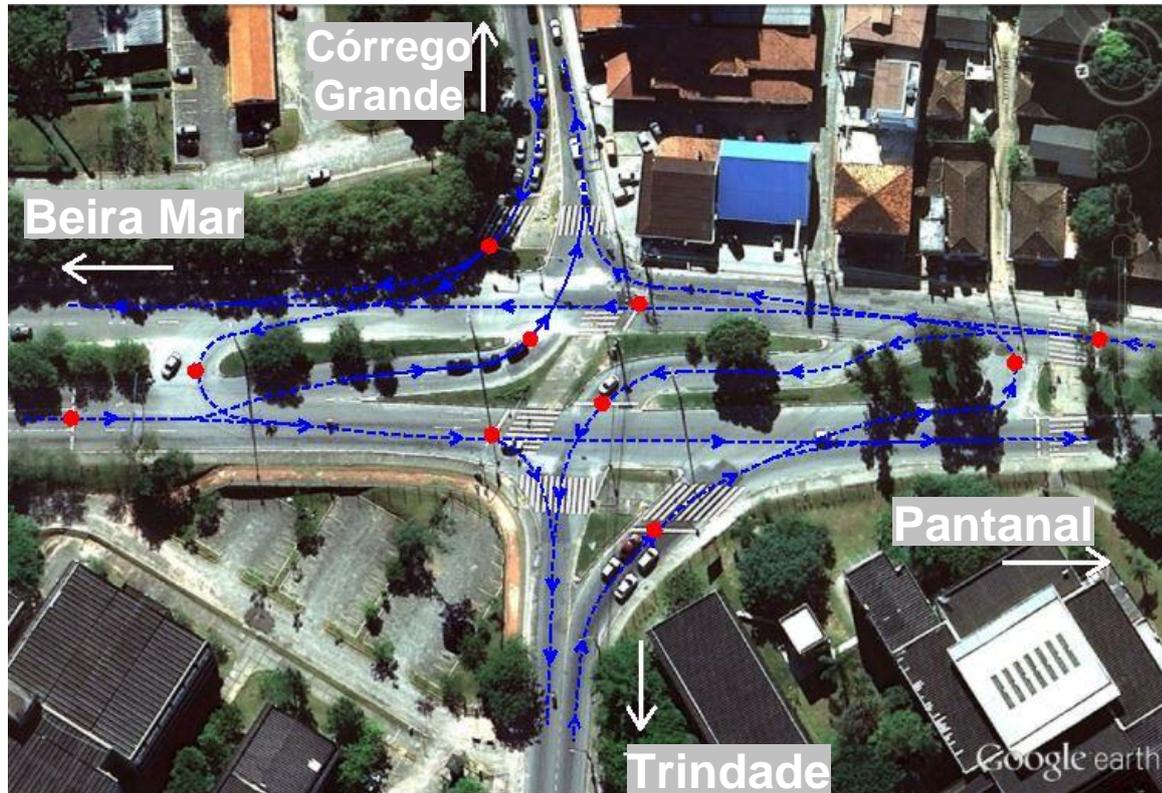


Figura 37: Movimentos realizados na interseção atual (Desenho: autora / Imagem: Google Earth)

Pode-se observar que há muitos movimentos de divergência, convergência, cruzamento e diversos pontos de conflito, todos organizados e amenizados por canalização e sinalização. Porém nos horários de pico, devido ao alto volume de tráfego, a interseção passa a funcionar praticamente como se não houvessem semáforos, mostrando que a interseção existente não suporta mais o tráfego atual e precisa ser reconfigurada.

3.2 Estudo de Tráfego

Conforme o censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, a população de Florianópolis é de 421.240 habitantes e teve um aumento de 23% desde 2000. O crescimento da frota de veículos foi maior em 10 anos. Segundo dados do DETRAN/SC, são 312.411 para o ano de 2013, sendo 212.727 automóveis. Desde 2003 a frota teve um aumento de 75%.

