

**UNIVERSIDADE ALTO VALE DO RIO DO PEIXE- UNIARP  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FERNANDO HUDYMA**

**ESTUDO DAS FAIXAS ADICIONAIS DE TRÂNSITO EM RAMPAS  
ASCENDENTES NA RODOVIA SC 350 ENTRE OS MUNICIPIOS DE CAÇADOR E  
SANTA CECILIA**

**CAÇADOR  
2016**

**FERNANDO HUDYMA**

**ESTUDO DAS FAIXAS ADICIONAIS DE TRÂNSITO EM RAMPAS  
ASCENDENTES NA RODOVIA SC 350 ENTRE OS MUNICÍPIOS DE CAÇADOR E  
SANTA CECÍLIA**

Trabalho apresentado como exigência para obtenção do título de Engenheiro Civil, do Curso de Engenharia Civil, ministrado pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP- Caçador, sob a orientação do Professor Édson Rocha Nery.

**CAÇADOR  
2016**

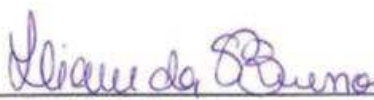
**ESTUDO DA EXTENSÃO DE FAIXAS ADICIONAIS DE TRÂNSITO EM RAMPAS  
ASCENDENTES NA RODOVIA SC 350 ENTRE OS MUNICÍPIOS DE CAÇADOR E  
SANTA CECÍLIA**

**FERNANDO HUDYMA**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe, como requisito parcial a obtenção do Título (Grau) de:


Bacharel em Engenharia Civil.

E aprovado na sua versão final em 17 de junho de 2016, atendendo às normas da legislação vigente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe e Coordenação do Curso de Engenharia Civil.

  
\_\_\_\_\_  
Liane Bueno

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Edson Rocha Nery – Presidente da banca  
Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP

  
\_\_\_\_\_  
Luiz Augusto Grando Padilha  
Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP

  
\_\_\_\_\_  
Miguel Mello  
Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais,  
Paulo e Edith.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força que me concedeu para conclusão de mais uma graduação.

Agradeço a minha família ao meu pai Paulo, a minha mãe Edith, a minha irmã Sandra, meu cunhado Volnei e minha querida namorada Franciele por entenderem minha ausência e o meu mal humor.

Agradeço aos professores que nos auxiliaram e instruíram durante o decorrer do curso, que sem eles nada disso seria possível, em especial ao meu orientador neste segundo semestre o professor Édson em me ajudar na conclusão deste trabalho.

Agradeço aos amigos pelas belas amizades conquistadas nesta trajetória dividindo momentos de estudos, experiências e de descontração.

Agradeço ao meu companheiro de trabalho Edson meu chefe, pelos momentos em que estive ausente do trabalho.

Valeu galera!

Plante sua própria árvore  
para não precisar ficar na  
sombra dos outros.  
(Autor Desconhecido)

## RESUMO

O trabalho consiste na realização de um estudo de caso acerca da metodologia aplicada no segmento rodoviário para dimensionamento de faixas adicionais de trânsito, e a partir dos estudos desenvolvidos, aplicar os elementos de pesquisa bibliográfica. O segmento em estudo é a antiga Rodovia Estadual SC-302, hoje, SC 350 no trecho que liga o perímetro urbano de Lebon Régis ao Entroncamento com a BR-116 especificamente no segmento mais crítico de aclive na localidade de Rio Bonitinho no município de Santa Cecília com cerca de 1700 metros. O conhecimento de normas e manuais bem como, das especificidades das faixas, servindo este, para pesquisas de cunho acadêmico, que permitiu uma breve percepção dos critérios usados pelo DNER no Brasil, e inclusive critérios usados pelo DEINFRA em Santa Catarina. As faixas adicionais são faixas de trânsito que provocam um alargamento das seções transversais em trajetos de aclive que servem para separação do tráfego rápido do lento. Para a análise verificou-se através de visitas a campo a condição de tráfego atual da Rodovia para fins de estudo, dimensionamento, confirmação e do posicionamento de uma faixa adicional existente na rodovia. A solução ideal para o início da faixa foi mantê-la no mesmo local, pois a velocidade do veículo de carga não atinge uma perda maior que 15 km/h e o local que antecede a faixa é uma tangente permitindo ultrapassagens. No que diz respeito ao fim da faixa optou-se em estender a faixa adicional além da crista da curva vertical até alcançar um ponto em que o veículo de carga possa atingir uma velocidade que não difira de 15 km/h dos veículos leves e de preferência da ordem de 60 km/h que corresponde aproximadamente ao nível de serviço D.

**Palavras-chave:** Estudo. Rodovia. Faixas Adicionais de Trânsito.

## **ABSTRACT**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de faixa adicional para aclives AASHTO.....	17
Figura 2 - Curvas de Desaceleração de Caminhões Típicos Norte Americano.....	21
Figura 3 - Curvas de Aceleração de Caminhão Típico Norte Americano.....	21
Figura 4 - Índice de Acidentes Envolvendo Caminhões para Velocidades Inferiores a Velocidades da Rodovia.....	22
Figura 5 - Curvas de Desaceleração para Caminhão Brasileiro (massa/potência 180 kg/kW) DNER, 1979.....	28
Figura 6 - Curvas de Aceleração para Caminhão Brasileiro (massa/potência de 180 kg/kW).....	29
Figura 7 - Perfil do 15° percentil de velocidade do caminhão Típico Alemão (130 kg/kW), em função da curvatura horizontal em rodovias de pista simples.....	34
Figura 8 - Perfil do 85° Percentil de Velocidade do automóvel Alemão em Função da Curvatura Horizontal das Rodovias de Pista Simples.....	35
Figura 9 - Curvas de Variação de Velocidade para o Veículo de Carga Padrão em Vários Graus de Inclinação Longitudinal (%).....	38
Figura 10 - Faixa Adicional em Pista simples sem Faixa Adicional na descida.....	44
Figura 11 - Faixa Adicional em Pista Simples com Faixa Adicional na descida.....	44
Figura 12 - Seção Transversal de Estrada de Pista Simples com Faixa Adicional no Aclive.....	44
Figura 13 – Trecho de Estudo.....	48
Figura 14 – Plano Vertical do Perfil Estudado.....	53
Figura 15 – Desaceleração do Veiculo de Carga no Aclive.....	53
Figura 16 – Final da Faixa Adicional Proposto.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Campo de aplicação das DCE-S.	32
Tabela 2 - Valores dos 85° Percentis das Velocidades dos Automóveis em Função da Declividade da Rampa	34
Tabela 3 - Constante (a) e coeficiente (b) para Calculo da Velocidade Mínima Permitida de Trajeto através da Fórmula.	41
Tabela 4 - Localização das Faixas adicionais	49
Tabela 5 - Localização das Faixas adicionais Caçador/ Lebon Régis	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
DCE-S	Diretrizes para Concepção de Estradas Seções Transversais
DCE-I-1	Diretrizes para Concepção de Estradas Interseções de Nível Único
DCE-R	Diretrizes para Concepção de Estradas Encadeamento Funcional de Redes
DNER	Departamento Nacional de Estrada de Rodagens
DEINFRA	Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DER-SC	Departamento Estadual de Estradas de Rodagem Santa Catarina
Kg/Kw	Quilograma/ Quilowatt
Veic/h	Veículos por hora
Km/h	Quilômetros por hora
m	Metros

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	13
1.1.Estrutura do Trabalho.....	13
1.2.Área de Estudo.....	14
1.3.Delimitação do Tema .....	14
1.4.Justificativa.....	14
1.5.Objetivo Geral .....	15
1.6.Objetivos Específicos .....	15
2.REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1.Breve Histórico das Rodovias no Brasil .....	16
2.2.Diretrizes para Implantação de Faixas Adicionais.....	17
2.2.1.Níveis de serviço .....	17
2.2.2.Critérios da AASHTO .....	18
2.2.3.Critérios MTO .....	23
2.2.4.Critérios ATU.....	24
2.2.5.Critérios IMT .....	25
2.2.6.Critérios do DNER.....	27
2.3.Rodovias em Santa Catarina.....	30
2.4.Concepção das estradas em Santa Catarina .....	31
2.4.1.Critérios Schulze e Lamm .....	33
2.4.2.Faixas Adicionais DEINFRA.....	35
3.METODOLOGIA.....	47
3.1.Classificação do Estudo .....	47
3.2.Materiais.....	47
3.3.Característica da área de estudo .....	47
3.4.Métodos.....	50
4.ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	52
5.CONCLUSÃO.....	56
6.BIBLIOGRAFIA .....	57
Apendices.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Estrutura do Trabalho

Para atingir o objetivo mencionado foram necessários estudos, que tiveram as seguintes etapas expostas em capítulos:

O capítulo 1 (um) apresenta as considerações introdutórias e expõe os motivos e razões para a realização deste trabalho.

No capítulo 2 (dois) é exposto o material que forneceu embasamento teórico para a pesquisa referente aos temas abordados no trabalho, assegurando a credibilidade do assunto estudado e contemplando bibliografias nacionais e estrangeiras consagradas na área em estudo.

Já no capítulo 3 (três), serão demonstradas todas as ferramentas e métodos utilizados no trabalho, com a descrição das etapas envolvidas para que fosse possível a preparação e elaboração dos dados, bem como a identificação dos pontos com problemas de dimensionamento bem como pontos de adoção de faixas adicionais.

Dentro do capítulo 4 (quatro) estão inseridos os dados, análises e resultados do presente estudo.

No capítulo 5 (cinco) são apresentadas as conclusões do trabalho, comparando os objetivos estabelecidos com os resultados alcançados e sugestões para trabalhos futuros.

O documento é finalizado com as referências utilizadas no estudo, apêndices e anexos pertinentes.

De acordo com exposto na Revista Transportes (2003, p. 41) a importância do setor rodoviário para a economia brasileira é vital, e propor melhorias para o sistema rodoviário existente é imprescindível fazendo que o transporte seja realizado de forma segura, econômica e rápida.

Segundo uma estimativa da Confederação Nacional de Transportes (CNT) a rede rodoviária brasileira tem uma extensão de 1.724.924,00 quilômetros dos quais, pouco mais de 160.000 quilômetros ou 9.5 % são pavimentadas e cerca de 150.000 quilômetros são de pista simples e 15.000 quilômetros de pista dupla.

Ao referir-se as rodovias de pista simples, a Agência de Transporte do Estado de São Paulo – ARTESP destaca que:

Nas rodovias de pista simples com duas faixas de tráfego, as ultrapassagens são realizadas pela faixa de tráfego de sentido contrário e, por isso, envolvem a questão de segurança criada pelo risco de colisão entre veículos operando em sentidos contrários. Neste caso, para justificar a implantação de uma faixa adicional, a segurança operacional é a questão preponderante a ser considerada, além da questão da suficiência da capacidade do segmento ou do padrão de nível de serviço prevalecente (ARTESP, 2005).

Para o Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER, a finalidade de implantação das faixas adicionais (Terceiras Faixas) são de melhorar o nível de serviço em rampas ascendentes, reduzir o tempo de viagem, o custo operacional dos veículos e tornar a viagem mais segura (DNER, 1999).

Objetivo desse trabalho consiste na realização de um estudo acerca da metodologia aplicada no segmento rodoviário para dimensionamento de faixas adicionais de rodovias e a partir dos estudos desenvolvidos, aplicar os elementos de pesquisa bibliográfica em uma Rodovia Estadual SC-350 no trecho que liga os municípios de Caçador, Lebon Régis e Santa Cecília no Entroncamento com a BR-116.

## 1.2. Área de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na área de transportes com enfoque no sistema rodoviário rural, na Rodovia SC - 350 entre os municípios de Santa Cecília/SC e Caçador/SC buscando-se avaliar a infraestrutura da rodovia.

## 1.3. Delimitação do Tema

A rodovia que foi estudada foi a Rodovia Estadual SC – 350 antiga SC 302 entre os municípios de Santa Cecília, SC e Caçador, SC. Onde foi observado e estudado as rampas ascendentes, e suas faixas adicionais.

## 1.4. Justificativa

Com o considerável aumento da frota e respectivamente o número de veículos de carga, a rodovia, principalmente a de pista simples, tem sua velocidade de operação afetada, devido à redução da velocidade desses veículos nas rampas ascendentes, formando os chamados pelotões e com isso aumentando o custo operacional e o tempo de viagem dos demais veículos (DNER, 1999).

As rodovias de pista simples que não apresentam um crescimento do tráfego que justifique sua duplicação, deve estudar maneiras de melhorar sua operação, sendo uma excelente alternativa a aplicação de faixas adicionais, pois nestas rodovias em rampas que circulam veículos de carga, o impacto ambiental no trecho de implantação da faixa adicional é menor e o custo financeiro de implantação também é menor, comparados a duplicação da rodovia (ARTESP, 2005).

### 1.5. Objetivo Geral

Objetivo desse trabalho consiste na realização de um estudo acerca da metodologia aplicada no segmento rodoviário para dimensionamento de faixas adicionais de rodovias e a partir dos estudos desenvolvidos, aplicar os elementos de pesquisa bibliográfica em uma Rodovia Estadual SC-350 no trecho que liga os municípios de Caçador Lebon Régis ao Entroncamento com a BR-116.

### 1.6. Objetivos Específicos

- ✓ Estudar os critérios de dimensionamento das faixas adicionais de trânsito em rodovias;
- ✓ Levantar a condição de tráfego atual da Rodovia SC-350 para fins de estudo de caso no dimensionamento da faixa adicional;
- ✓ Realizar o dimensionamento e a confirmação do posicionamento de uma faixa adicional existente na rodovia estadual SC-350;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Breve Histórico das Rodovias no Brasil

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT contextualiza que os caminhos de carroças que ligavam vilas e cidades desde o século XVI foram ficando de lado, com a inauguração da construção da primeira rodovia Estrada União Indústria que ligava o Rio de Janeiro a Minas Gerais, no ano de 1861. A história do rodoviarismo começava a ser escrita, entretanto após muitos anos sem ter o que dizer apenas no governo do presidente Getúlio Vargas foi criado o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem- DNER (DNIT, 2009).

O então ministro de viação e obras públicas Mauricio Joppert leva a sanção o Decreto Lei 8.463/1945 que conferia a autonomia técnica e financeira ao DNER, lei essa que criava também o Fundo Rodoviário Nacional (RODRIGUES, 1996).

Segundo Rodrigues (1996):

Como consequência da Lei de Joppert, o Brasil já contava com 968 quilômetros no ano de 1950 da malha rodoviária pavimentada, o dobro do verificado no ano de 1945. Na década de 60, o Brasil viu suas rodovias aumentarem significativamente, com exceção de Belém e Manaus todas as capitais estavam interligadas por estradas federais.

No ano de 1970 o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER continuou com grandes obras nascendo a Transamazônica e a Ponte Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói). O Brasil chegava em 1980 com 47 mil quilômetros de rodovias federais pavimentadas, mas em 1988 o Fundo Nacional Rodoviário foi extinto e a partir daí iniciou o declínio dos recursos.

Com a escassez de recursos, novas alternativas foram colocados em prática na década de 90, alguns programas, entre eles: o Programa de Concessões Rodoviárias; o Programa de Descentralização e Restauração da Malha e, o Programa CREMA de restauração e manutenção rodoviária por períodos de 05 anos (DNIT, 2009).

Hoje no Brasil o modal Rodoviário é o meio mais usado para o escoamento de produtos agrícolas, de produtos industrializados e para o deslocamento de passageiros cerca de 62 % do transporte de cargas e 96% de transporte interurbano de passageiros (PADULA, 2008).



## 2.2. Diretrizes para Implantação de Faixas Adicionais

O Manual do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER destaca que um trecho de rodovia com uma faixa adicional em rampa ascendente ou descendente não é considerado como sendo três faixas, mas um trecho com duas faixas adjacentes a uma faixa adicional adequada para veículos movendo-se lentamente. Deste modo os veículos mais leves e ou rápidos que são menos afetados pelos greides elevados não precisam perder velocidade por veículos lentos e ainda não precisam invadir a faixa contrária para ultrapassá-los (DNER, 1999).

Nestes parâmetros enfatiza-se que,

Embora uma rodovia apresente um nível de serviço razoável, rampas específicas e isoladas podem apresentar problemas de capacidade, devido ao fato de veículos de carga não conseguirem desenvolver uma velocidade compatível com o tráfego existente, na sua maioria de veículos leves. Torna-se necessário, pois, resolver o problema daquele segmento (DNER, 1999).

Uma das soluções existentes é a construção de uma faixa de tráfego a mais para os veículos lentos, faixa essa denominada Faixa Adicional ou Terceira Faixa (DNER, 1999).

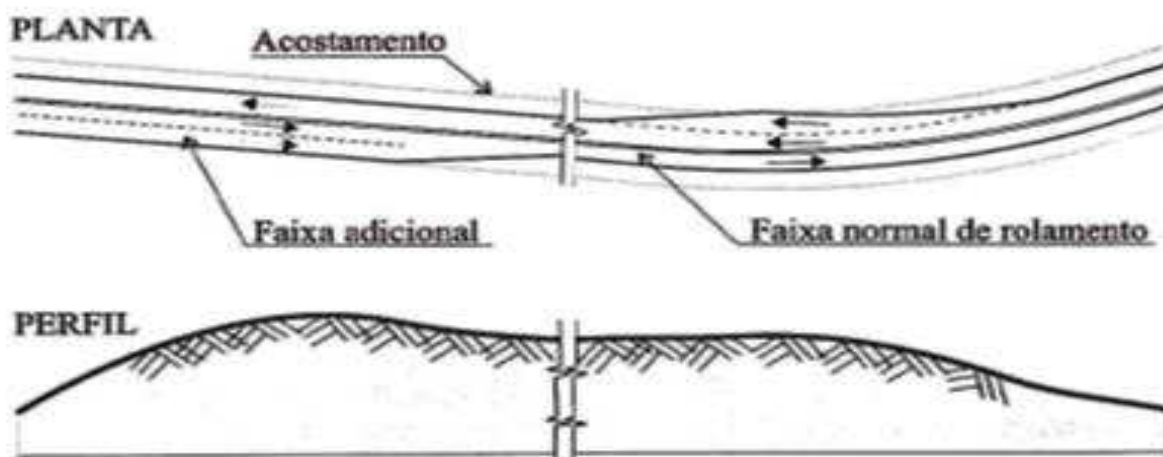
Diversas metodologias estabelecem critérios para implantação de faixas adicionais em rampas ascendentes foram formuladas, sendo as principais adotadas no Brasil pelo antigo DNER hoje DNIT são: da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 2001), Schulze e Lamm (2000), *Ministry of Transportation of Ontario* (MTO 1990), *Alberta Transportation and Utilities* (ATU 1999) e Instituto Mexicano Del Transporte (MENDONZA; MAYORAL, 1994).