O Estudo de Tráfego foi elaborado pela empresa Prosul e é parte integrante do projeto de duplicação da rua Dep. Antonio Edu Vieira, principal via do bairro Pantanal e de fundamental importância para sistema viário da cidade, pois faz ligação entre a Beira Mar

Norte e o Sul da Ilha. Como o tráfego dela passa pela rua Professor Lauro Caldeira de Andrada, a contagem de tráfego foi considerada para a interseção. A pesquisa de contagem volumétrica e classificatória foi realizada em um posto (P1) localizado na rótula entre as Ruas Dep. Antônio Edu Vieira, R. Professora Maria do Patrocínio e a Av. Cesar Seara, próxima a ELETROSUL, durante o período de 23/04/2013 a 25/04/2013, como mostra o mapa da Figura 38.



Figura 38: Interseção e Posto de Contagem - P1 (Desenho: autora / Imagem: Google Maps)

Foi registrado o volume de tráfego segundo as classes dos veículos por sentido, de 15 em 15 minutos, por três dias das 7h às 20h. Os resultados estão na Tabela 6.

Como a contagem apresentada na Tabela 6 é periódica, foram aplicados fatores de expansão horária e de correção de sazonalidade semanal e mensal para determinação do VMD anual o qual resultou em 34.176 veículos, conforme a Tabela 7. A seção sul nos sentidos

Beira Mar -Centro/Centro - Beira Mar, é por onde passa o tráfego da rua Deputado Antônio Edu Vieira. Foram realizadas contagens nas outras seções (leste e oeste) por onde passam as ruas Professora Maria do Patrocínio e Cesar Seara, porém a mais carregada foi a apresentada aqui, além de ser a relevante para o projeto.

Tabela 8: Previsão de tráfego para anos futuros (Fonte: PROSUL, 2013)

ANO	2013	2014	2015 (1°)	2016 (2°)	2017 (3°)	2018 (4°)	2019 (5°)	2020 (6°)	2021 (7°)	2022 (8°)	2023 (9°)	2024 (10°)	
PASSEIO	25811	26585	27383	28204	29051	29922	30820	31744	32697	33678	34688	35728	
UTILITARIO	1511	1556	1603	1651	1700	1751	1804	1858	1913	1971	2030	2091	
MOTO	5243	5400	5562	5729	5901	6078	6260	6448	6642	6841	7046	7257	
ÔNIBUS	2C	560	577	594	612	630	649	669	689	709	731	752	775
	3C	143	147	151	156	161	166	171	176	181	186	192	198
CAMINHÃO	2C	730	752	775	798	822	846	872	898	925	953	981	1011
	3C	148	152	157	162	167	171	177	182	187	193	199	205
	4C	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
SEMI-REBOQUE	2S1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2S2	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19
	2S3	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13
	3S2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3S3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2J3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2I3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S2C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REBOQUE	2C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	34176	35202	36258	37345	38466	39620	40808	42033	43294	44592	45930	47308	

O estudo de tráfego considerou início das obras em 2013, dois anos de projeto e abertura de tráfego em 2015. Como o ano de projeto é normalmente considerado como o 10º ano a partir da conclusão da obra, este será o ano de 2024. Para a obtenção do tráfego futuro foram feitas progressões geométricas com a taxa de crescimento que foi considerada de 3% ao ano. O VMD anual projetado para 2024 é de 47308 veículos, como mostra a Tabela 8 da página anterior.

Segundo a pesquisa, a hora mais carregada foi das 17h45min às 18h45min, totalizando um volume de 2400 veículos. O período de 15 minutos com maior volume foi de 628 veículos. A partir desses dados é possível calcular o FHP:

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4V_{15m\acute{a}x}} = \frac{2400}{4.628} = 0,96$$

O valor obtido para o FHP indica grande volume de tráfego com eventual restrição de capacidade durante a hora de pico.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados relativos ao estudo da interseção existente e da análise dos dados necessários abordados anteriormente para a elaboração do projeto geométrico da nova interseção.