### 2.2.1. Níveis de serviço

Para compreender os critérios abordados nos itens posteriores deve-se observar os níveis de serviço que são padrões de referência qualitativos definidos e utilizados para caracterizar as condições de operação de uma corrente de tráfego, sob o ponto de vista do usuário. Os níveis de serviço representam os diversos estágios de qualidade de fluxo de tráfego, desde o melhor (fluxo livre) até o pior congestionamento (ARTESP, 2005).

Para defini-los tecnicamente foram definidos intervalos de valores dos parâmetros físicos que constituem as variáveis básicas envolvidas no fluxo de tráfego, a Velocidade, o Volume (ou Taxa de Fluxo) e a Densidade de tráfego, classificados em seis níveis nomeados através das seis primeiras letras do alfabeto: A, B, C, D, E e F. O conceito de fluxo totalmente livre está associado ao Nível de Serviço A, enquanto que o Nível de Serviço F foi referido ao conceito de congestionamento completo. Por definição, a Capacidade é a Máxima Taxa de Fluxo de Serviço para o Nível de Serviço E (ARTESP, 2005).

**Figura 1 - Modelo de faixa adicional para aclives AASHTO.**



Fonte: (AASHTO, 2001).

### 2.2.2. Critérios da AASHTO

A *American Association of State Highway and Transportation Officials*-AASHTO no ano de 2001 estabeleceu diretrizes para projetos de implantação de faixas adicionais em rampas ascendentes, visando minimizar os problemas causados por caminhões de baixo desempenho e essas diretrizes servem de base para implantação de faixas adicionais adotados em vários países.

As características de operação em aclives dependem principalmente da declividade e comprimento das rampas, características dos veículos. Na maioria dos casos admite-se que o automóveis podem trafegar em rampas com declividade de até 6%, sem alteração significativa na velocidade em relação a que normalmente é mantida em trechos planos (AASHTO, 2001).

O Departamento Nacional de Estradas e Rodagens destaca que o efeito das rampas ascendentes é mais representativo na velocidade de operação de caminhões, ou seja, em aclives ocorrem significativas reduções de velocidade que são função principalmente da relação massa/potência do veículo. Já, em trechos planos, esses veículos podem viajar a velocidades bem próximas dos automóveis, (DNER, 1999).

Em projetos rodoviários, as declividades e os comprimentos das rampas, devem ser definidos de forma que não haja grandes reduções de velocidade dos caminhões, se essa condição não for obedecida, pode ocorrer à formação de pelotões, o que aumenta os tempos de viagens, custos operacionais e pode provocar acidentes (AASHTO, 2001).

Conforme a *American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO*, “o projeto de uma rampa é determinado pelo comprimento crítico, que é o comprimento máximo de uma rampa ascendente sobre a qual um caminhão carregado pode trafegar sem redução significativa da velocidade” (AASHTO, 2001).

Ainda a AASHTO (2001) define que além do comprimento crítico da rampa, outros parâmetros são importantes na análise de verificação da faixa adicional, sendo estes descritos abaixo:

1. Massa bruta e potência de um caminhão de projeto: O principal parâmetro que determina o desempenho de um caminhão em aclives é a relação massa/potência, ou seja, a massa bruta do veículo dividida pela potência de motor. Sugere um caminhão, com relação massa/potência 120 Kg/Kw, como veículo de projeto para as principais rodovias norte americanas;
2. A velocidade de entrada ou velocidade inicial na rampa: A velocidade de entrada do caminhão na rampa depende do trecho antecedente, trecho plano, a velocidade de entrada é igual a de operação, em declive a velocidade é maior e se for aclive, a velocidade é menor;

3. Não sugere valores de velocidades mínimas para caminhões operando em aclives, porém dependem da velocidade de projeto. Por exemplo, nas rodovias com velocidade de projeto entre 60 e 100 km/h, se o tempo de espera para fazer uma ultrapassagem for pequeno, aceita-se velocidades mínimas na faixa de 40 e 60 km/h; e
4. A resistência aerodinâmica e a habilidade do motorista também podem influenciar a velocidade dos caminhões na rampa, porém com menos efeitos (AASHTO, 2001).

Se o comprimento da rampa for menor que o crítico, os veículos estarão operando dentro da faixa desejada de velocidade, caso contrário, a operação dos veículos na rampa fica prejudicada. Nesses casos devem ser feitos ajustes para melhorar a operação dos veículos, como retificações na rampa ou a implantação de faixas adicionais (AASHTO, 2001).

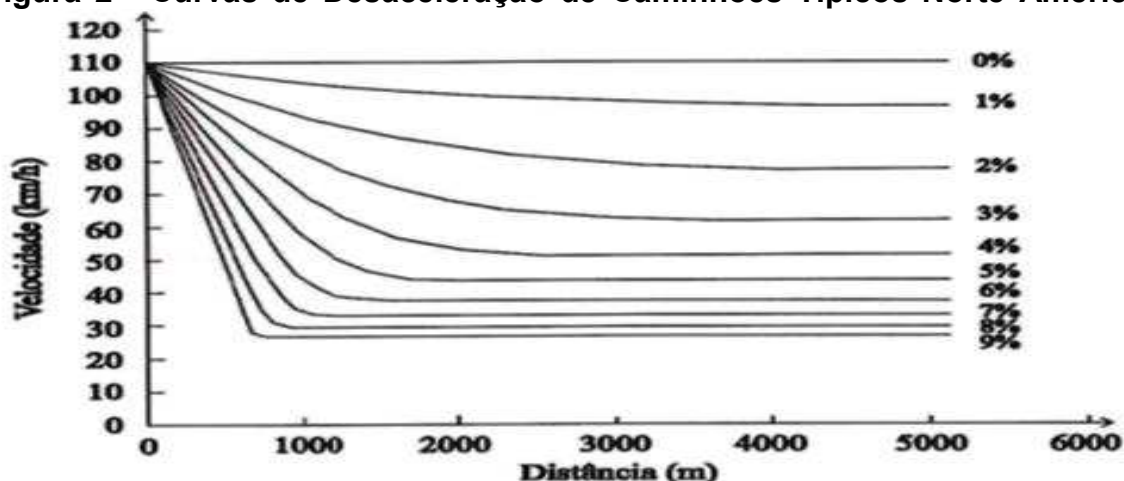
Segundo a AASHTO no ano de 2001 a implantação de uma faixa adicional justifica-se quando são satisfeitas três critérios:

Existe uma taxa de fluxo de tráfego no aclive maior que 200 veículos/hora (veic/h);

1. O fluxo de caminhões é maior que 20 caminhões por hora; e
2. Uma das seguintes condições é satisfeita:
  - 2.1 Ocorre uma redução na velocidade de um caminhão típico de 15 km/h ou mais ao longo do aclive;
  - 2.2 O nível de serviço calculado para a rampa é igual ao nível E ou F; e
  - 2.3 Ocorre uma redução de dois ou mais níveis de serviço em relação ao trecho antecedente ao aclive.

O primeiro aspecto a ser analisado para justificar a construção de uma faixa adicional é verificar se ocorre redução de velocidade do caminhão no aclive. Em função da velocidade de entrada, do comprimento e declividade da rampa, verifica-se o valor da velocidade que o caminhão terá ao chegar ao final da rampa pela curva de desaceleração mostrada na figura 2.

Figura 2 - Curvas de Desaceleração de Caminhões Típicos Norte Americano.

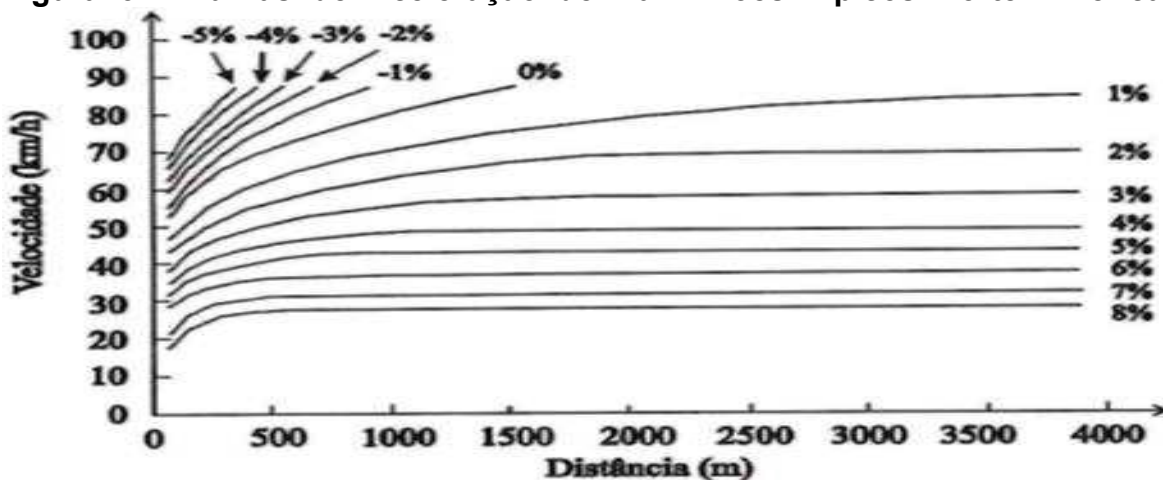


Fonte: (AASHTO, 2001).

O comprimento da faixa adicional é estimado em função da distância percorrida pelo caminhão ao longo do aclive em velocidades inferiores a velocidade de operação da rodovia. No trecho próximo a curva vertical convexa, o aumento da velocidade do caminhão é obtido pelas curvas de aceleração. Isto, porque à medida que o veículo se aproxima da curva vertical, a declividade da rampa vai diminuindo, o que faz com que o veículo acelere e retome a velocidade de operação (AASHTO, 2001).

O ponto final da faixa adicional se dá quando o caminhão de projeto atinge a mesma velocidade que entrou na faixa adicional. Esse aumento da velocidade do caminhão é obtido através das curvas de aceleração apontados na figura 3 (AASHTO, 2001).

Figura 3 - Curvas de Aceleração de Caminhões Típicos Norte Americano.

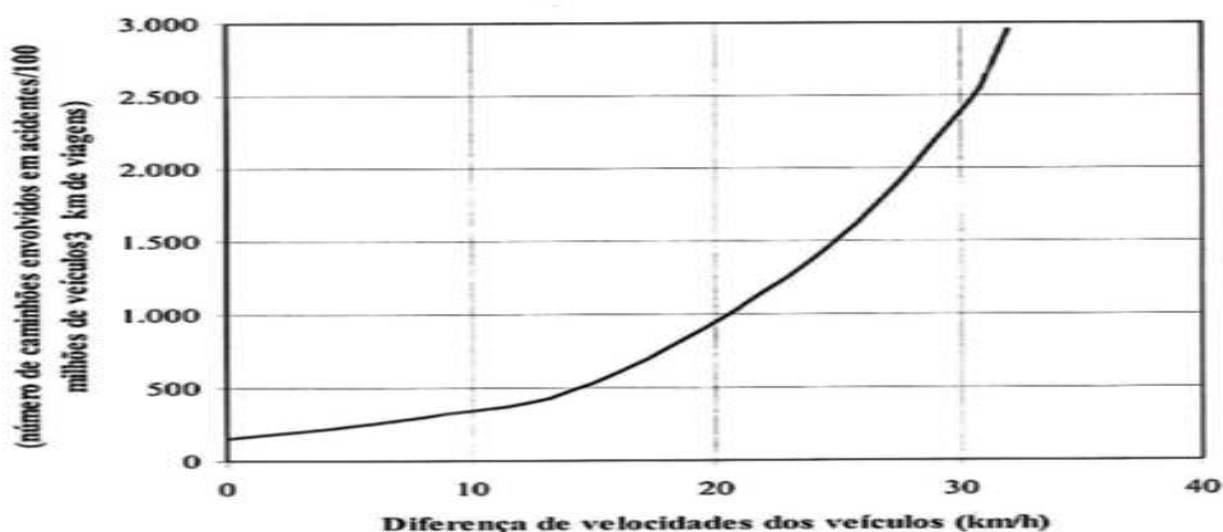


Fonte: (AASHTO, 2001).

O valor de 15 km/h definido como critério de redução admissível de velocidade para caminhões está baseado na diminuição de acidentes em aclives. A alteração do índice envolvimento de caminhões em acidentes esta relacionada com a diferença entre a velocidade dos veículos de carga e os veículos leves. A elevação na diferença de velocidades implica num aumento da taxa de ocorrências de acidentes de acordo com a figura 4 (AASHTO, 2001).

Observa-se que as faixas adicionais podem diminuir os acidentes em aclives, pois, na medida em que os caminhões lentos deixam as faixas normais de rolamento seguindo pela faixa adicional, o trafego mais rápido tende a ultrapassar esses veículos, melhorando os níveis de serviço. Se houver a necessidade de aumentar a segurança do trecho, o critério de redução de acidentes pode ser visto como decisivo para justificar a implantação da faixa adicional em aclives em rodovias (DNER, 1999).

**Figura 4 - Índice de Acidentes Envolvendo Caminhões para Velocidades Inferiores a Velocidades da Rodovia.**



Fonte: (AASHTO, 2001).

Na ocorrência do critério de diminuição de velocidade não ser satisfeita, os níveis de serviço na rampa como citados nos itens 3.2 e 3.3 devem ser analisados de acordo os procedimentos do *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000).

Para avaliar o critério do item 3.2, o fluxo de serviço no nível D é calculado e comparado com o fluxo de serviço do aclave; se este for maior, a implantação da faixa adicional esta garantida. Para estimar o fluxo de serviço no aclave, faz-se a divisão do fluxo pelo fator hora-pico. Do contrário, comparam-se os níveis de serviço do trecho de aproximação do aclave item 3.3, a faixa adicional esta garantida se ocorrer uma redução de dois níveis de serviço ou mais (AASHTO, 2001).

### 2.2.3. Critérios MTO

As diretrizes propostas pela *Ministry of Transportation of Ontario* (MTO) são baseadas em avaliação econômica e de custo/eficácia da faixa adicional, que leva em consideração o comprimento crítico da rampa, o aumento da segurança e a estimativa do nível de serviço em rodovia de pista simples (MTO, 1990).

Assim sendo,

O primeiro critério para a implantação da faixa adicional baseia-se na determinação do comprimento crítico da rampa. Para uso desse critério, o comprimento do aclave deve exceder o comprimento crítico, ou seja, o comprimento que cause uma redução de 15 km/h ou mais na velocidade no caminhão de projeto, o qual porta relação massa/potencia de 180 kg/kW (MTO, 1990).

O Departamento Nacional de Estradas e Rodagens afirma que nos trechos onde o comprimento crítico da rampa for excedido, onde a porcentagem de caminhões estiver abaixo de 12% e o volume de tráfego abaixo de 300 veic/h, não se justifica a implantação da faixa adicional, sendo que em rodovias rurais com pequenos volumes de tráfego mesmo que a rampa exceda o comprimento crítico, o investimento na construção de uma faixa adicional pode não ser economicamente viável (DNER, 1999).

O segundo critério é a análise do nível de serviço: se o nível de serviço no aclave for inferior em um ou mais níveis, em comparação ao estabelecido no projeto, a construção da faixa adicional esta garantida, onde o último critério é a comparação entre o custo do investimento e os benefícios gerados pela redução dos custos operacionais dos veículos, do tempo de viagem e dos acidentes após a implantação da faixa adicional. O investimento é economicamente viável quando os benefícios são maiores que o custo de investimento (MTO, 1990).

#### 2.2.4. Critérios ATU

As diretrizes de concepção de faixas adicionais foram propostas no ano de 1995 e revisadas no ano de 1999 em Alberta no Canadá pela *Alberta Infrastructure* um dos comitês *Alberta Transportation and Utilities* (ATU) para rodovias de pista simples, sendo baseadas nos seguintes critérios:

1. Redução da velocidade, onde estabelece uma redução admissível de velocidade de 15 km/h para o veículo de carga relação massa potência de 180 Kg/Kw ao entrar na rampa com velocidade de 95 km/h. Se na composição dos veículos pesados os veículos de recreio ou ônibus constituírem mais de 85%, a relação massa/potência passa a ser 120 Kg/Kw. A categoria de veículos pesados é constituída pela soma do número de caminhões articulado e rígidos, mais a metade da soma do número de veículos de recreio (ATU, 1999).
2. Volume mínimo de tráfego sugere volumes diários médios em função da porcentagem de ultrapassagem permitida, declividade e comprimento da rampa e, porcentagem de caminhões no tráfego. Este critério está ligado a outras duas condições (ATU, 1999):
  - 2.1 O volume diário médio de veículos de carga exceder 150 veic/dia;
  - 2.2 O nível de serviço na hora de pico deve ser inferior ao nível A.

Se o volume de tráfego, indicado no item 2 do critério, for esperado ocorrer antes dos 10 anos, ou seja, metade da vida útil da faixa adicional que é de 20 anos, a construção da faixa adicional na rampa esta garantida (ATU, 1999).

De acordo com ATU (1999) as causas que levaram a sugerir um volume mínimo de caminhões, como descrito no item 2.1 são as seguintes:

1. Estabelecer um critério, o qual se baseia apenas em nível de serviço, pode sugerir implantação de faixa adicional em situações nas quais o volume de tráfego é pequeno. Nesses casos, os benefícios da redução de custos de operação de veículos, dos tempos de viagens e diminuição dos índices de acidentes são menores que os custos de investimento;



2. O critério torna-se abrangente, pois passa a considerar a declividade e o comprimento da rampa e, a composição do tráfego, além de estar baseado em volumes de tráfego e;
3. Em muitas faixas adicionais existentes em Alberta, os fluxos de veículos eram pequenos e os níveis de serviço eram bons (ATU, 1999).

#### 2.2.5. Critérios IMT

Com o desenvolvimento de métodos de análises econômicas realizadas pelo Instituto Mexicano *Del Transporte* (IMT) em 1994, visou avaliar a implantação de faixas adicionais e estimar níveis de serviço, antes e após a construção dessas melhorias, em rodovias de pista simples no México (MENDONZA; MAYORAL, 1994).

Destaca-se ainda que:

Um dos aspectos estudados teve como objetivo obter a relação massa/potência representativa da frota de caminhões. As massas e as características dos caminhões obtidas em 10 estações de pesagem distribuídas nas rodovias do México. A potência dos veículos foi fornecida pelos fabricantes de caminhões. A relação massa/potência obtida foi 280 kg/kW, também, foi constatado que a porcentagem de caminhões que trafegam nas rodovias do México diferem das norte americanas cerca de 35% do tráfego no México e 14% nos Estados Unidos (MENDONZA; MAYORAL, 1994).

O baixo desempenho dos caminhões mexicanos nos aclives provocam a formação de pelotões, que prejudicam a operação dos veículos e contribuem para o aumento dos índices de acidentes. Esses problemas levaram o IMT a propor diretrizes para implantação de faixas adicionais. Para obter êxito, o IMT precisou fazer alterações na avaliação do nível de serviço em rampas específicas e adequá-lo as condições de tráfego e de geometria das rodovias locais (MENDONZA; MAYORAL, 1994).