4.1 Tipo e Configuração da Interseção Adotada

A partir dos dados de volume de tráfego e suas projeções para o ano de projeto, é possível definir a necessidade ou não de uma interseção em desnível. O Gráfico 1 na página 25, relaciona o VMD da via principal com o da secundária. O VMD da rua Dep. Antônio Edu Vieira é 47308 veículos, o que já indica a necessidade de separação de níveis mesmo sem o conhecimento do VMD da via secundária.

No caso da área de estudo, há necessidade que a interseção em desnível tenha ramos de conexão, para que haja troca de fluxo de tráfego entre as vias que se interceptam, classificando assim a nova interseção em níveis diferentes como Interconexão.

A partir disso, a configuração da interconexão é uma escolha que envolve diversos fatores, um dos principais o custo de construção, a ponto dessa configuração se tornar específica. Os tipos de interconexões apresentados anteriormente são modelos básicos e

existem diversas variantes e combinações deles que podem ser feitas para atender às circunstâncias específicas que envolvem o projeto.

A definição da configuração adotada priorizou o nível de interferência sobre as construções que a implantação da interconexão pode causar. Como a área é reduzida por se tratar de uma região bastante urbanizada, uma simples interferência causa grandes modificações. Por isso, a área de implantação foi considerada a mínima possível, evitando causar muitas desapropriações.

Buscando uma geometria simples, a elevação das pistas da rua Prof. Lauro Caldeira de Andrada combinando com a duplicação que irá ser feita na rua Dep. Antônio Edu Vieira, tornou-se a alternativa escolhida para o projeto. Elevar a pista unindo as ruas Delfino Conti e João Pio Duarte é menos viável por dispor de pouco espaço para os ramos, são apenas duas faixas para uma pista. Já a rua Prof. Lauro Caldeira tem um canteiro central separando duas pistas com três faixas cada.

Para completar a configuração da nova interseção, sob o tráfego principal que foi elevado, optou-se por uma rotatória. A solução permite manobras de retorno e dispõe de maior capacidade do que a implantação de semáforos. Novamente, escolhendo uma forma geométrica simples, a ilha central é circular. Optou-se pelo maior diâmetro possível conforme o espaço disponível sob o viaduto, já que quanto maior o diâmetro, maior a capacidade da rotatória.

Por fim, a configuração final da interconexão possibilita a construção por etapas. Uma boa solução econômica seria construir primeiro a rotatória e mais tarde o viaduto para o tráfego da via principal.

4.2 Projeto Geométrico da Interseção Proposta

O projeto foi desenvolvido em conformidade com as características da região e critérios recomendados pelo DNIT, procurando oferecer segurança e conforto aos usuários.

No geral, as características geométricas das interseções seguem as mesmas diretrizes das vias que conectam. Portanto, para a determinação das características necessárias para a elaboração do projeto, foi adotado o seguinte procedimento: nas pistas elevadas foram consideradas as diretrizes que governam as vias principais que chegam nela, com o intuito de dar continuidade ao traçado existente, mantendo a velocidade de projeto; os ramos que conectam as vias secundárias à principal apresentam características geométricas inferiores e a mudança de padrão conduz a velocidades mais baixas. Além disso, há a presença da rotatória, que devido as suas características geométricas, impede que os veículos atravessem

diretamente a interseção, forçando a redução de velocidade. Devido a esses fatores, a geometria dos ramos e da rotatória seguiram diretrizes específicas, como determina o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005).