Em trabalhos desenvolvidos por Mendonza e Mayoral (1994) assinalam que as modificações feitas propõem novos valores para relação volume/capacidade, para os equivalentes veiculares e para os níveis de serviço, sendo as atividades desenvolvidas para fazer as adaptações destacadas abaixo:

1. Coleta de dados sobre a velocidade e a composição do tráfego em aclives com faixas adicionais. As velocidades foram medidas com faixa adicional liberada ao tráfego e depois com faixa adicional interditada. O objetivo foi quantificar os benefícios gerados pelos usuários quando os aclives dispõem de faixas adicionais (MENDONZA; MAYORAL, 1994).
2. As velocidades obtidas nas rampas, com faixa adicional interditada, foram comparadas com velocidades calculadas pelo *Highway Capacity Manual* (HCM). Constatou que as velocidades medidas foram menores que as velocidades obtidas pela HCM em 1985 (MENDONZA; MAYORAL, 1994).
3. Os níveis de serviço foram estimados pelo HCM, os quais foram iguais a E e F, para as velocidades medidas nos aclives, e igual ao nível B para as velocidades calculadas (MENDONZA; MAYORAL, 1994).
4. O modelo de simulação de tráfego (TRARR) foi usado para simular o tráfego e determinar relações volume/capacidade, em função da declividade da rampa, da velocidade média e da porcentagem de zona de ultrapassagem proibida, em substituição aos valores propostos pelo HCM de 1985 (MENDONZA; MAYORAL, 1994).
5. Os fatores de equivalência para caminhões foram recalculados de acordo com as características de veículos e rodovias mexicanas, os resultados obtidos mostram valores bem maiores que os propostos pelo HCM (MENDONZA; MAYORAL, 1994).
6. Os níveis de serviço, em função das velocidades, foram feitas estimativas e comparados com os valores do HCM, as velocidades para cada nível de serviço apresentaram valores menores (IMT, 1994).

A etapa final do método é a verificação da viabilidade econômica da obra. A construção da faixa adicional é economicamente viável, se a relação entre os benefícios e os custos de construção for maior que a unidade (MENDONZA; MAYORAL, 1994).

Ainda os autores destacam que os melhoramentos gerados são as reduções dos custos operacionais dos veículos e dos tempos de viagens dos usuários. Se tratando de implantação da faixa adicional considera-se garantida quando o volume diário médio estiver entre 3000 veic/dia e 6000 veic/dia e se a largura da seção transversal da rodovia for suficiente para construir a faixa adicional. Nos casos onde existir grandes cortes e revolvimentos de solo, a construção se torna inviável. Deve-se implantar a faixa adicional em rodovias com volume médio maior que 6000 veic/dia, pois, nestes casos, as viagens se tornam mais inseguras (MENDONZA; MAYORAL, 1994).

#### 2.2.6. Critérios do DNER

Com a elaboração da nova versão publicada pelo DNER em 1999, objetivando substituir as instruções antigas de 1979, as diretrizes propostas baseiam no que estabelece a AASHTO de 1994, apresentadas abaixo.

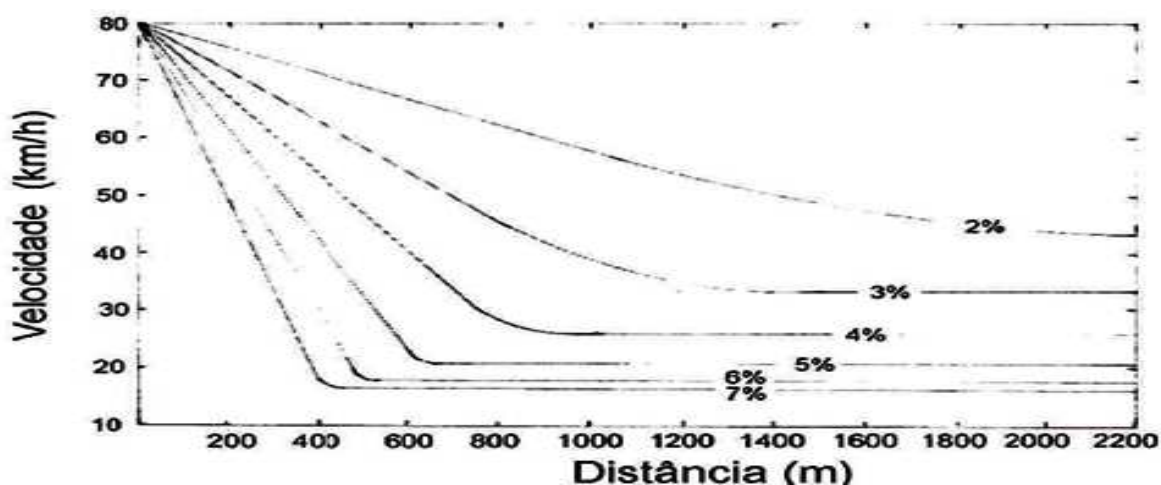
1. O fluxo de tráfego no aclave é maior que 200 veic/h.
2. A taxa de fluxo de caminhões no aclave é maior que 10%
3. Uma das condições seja satisfeita:
  - 3.1 Uma redução de velocidade de 15 km/h ou mais é esperada para um caminhão.
  - 3.2 O nível de serviço calculado para a rampa é de E ou F e,
  - 3.3 Redução de dois ou mais níveis de serviço quando se passa o segmento plano da aproximação para a rampa.

O manual do DNER 1999 nada mais é que a tradução para a Língua Portuguesa do método da AASHTO de 1994, portanto, é arriscado usá-lo sem que sejam feitas as devidas adaptações do método as condições e as características de veículos das rodovias brasileiras.

A instrução de implantação de terceiras faixas do DNER de 1979, propôs curvas de desempenho para caminhão representativo da frota brasileira, relação massa/potência de 180 kg/kW, esse estudo teve como objetivo obter o desempenho real dos caminhões brasileiros. Entretanto, na versão de 1999 do DNER, não se tem registro de estudos efetuados para propor curvas de desempenho para caminhões, que sejam mais adequadas as condições de trafego e as características dos veículos.

As curvas de desaceleração propostas pelo DNER de 1979 abrangem rampas de + 2,0% a + 7,0% para caminhões com velocidade de entrada igual a 80 km/h. Essas curvas são usadas na determinação dos pontos iniciais e no comprimento das faixas adicionais a figura 5 mostra as curvas de desaceleração estabelecidas pelo DNER.

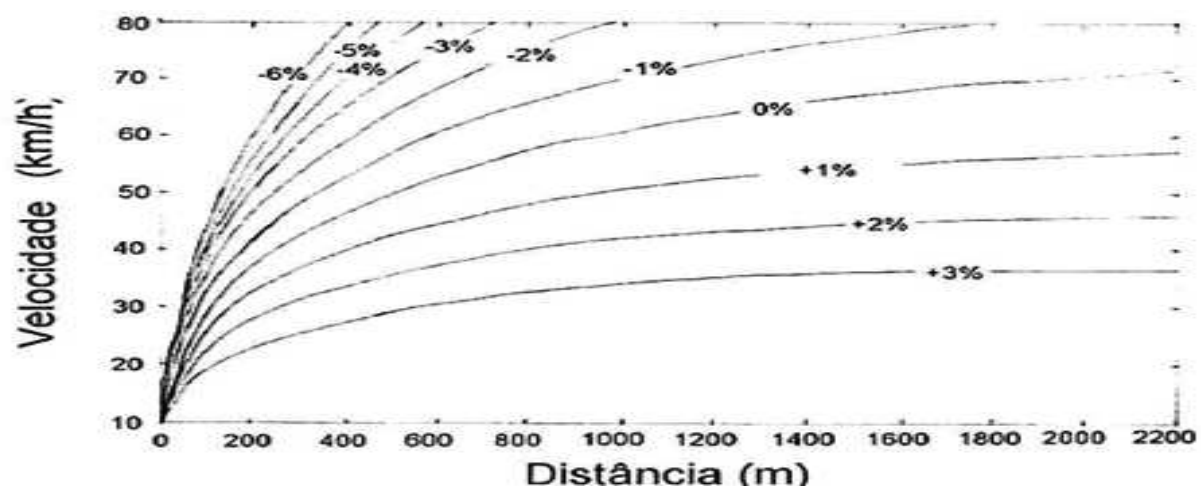
**Figura 5 - Curvas de Desaceleração para Caminhão Brasileiro (massa/potência 180 kg/kW) DNER, 1979.**



Fonte: (DNER, 1979).

As curvas de aceleração mostrada na figura 6 ilustram rampas de -6,0% a + 3,0% para caminhões com velocidade inicial de 10 km/h. Essas curvas são usadas na determinação das distâncias de aceleração e dos pontos finais das terceiras faixas (DNER, 1979).

Figura 6 - Curvas de Aceleração para Caminhão Brasileiro (massa/potência de 180 kg/kW).



Fonte: (DNER, 1979).

### 2.3. Rodovias em Santa Catarina

O Desenvolvimento da Infraestrutura de Transportes em Santa Catarina teve seu início a partir de instituição das colônias, de produtores rurais assim desenvolvendo, o modal rodoviário como via de escoamento da produção (FIESC, 2009).

De acordo com a Confederação Nacional de Transporte (CNT), as rodovias como modal de transporte,

São priorizadas no Estado tendo em vista a primeira grande divisão territorial catarinense que é expressa a partir do relevo do litoral e o planalto. Acrescenta-se ainda que no planalto possui vales profundos e dissecados. Fato estes somados tornou-se um grande desafio para a construção da malha rodoviária de Santa Catarina. Por outro lado essas características físicas foram também decisivas para múltiplas fases do processo de povoamento bem como do desenvolvimento econômico e social do Estado (CNT, 2015).

Santa Catarina conta com aproximadamente 2.606 km de rodovias federais e 6.000 km de rodovias estaduais. As rodovias federais que cortam o Estado são a BR- 101, BR-116, BR-153, BR-280, BR-282 e BR-470. As duas primeiras configuram-se como as mais importantes para o Estado em termos de tráfego e caracterizam dois dos 27 corredores rodoviários do Brasil (CNT, 2015).

Por corredor rodoviário entendem-se as rodovias com intenso fluxo, principalmente de cargas, e que ligam as capitais dos Estados brasileiros considerados grandes centros econômicos (FIESC, 2009).

As rodovias BR-101 e BR-116, segundo a Pesquisa CNT de Rodovias do ano de 2015, apresentam boas e regulares condições de estrutura respectivamente. Esta classificação elaborada pela CNT foi feita a partir de diversos parâmetros, entre eles as condições da superfície, sinalização, necessidade de variação de velocidade devido ao pavimento, curvas perigosas e condições destas. Ainda a respeito deste estudo das condições das rodovias, que abrange todo o território nacional, consta que 38,5% das rodovias catarinenses encontra-se em estado regular, 26,7% bom, 17,1% ruim, 13,1% ótimo e 4,6% péssimo.

## 2.4. Concepção das estradas em Santa Catarina

O antigo Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina (DER-SC) hoje Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA) utiliza como principal ferramenta as Normas Alemãs para atuar na construção, restauração e melhoramentos de rodovias no Estado (DER-SC, 2000).

Podemos citar: Schulze e Lamm, "Richtlinienfür die Anlage von Strassen ( RAS ), Teil: Querschnitte ( RAS - Q ), Ausgabe 1996 tradução da publicação de origem alemã intitulada para a concepção de seções transversais, Richtlinienfür die Anlage von Strassen ( RAS ), Teil: Leitfadensfür die funktionale Gliederung des Strassennetzes ( RAS - N ), Ausgabe 1988 utilizado para o Encadeamento Funcional de Rede de Estradas e Richtlinienfür die Anlage von Strassen (RAS), Teil: Knotenpunkte (RAS - K ), Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte (RAS - K - 1) para Interseções de Nível Único. Normas e autores utilizados neste trabalho para concepção de estradas para Santa Catarina (DER-SC, 2000).

E segundo o Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina- DER-SC:

No ano de 2000 a opção de traduzir a publicação original e aplicar os seus conceitos é perfeitamente válida, partindo do princípio de que, essa publicação original, desde a sua idealização até sua finalização, foi, sem dúvida, objeto de amplas pesquisas e estudos elaborados e conduzidos propriamente para a adaptação da norma para a realidade Catarinense. Com a divulgação do Manual objetiva-se, portanto, prover o DER-SC de ferramentas para resolver seus problemas relacionados com a concepção de seções transversais (DER-SC, 2000).

De acordo com o DCE-R do DER-SC do ano de 2000, as estradas são enquadradas, conforme as Diretrizes para a Concepção de Estradas, Parte do Encadeamento Funcional de Redes, num dos cinco grupos de categorias de A até E demonstrada na Tabela 1, de acordo com a posição que poderão estar dentro ou fora de áreas urbanizadas, urbanização nas margens com ou sem e a função determinante de interligação e integração local.

Dentro da rede de estradas, cada segmento deve preencher uma determinada tarefa. As informações de tráfego e de trânsito para as seções transversais de estradas fora de áreas urbanizadas devem respeitar metas de organização de espaços. Dentro de áreas urbanizadas, estas informações devem, além disto, ser obtidas dos planos de crescimento do tráfego ou de planos equivalentes de instituições locais (DCE-R, 2000).

Para escolha dos componentes das seções transversais de estradas, os fatores determinantes são: a segurança do tráfego e os custos de construção e manutenção. As metas de proteção da natureza e do paisagismo, do urbanismo e de proteção do meio ambiente devem também ser consideradas. Dentro de áreas urbanizadas, as exigências que o ambiente marginal impõe ao espaço das estradas (DCE-S, 2000).

**Tabela 1 - Campo de aplicação das DCE-S.**

Grupo de categoria		Fora de áreas urbanizadas	Dentro de áreas Urbanizadas			
			Sem urbanização nas margens		Com urbanização nas margens	
Função		Interligação			Integração	Local
		A	B I	C	D	E
Interligação longa	I	A I	B II	+ C I	=	=
Interligação supra regional/regional	II	A II	B III	* C II	+ D II	=
Interligação de comunidades	III	A III	B IV	C III	* D III	+ E III
Integração de áreas	IV	A IV	B	C IV	D IV	*E IV
Interligação secundaria	V	A V	-	-	D V	E V
Caminho	VI	AVI	-	-	-	E VI

- não ocorre \* problemático + muito problemático = não praticável

Fonte: DCE-S, 2000.



### 2.4.1. Critérios Schulze e Lamm

O critério Schulze e Lamm do ano de 2000, serve para verificar a necessidade de implantação de faixa adicional na Alemanha, incorpora o efeito de redução de velocidade dos veículos pelo fato da variação da curvatura horizontal.

Ao abordar este critério, considera-se juntamente com a diminuição da velocidade devido o perfil longitudinal, representada pelas curvas de desempenho, o critério é baseado em dois aspectos primeiro, análogo ao da AASHTO, analisa-se a redução da velocidade pelas curvas de desempenho do caminha típico alemão relação massa/potencia de 130 kg/kW, após a redução da velocidade é analisada a partir do efeito causado pelo alinhamento horizontal da rampa. Para isto, o 15° percentil das velocidades dos caminhões ( $V_{cam15}$ ) deve ser comparado com 85° percentil das velocidades dos automóveis ( $V_{aut85}$ ) (SCHULZE; LAMM, 2000).

Para determinar variação da curvatura horizontal usa-se a seguinte equação:

$$CCR_s = \frac{(L_{c11} / 2 R + L_{cr} / R + L_{c12} / 2 R) * 63.700}{L}$$

Onde:

CCRs: Taxa de variação da curvatura horizontal composta por curva circular e de transição ( gon \* / km; \* 400 gon =360° );

L: comprimento total da curva (km)= ( $L_{cr} + L_{c11} + L_{c12}$ );

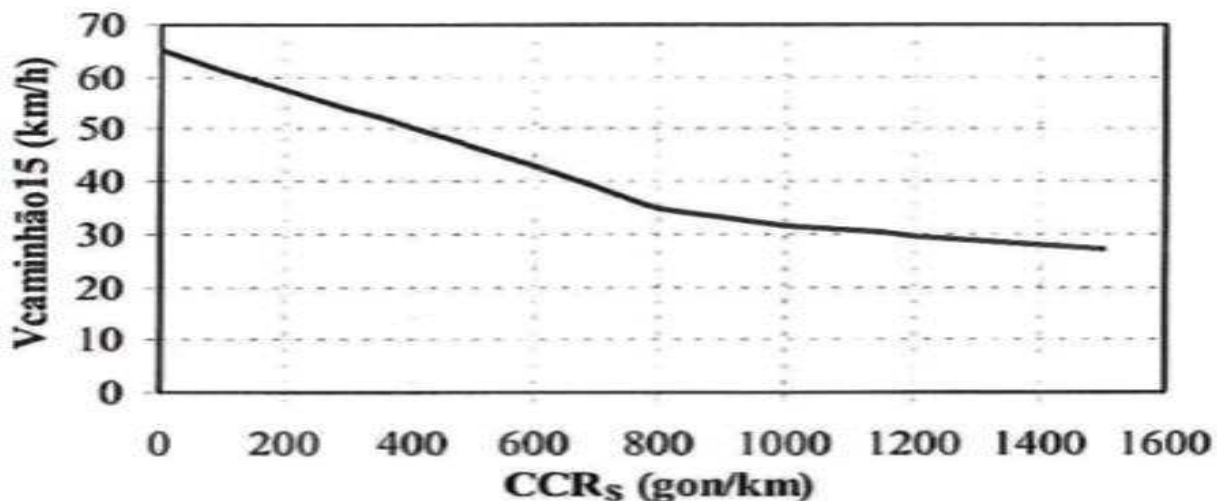
$L_{cr}$ : comprimento total da curva (m);

$L_{c11}$ ,  $L_{c12}$ : comprimento dos clóides (antecedente e subsequente a curva circular);

63.700: constante  $(200 / \pi) * 10^3$

Calculada a variação da curvatura horizontal, o 15° percentil de velocidade do caminhão é obtido na figura 7 e compara-se com a velocidade obtida nas curvas de desempenho. O valor a ser adotado para traçar o perfil de velocidade dos caminhões é o menor entre os dois valores (SCHULZE;LAMM, 2000).