A classe de projeto da via principal foi determinada conforme as definições do DNIT. Por se tratar de uma via de pista dupla com grande demanda de tráfego, foi enquadrada na Classe I-B. As características básicas de tal classe apresentam-se na Tabela 9:

Tabela 9: Características básicas de projeto geométrico (Fonte: DNIT, 1999)

Rodovias Classe I	
Características	Região
	Montanhosa
Vel. Diretriz	60 km/h
Distância mínima de visibilidade de parada	
- desejável	85m
- absoluta	75m
Raio mínimo de curva horizontal e=10%	115m
Rampa máxima	6%
Valor mínimo de K para curvas verticais convexas	
-desejável	18
-absoluto	14
Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas	
-desejável	17
-absoluto	15
Largura da faixa de rolamento	3,60m
Gabarito mínimo vertical	5,5m

Ainda que a região seja plana e não montanhosa, determinou-se a velocidade diretriz para as pistas elevadas de 60km/h por ser a mesma a velocidade de projeto de duplicação da rua Dep. Edu Vieira e por se tratar de área urbanizada.

4.2.1 Definição do veículo de projeto

Sendo o estudo de tráfego realizado por pesquisa do tipo classificatória, além da contagem volumétrica, é possível determinar o veículo de projeto com os dados obtidos.

A Tabela 8 mostra que, para o ano de projeto (2024), é previsto que passe pela via veículos que vão até o tipo Semirreboque 3S3, o qual inclui veículos com uma unidade tratora com 3 eixos tracionando um semirreboque de 3 eixos. Sendo assim, o veículo de projeto do tipo CA foi o escolhido:

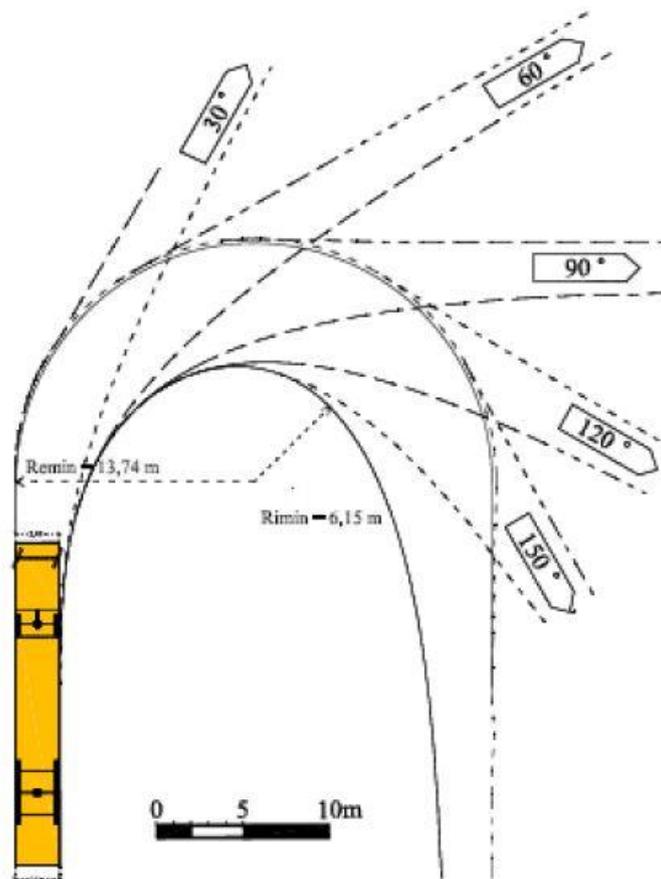


Figura 39: Veículo de projeto CA

4.2.2 Alinhamento Horizontal

Para caracterização da interseção, foram definidos três eixos de projeto, um para cada pista do elevado e um para a rotatória:

Eixo 1 – corresponde ao eixo da primeira pista elevada. Início no km PP=1+000,00 m e final em km PF=1+599,75 m, com extensão total de 599,75 metros. Esse eixo é composto por tangentes e quatro raios circulares de 500,0; 500,0; 795,6 e 136,5 metros, sendo o último já pertencente ao projeto de duplicação da rua Dep. Antônio Edu Vieira.