**Figura 7 - Perfil do 15° percentil de velocidade do caminhão Típico Alemão (130 kg/kW), em função da curvatura horizontal em rodovias de pista simples.**



Fonte: (SCHULZE; LAMM, 2000)

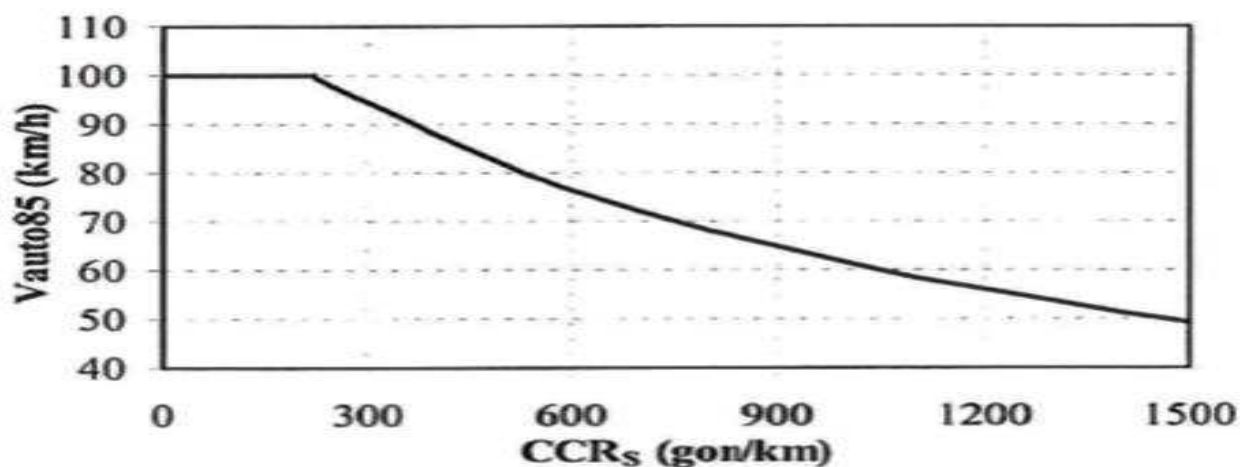
Quanto aos veículos rápidos, a velocidade de operação pode ser mantida constante para rampas de declive de até 6%. Para declividades maiores que 6%, a velocidade é reduzida em função da magnitude da rampa como mostra a tabela 2.

**Tabela 2 - Valores dos 85° Percentis das Velocidades dos Automóveis em Função da Declividade da Rampa**


Fonte: (SCHULZE; LAMM, 2000).

Como foi constatado para caminhões, o efeito da curvatura horizontal também influencia a velocidade de operação dos automóveis. A redução do 85° percentil causada pela curvatura horizontal esta representada na figura 8 a seguir (SCHULZE E LAMM, 2000).

**Figura 8 - Perfil do 85° Percentil de Velocidade do automóvel Alemão em Função da Curvatura Horizontal das Rodovias de Pista Simples.**



Fonte: (SCHULZE; LAMM, 2000).

As velocidades usadas para gerar o perfil de velocidade dos automóveis serão os menores valores obtidos entre 85º percentis das velocidades, devido ao efeito de rampa, e as velocidades, que dependem da variação da curvatura horizontal (SCHULZE; LAMM, 2000).

Após gerados os perfis de velocidade dos caminhões e dos automóveis, a implantação da faixa adicional está garantida se:  $V_{cam15} < \frac{1}{2} * V_{aut85}$ . Esta condição determina o ponto de início da faixa adicional e o seu comprimento. O final da faixa se dará quando  $V_{cam15} > \frac{1}{2} * V_{aut85}$ . Somando-se a esse critério, mais dois aspectos deverão ser considerados (SCHULZE; LAMM, 2000):

1. O trecho em estudo deve ter comprimento mínimo de 500 metros; e
2. Se a distância das faixas adicionais entre rampas consecutivas for menor que 800 metros, deverá ser construída uma única faixa ao longo de todo o trecho.

#### 2.4.2. Faixas Adicionais DEINFRA

As faixas adicionais são faixas de trânsito que provocam um alargamento das seções transversais em trajetos de active. Elas servem para separação do tráfego rápido do lento e, com isto, para a melhoria da segurança bem como da qualidade de trânsito (DEINFRA, 2000).

Como já foi observado anteriormente neste trabalho o DEINFRA possui seus manuais baseados em Normas Alemãs.

Nestes parâmetros,

Os limites de aplicação e a localização do início e do término e a configuração da condução do tráfego na abrangência das faixas adicionais de trânsito em estradas de pista simples, fora de áreas urbanizadas estão regulamentados para a implantação de faixas adicionais de trânsito em trechos novos e para a implantação posterior em trajetos existentes. A implantação e a representação de faixas adicionais de trânsito em segmentos de rampas ascendentes deve ser encaradas como partes integrantes do planejamento e da concepção de estradas, sempre em conjunto com os demais princípios básicos do traçado e da configuração de seções transversais e de interseções e também com as diretrizes para a marcação de estradas (DCE-S, 2000).

É preciso destacar que a locação e o desempenho de faixas adicionais de trânsito em segmentos de aclive implicam em uma verificação quanto ao aspecto econômico. Se esta verificação não foi realizada automaticamente junto com o planejamento mencionado de um determinado trecho, então, para os trechos em questão com aclives, os custos para os contribuintes devem ser comparados com os proveitos para os participantes do trânsito (DCE-S, 2000).

Em certas circunstâncias, através do uso criterioso de segmentos mais curtos porém com aclives mais íngremes e com faixas adicionais de trânsito, podem ser economizados custos de construção devido à diminuição do comprimento dos segmentos e poderá ser alcançada uma solução mais econômica do que em trajetos mais longos com inclinação longitudinal menor (DCE-S, 2000).

Se este não for o caso, então o traçado deve ser conduzido com o propósito de evitar aclives que exigiriam faixas adicionais de trânsito. Isto também é válido para um único aclive ou uma série de aclives curtos e consecutivos que estejam apenas um pouco abaixo do limite do uso de faixas adicionais de trânsito (DCE-S, 2000).

Para a locação de faixas adicionais de trânsito são determinantes: o volume e a composição do tráfego, a seção transversal padrão, o greide e, em estradas de pista simples, as possibilidades de ultrapassagem vinculadas a qualidade do trânsito desejada para o trajeto, tudo isto expresso em velocidade de dimensionamento de velocidade média de automóveis (DCE-S, 2000).

A necessidade de faixas adicionais de trânsito em segmentos de aclives deverá ser verificada com as seguintes etapas de trabalho: a influência do greide extensão e o grau do aclive sobre a implantação de faixas adicionais de trânsito é expressa pela velocidade de trânsito de um veículo de carga padrão (VCP) (DCE-S, 2000).

Por este motivo,

Nas estradas de pista simples, com inclinação longitudinal acima de 5,0 % e uma diferença de nível acima de 75,0 m, deve ser analisado se para o volume de tráfego real existente é aconselhável construir uma faixa adicional no sentido da descida. Uma faixa adicional deve iniciar no ponto em que a velocidade de percurso do VCP, cai abaixo de 70 km/h ou abaixo da velocidade de dimensionamento. Como início é definido aquela seção transversal na qual a faixa adicional atingiu sua largura total (DCE-S, 2000).

O início de uma faixa adicional para separação dos tráfegos rápidos e lentos nos trajetos em aclives devem, de preferência, se situar fora da área de abrangência de uma interseção. Uma faixa adicional deve terminar no ponto no qual a velocidade real de percurso do VCP atinge novamente 70 km/h ou a velocidade de dimensionamento. Como término é designado o ponto da última seção na qual a faixa adicional ainda possui sua largura total (DCE-S, 2000).

O término de uma faixa adicional em aclives deve estar sempre fora da área de abrangência de interseções, isto é, esta faixa adicional de trânsito não deve terminar pela subtração de faixa de trânsito dentro da interseção. O comprimento resultante da determinação do ponto inicial e final nas estradas de pista simples não deve ser menor que 500,0 m. Se necessário, elas devem ser prolongadas além dos pontos iniciais e ou finais (DCI-1, 2000).

Se os intervalos entre faixas adicionais de trânsito sequenciais forem menores do que 800 m em estradas de pista simples, então elas devem ser interligadas por motivos de segurança. Se forem necessárias várias faixas adicionais sequenciais de trânsito, então, mesmo com afastamentos individuais maiores do que os citados acima podem ser aconselháveis implantar uma única faixa adicional ininterrupta (DCE-S, 2000).

A faixa adicional de trânsito nas estradas de pista simples é acrescentada do lado direito, no sentido ascendente da pista de trânsito, sem alteração da inclinação transversal. A seção transversal de uma estrada de pista simples com uma faixa adicional no sentido ascendente deve ser configurada. Se for necessário acrescentar uma faixa adicional de trânsito tanto no sentido ascendente como descendente, então é em geral necessário prever um espaço de separação central por motivos de segurança de trânsito. No caso de uso de defensas, um espaço central com largura de 1,25 m em casos excepcionais 0,75 m é suficiente (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.1. Implantação

A implantação e a configuração de faixas adicionais de trânsito em segmentos de aclive pressupõe uma verificação quanto ao aspecto econômico. Se esta verificação não foi feita automaticamente em conjunto com o planejamento mencionado de um determinado trecho, então, para os trechos em questão com aclives, os custos para os contribuintes devem ser comparados com os proveitos para os participantes do trânsito (DCE-S, 2000).

Através do uso criterioso de segmentos mais curtos porém com aclives mais íngremes e com faixas adicionais de trânsito, podem ser economizados custos de construção devido à diminuição do comprimento dos segmentos e poderá ser alcançada uma solução mais econômica do que em trajetos mais longos com inclinação longitudinal menor (DCE-S, 2000).