Eixo 2 – referente ao eixo da segunda pista elevada. Início em km PP=2+000,00 m e final em km PF=2+666,88 m. Composto por tangentes e quatro raios circulares de 503,5;

500,0; 795,6; 174,0 metros. Novamente, o último pertence ao projeto de duplicação da rua Dep. Antônio Edu Vieira.

As curvas de transição foram dispensadas no caso das pistas elevadas, as quais tem raios iguais de 795,6 metros, conforme a Tabela 3.

Eixo 3 – eixo da rotatória. Inicia-se em km PP=3+000 m e termina em km PF=3+193,92 m, com extensão de 193,92 metros e raio de 30,84 metros. O raio interno da rotatória é de 25 metros e o externo 36 metros. As curvas convexas entre a rotatória e as vias de acesso foram realizadas com 40 metros de raio.

Não foram adotadas curvas de transição nas duas primeiras curvas dos Eixos 1 e 2. O ângulo de deflexão é tão pequeno, que o arco circular desaparece. Segundo UFPR (2013), nos casos de deflexões menores que 55°, existe a possibilidade de, conforme o raio (R) adotado, o arco circular desaparecer entre os dois ramos da espiral (tipo de transição), ou formando um cotovelo ou o cruzamento destes ramos, ao invés da desejada concordância. A verificação de compatibilidade entre deflexão medida (real) e a calculada, é definida pela seguinte expressão:

$$I_{calc} = \frac{342\sqrt{R} + 290}{R}$$

Se $I_{med} > I_{calc}$ há compatibilidade entre raio e deflexão;

Se $I_{med} < I_{calc}$ não há compatibilidade entre raio e deflexão.

No Eixo 1, os pontos de interseção PI 01/1 e PI 02/1, os quais referem-se às curvas com 500 metros de raio, apresentam ângulos de deflexão (I_{med}) 4,7° e 4,6°, respectivamente. Usando a fórmula acima, obteve-se deflexão calculada I_{calc} de 15,87° para ambas as curvas, por terem o mesmo raio.

Os pontos de interseção do Eixo 2, PI 01/2 e PI 02/2, com raios de 503,5 metros e 500 metros respectivamente, tem ambos I_{med} de 3,1°. O I_{calc} para esses raios foi de 15,82° e 15,87°.

Como nas quatro curvas o I_{med} é menor que o I_{calc} , há incompatibilidade entre raio e deflexão. Os ângulos de deflexão são bem menores que 55°, o que já comprovaria o fato sem necessidade de cálculo, porém foi feito mesmo assim a título de curiosidade.

Nesse caso recomenda-se que seja feita uma reavaliação a partir da alteração do valor do raio, geralmente aumentando-o, pois a deflexão medida é inalterável. Porém para o referido trecho, optou-se por manter concordância com curvas circulares simples. Conforme

Lee (2002), isso não impede que os veículos continuem a descrever trajetórias naturais de transição nas aproximações das curvas, pois as larguras normais das faixas de trânsito permitem que os motoristas acomodem os posicionamentos dos veículos desde as tangentes, ao se aproximarem das curvas, tendendo a tangenciar as bordas internas das faixas de percurso nas curvas.

O projeto geométrico em planta encontra-se no Apêndice A.

4.2.3 Alinhamento Vertical

Os greides foram projetados conforme diretrizes do DNIT, para a velocidade de projeto de 60 km/h como indica a Tabela 9. O Eixo 1, assim como o 2, tem rampa máxima de 6,0% , raio vertical côncavo com K igual a 15 e o convexo com K igual a 14, ambos de acordo com valores mínimos apresentados na Tabela 9, garantindo visibilidade de parada.

O Eixo 3 apresenta três rampas com 0,8 % , 0,6% e 0,8%. Os perfis longitudinais dos três eixos estão apresentados no Apêndice B.

4.2.4 Seção Transversal

Cada uma das pistas elevadas foi projetada com duas faixas de tráfego de 3,5 metros, dando continuidade às pistas da via principal que conectam. Como a superelevação máxima (e_{max}) é igual a 10% (Tabela 9), é possível encontrar a superelevação referente, de acordo com a velocidade de projeto e o raio da curva, no Gráfico 2.

Os raios das pistas elevadas tem aproximadamente 800 metros. Sendo 60km/h a velocidade de projeto, a superelevação encontrada é de pouco mais de 2,5%. Por isso, foi adotada a superelevação de 2,5%.

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL $e_{\text{máx}} = 10\%$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥ 100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

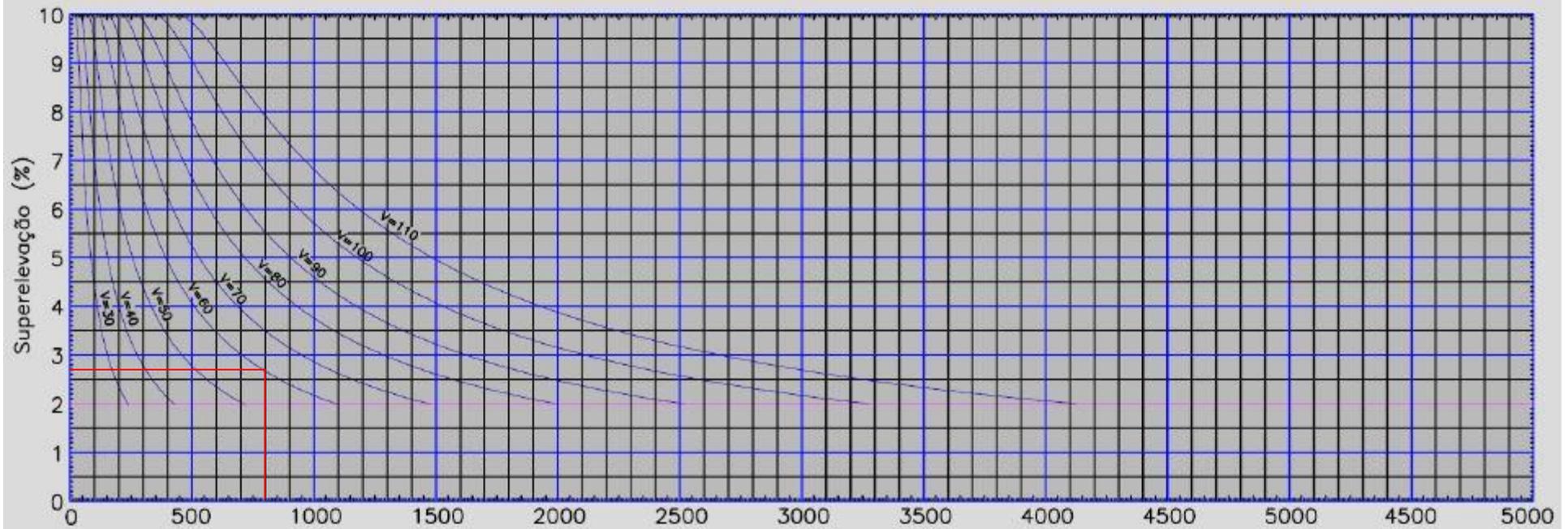


Gráfico 2: Gráfico de Superelevação (DNIT, 2010)

Conforme recomendações do DNIT, a largura dos ramos de 6,4 metros compreende a largura da pista e espaço para ultrapassagem de veículo imobilizado. Na Tabela 10 são apresentadas as larguras das pistas dos ramos conforme o tipo de operação, condição de tráfego e raio do bordo interno da pista. A condição de tráfego C corresponde a número suficiente de veículos tipo O para impor condições de projeto, ou intensidade elevada de caminhões incluindo alguns semirreboques.

Tabela 10: Largura das pistas de conversão (m) (DNIT, 2005)

Raio do bordo interno da pista (m)	Caso I Uma faixa de trânsito sem previsão de passagem à frente			Caso II Uma faixa de trânsito com previsão para passagem de um veículo parado			Caso III Duas faixas de trânsito, com um ou dois sentidos		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,0	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,8	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,5	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,0	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,8	5,2	6,1	6,7	7,7	8,5	8,9
100	3,9	4,5	4,8	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,8	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,5	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
Tangente	3,6	4,2	4,2	5,0	5,5	6,1	7,2	7,9	7,9
Modificação da largura em face das condições dos bordos do pavimento									
Acostamento Não estabilizado	-			-			-		
Meio-fio transponível	-			-			-		
Meio-fio intransponível:									
Um lado.	+ 0,30 m			-			+ 0,30 m		
Dois lados.	+ 0,60 m			+ 0,30 m			+ 0,60 m		
Barreira rígida:									
Um lado	+ 0,60 m			+ 0,30 m			+ 0,60 m		
Dois lados	+ 1,20 m			+ 0,60 m			+ 1,20 m		
Acostamento estabilizado de um ou dois lados.	Largura da faixa para as condições B e C pode ser reduzida em tangente para 3,60 m se o acostamento for igual ou superior a 1,20 m			Subtraia a largura do acostamento. A largura não deve ser menor que a correspondente ao Caso 1.			Subtraia 0,60 m se a largura do acostamento for igual ou superior a 1,20 m.		
<p>A = Predominam veículos VP, mas é dada alguma consideração para veículos CO.</p> <p>B = Número suficiente de veículos CO para governar o projeto, mas é dada alguma consideração para veículos SR.</p> <p>C = Número suficiente de veículos O e SR para governar o projeto.</p>									

Como há meio-fio em um dos lados da pista dos ramos, acrescenta-se 0,30 metros à largura de 6,1 metros, resultando em ramos com 6,4 metros de largura. Por questões de segurança, foi adotado afastamento normal de 1,5 metros do bordo dos ramos às faces dos pilares do viaduto, conforme recomendações do DNIT.

Foi adotada superelevação de 2,5% para as pitas dos ramos. Como é trecho em tangente, a superelevação mínima foi adotada para garantir drenagem superficial.

As seções transversais tipo das pistas elevadas e dos ramos encontram-se no Apêndice A.

A rotatória tem duas faixas de tráfego e raio interno de 25m, a largura da pista equivalente a essas condições é de 11,1m. Acrescenta-se 0,60 metros referentes ao meio-fio dos dois lados e a largura total é de 11,7.

O viaduto tem extensão de 280 metros e altura de 5,5 m, respeitando o limite mínimo do gabarito vertical conforme a Tabela 9. Entre a faixa de segurança e a barreira rígida, há distância de 0,50 metros conforme recomendações.

Os passeios foram projetados conforme posicionamento existente, com larguras de dois e três metros. Da mesma maneira, a ciclovia apresenta largura de 2 metros.

Por este ser um trabalho de conclusão de curso, foram feitas as seções transversais de terraplenagem apenas do Eixo 1, as quais estão apresentadas no Apêndice C.

5 CONCLUSÃO

O estudo da interseção existente na rua Professor Lauro Caldeira de Andrada, e a análise de dados de tráfego da região comprovaram que a configuração atual não suporta mais o volume de tráfego que converge para a área e precisa ser reconfigurada. Como solução, apresentou-se o projeto geométrico de uma Interconexão, sendo esta a opção viável, de acordo com as condições locais.

O modelo de interseção sugerido foi escolhido após pesquisa sobre os seus diferentes tipos básicos e suas características, e também pela avaliação das vantagens e desvantagens de cada um deles. Procurou-se buscar simplicidade na geometria e considerar-se o uso de elementos já conhecidos pelos motoristas em Florianópolis, como a configuração de elevados e rótulas.

O projeto aqui proposto oferece a possibilidade de diminuir conflitos; eliminar cruzamentos; melhorar os movimentos de giro à esquerda e retornos; reduzir os tempos de espera e proporcionar benefícios aos usuários no que se refere aos custos gerados por demoras em congestionamentos, os quais atualmente causam condições intoleráveis em todas as chegadas à interseção estudada. Também se propõe a oferecer maior conforto aos motoristas pela eliminação dos semáforos que produziam reduções bruscas na velocidade.

Pôde-se concluir que, para conseguir essas melhorias, foi necessário elevar o padrão técnico da via principal, não somente com a introdução de uma interseção em desnível, mas também com a duplicação da rua Dep. Antônio Edu Vieira, a qual proporcionou melhores condições de traçado da interseção.

Durante a elaboração do projeto, constatou-se a importância das diretrizes e recomendações presentes nos manuais do DNIT. Elas guiaram a geometria, possibilitando um traçado compatível com as condições físicas.

Assim, a Interconexão projetada deve atender ao volume de tráfego projetado para o ano de projeto (2024).

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como complementação e conclusão do projeto geométrico da Interconexão, recomenda-se para trabalhos futuros levantar as seções transversais de terraplenagem do Eixo 2 e do Eixo 3, referentes à segunda pista elevada e rotatória. Elaborar os eixos dos ramos, assim como seus perfis longitudinais com os greides de terraplenagem e as seções transversais de terraplenagem. Por fim, fazer as notas de serviço de terraplenagem com distâncias e cotas

coletadas das seções transversais e colocadas em uma planilha, para locação da obra em campo.

Quanto ao estudo de tráfego usado para a elaboração do projeto, é mais indicado que haja a pesquisa de contagem volumétrica e classificatória na interseção objeto de estudo. Assim, as ruas do estudo de tráfego seriam: Professor Lauro Caldeira de Andrada, João Pio Duarte e Delfino Conti.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, João. Noções sobre interseções, 2007.
http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14-intersecoes_apresentacao.pdf
- AKISHINO, Pedro. Apostila do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Estudos de Tráfego, <http://www.dtt.ufpr.br/Trafego/Arquivos/TranspBCap01.pdf>
- DER/SC, Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina. Diretrizes para a Concepção de Estradas (DCE). Parte 2: Interseções a Níveis Diversos DCE-I-2. 2000.
http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoaviaria/Intersecoes_DCE-2.pdf
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Projeto de Interseções. Rio de Janeiro, 2005.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Rio de Janeiro, 1999.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas. Rio de Janeiro, 2010.
- FREITAS, Ilce. Estudos de Tráfego. Aula 1. 2006
- GOLDNER, Lenise. Engenharia de Tráfego. 3º Módulo: Análise de Capacidade de Vias com base no HCM 2010. Florianópolis, 2012.
- LEE, Shu. Introdução ao projeto geométrico de rodovias. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.
- LIMA, Renato. Capacidade e Nível de Serviço das Vias. Aula 12. Itajubá, 2013.
<http://www.rslima.unifei.edu.br/download1/eci006/Aula12.pdf>
- MACEDO, Edivaldo. Noções de Topografia para Projetos Rodoviários. 2005
<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2005.php>
- MELO, Ricardo. Interseções rodoviárias e urbanas - Notas de aula. 2012.
- SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.
- UFPR, Universidade Federal do Paraná. Projeto Geométrico de Rodovias: Infraestrutura Viária. Curitiba, 2013.
http://www.dtt.ufpr.br/InfraEstrutura/Arquivos/APOSTILA_ProjetoGeometrico_2013.pdf
- VALENTE, Mattar. Sistemas de Transporte - Notas de aula. Florianópolis, 2010.
- WALTER. Interseções Rodoviárias I. 2007.

Sites consultados

DETRAN/SC, Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina.

http://consultas.detranet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst_municipio=8105&nome_munic=FLORIANOPOLIS&lst_ano=2013&lst_mes=0. Acesso em: Abril, 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>

Outros

Google Maps

Google Earth®

APÊNDICE – A

APÊNDICE – B

APÊNDICE – C