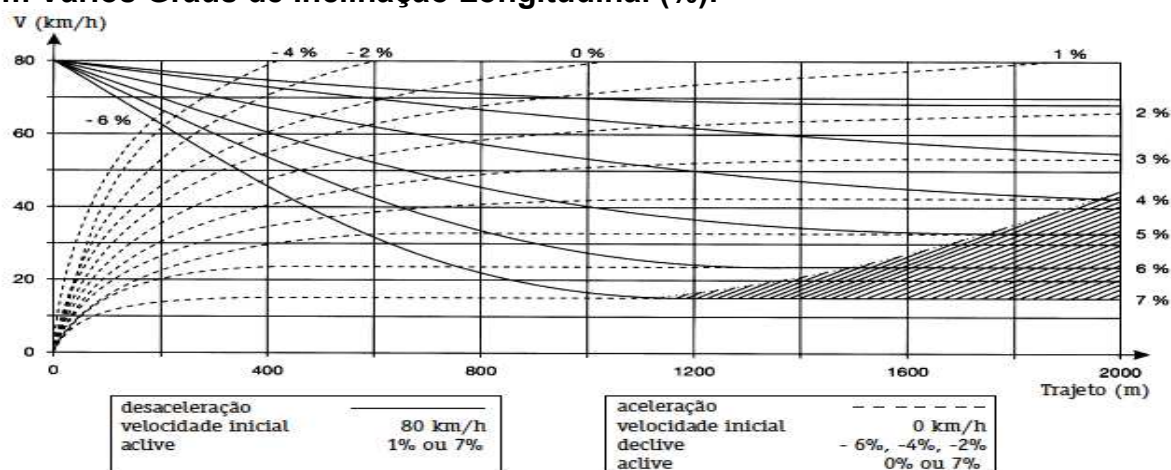
Se este não for o caso, então o traçado deve ser conduzido com o propósito de evitar aclives que exigiriam faixas adicionais de trânsito. Isto também é válido para um único aclive ou uma série de aclives curtos e consecutivos que estejam apenas um pouco abaixo do limite do uso de faixas adicionais de trânsito. Onde a construção de faixas adicionais de trânsito for inevitável, a inclinação longitudinal deverá ser configurada de tal maneira que os trechos com aclives sejam tanto quanto possível agrupados, pois, nos trechos de recuperação entre aclives, as faixas adicionais de trânsito permanecem, por motivos de segurança do tráfego (DCE-S, 2000).

Para a implantação de faixas adicionais de trânsito são determinantes, como grandezas de influência, o volume e a composição do tráfego; a seção transversal padrão; o desenrolar do greide e, em estradas de pista simples, as possibilidades de ultrapassagem condicionadas pelo traçado e também a qualidade de trânsito desejada para o trajeto, tudo isto expresso em velocidade de dimensionamento (VD) velocidade média de automóveis (DCE-S, 2000).

A necessidade de faixas adicionais de trânsito em segmentos de aclives deverá ser verificada com as seguintes etapas de trabalho. A influência do greide (extensão e o grau do aclive) sobre a implantação de faixas adicionais de trânsito é expressa pela velocidade de trânsito de um veículo de carga padrão (VCP). Deverá ser elaborado, para o segmento considerado, o correspondente percurso/velocidade para este VCP conforme figura 9 a seguir (DCE-S, 2000).

Se, a velocidade real do VCP no trajeto conforme figura 9, em estradas de pista simples, for abaixo de 20 km/h, deve então ser considerada a implantação de faixas adicionais de trânsito, independentemente do volume de tráfego, por motivos de segurança. Se a velocidade do VCP no segmento cair dentro do alcance dos valores limites mencionados acima, então a verificação deverá seguir as etapas seguintes (DCE-S, 2000).

**Figura 9 - Curvas de Variação de Velocidade para o Veículo de Carga Padrão em Vários Graus de Inclinação Longitudinal (%).**



Fonte: (DCE-S, 2000).

A averiguação de velocidade real de trajeto começa numa seção transversal na qual a velocidade do VCP seja conhecida. Tais pontos podem ser:

- ✓ Interseções com semáforos ou com a placa PARE.
- ✓ Segmentos com redução de velocidade menor que 80 km/h.
- ✓ Aclives longos nas quais o VCP atinge a velocidade constante ou similar.

Enquanto a velocidade real do VCP não cair abaixo de 70 km/h, ou não mais do que 10 km/h abaixo da velocidade de dimensionamento desejada para o trajeto inteiro, deve desistir da construção de faixas adicionais de trânsito, pois a qualidade de trânsito aspirada não é influenciada pelo greide, ou só o é de modo insignificante (DCE-S, 2000).

A influência da seção transversal padrão e as possibilidades de ultrapassagem no sentido da subida no caso de estradas de pista simples sobre a implantação de faixas adicionais de trânsito em conjunto com a velocidade de dimensionamento desejada para o trajeto total é expressa através da velocidade mínima admissível de percurso (VMAP) do VCP (DCE-S, 2000).

Esta velocidade deve ser averiguada através da fórmula abaixo.

$$V_{MAP} = a + b * Q_D$$

Onde:

- ✓ VMAP: Velocidade mínima admissível de percurso do veículo de carga padrão (km/h);
- ✓ a: Constante da Tabela 3 (dependente da velocidade de dimensionamento VD e da participação de veículos de carga pesada no volume de tráfego de dimensionamento QD) (km/h);
- ✓ b: Coeficiente da Tabela 3 (dependente da velocidade de dimensionamento VD) (km/vam).
- ✓ QD: Volume de tráfego de dimensionamento

Os valores para a constante a e o coeficiente ( b ) dependem da seção transversal inicial e da velocidade de dimensionamento (VD) desejada. O valor da constante (a) é, além disto, influenciado também pela participação do tráfego de carga pesada (DCE-S, 2000).



Nos segmentos nos quais a velocidade de percurso existente do VCP cai abaixo da velocidade mínima segundo a Fórmula acima, a pista de trânsito deve ser alargada por uma faixa adicional para proporcionar uma qualidade de trânsito suficiente (DCE-S, 2000).

**Tabela 3 - Constante (a) e coeficiente (b) para Cálculo da Velocidade Mínima Permitida de Trajeto através da Fórmula.**

Estrada de pista simples		Participação Veículos de Carga	VD 40 km/h	VD 50 km/h	VD 60 km/h	VD 70 km/h
Curvacidade C < 150 gr/km)	a	5%	-274	-155	-82	-11
		10%	-258	-144	-73	-4
		15%	-246	-135	-65	1
		20%	-236	-128	-59	7
	B		0,2002	0,1381	0,1078	0,0803
Curvacidade C > 150 gr/km)	A	5%	-158	-90	-35	-
		10%	-145	-80	-27	-
		15%	-135	-71	-21	-
		20%	-126	-64	-15	-
	B		0,1524	0,1179	0,1026	-

Fonte: (DCE-S, 2000).

É possível prescindir da implantação de uma faixa adicional nos casos em que a velocidade fica abaixo da mínima referencial somente por um tempo relativamente curto ou só em segmentos relativamente muito curtos.

Nestes casos deve ser averiguado se, pela queda da velocidade de percurso em 10 km/h no aclive em questão, se pode prescindir de uma faixa adicional (DCE-S, 2000).

Isto é válido principalmente para estradas com traçado fluente e uma velocidade de dimensionamento > 70 km/h em estradas de pista simples e > 100 km/h em estradas de pista dupla (DCE-S, 2000).

Se a velocidade mínima permitida for um valor que esteja acima da velocidade de dimensionamento, então pode-se pressupor que, com a seção transversal existente e o volume de tráfego presente, a qualidade de trânsito não pode ser atingida nem mesmo em greide horizontal (DCE-S, 2000).

Em geral não são necessárias faixas adicionais de trânsito em declives nas estradas de pista dupla, pois, na descida, as diferenças de velocidade são menores que nas subidas e com isto menores também as necessidades de ultrapassagem.

No entanto, em declives com  $i > 5,0 \%$  e volumes de tráfego relativamente altos, e também como em trajetos longos em declive com  $i > 4 \%$  deve ser cogitado se, através de uma redução acentuada de velocidade dos veículos de carga, a qualidade de trânsito seria afetada sensivelmente, ou se, por motivos de segurança, houver uma limitação da velocidade máxima para os veículos de carga (DCE-S, 2000).

Ao contrário, nas estradas de pista simples, não há possibilidades de ultrapassagem na descida se for implantada somente uma faixa adicional no sentido da subida. Por isto, nas estradas de pista simples, com inclinação longitudinal acima de  $5,0 \%$  e uma diferença de nível acima de  $75,0 \text{ m}$ , deve ser analisado se para o volume de tráfego real existente é aconselhável construir uma faixa adicional no sentido da descida (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.2. Início

Uma faixa adicional deve iniciar no ponto em que a velocidade de percurso do VCP, conforme figura 9, exposta anteriormente, cai abaixo de  $70 \text{ km/h}$  ou abaixo da velocidade de dimensionamento. Como início é definido aquela seção transversal na qual a faixa adicional atingiu sua largura total (DCE-S, 2000).

O início de uma faixa adicional para separação dos tráfegos rápidos e lentos nos trajetos em aclives devem, de preferência, se situar fora da área de abrangência de uma interseção. Se for inevitável o início de uma faixa adicional nestas condições, então a implantação do alargamento deve ser deslocado de tal maneira que seja possível uma solução confortável e segura (DCI - 1, 2000).

#### 2.4.2.3. Término

Uma faixa adicional deve terminar no ponto no qual a velocidade real de percurso do VCP atinge novamente 70 km/h ou a velocidade de dimensionamento. Como término é designado o ponto da última seção na qual a faixa adicional ainda possui sua largura total (DCE-S, 2000).

O término de uma faixa adicional em aclives deve estar sempre fora da área de abrangência de interseções, isto é, esta faixa adicional de trânsito não deve terminar pela subtração de faixa de trânsito dentro da interseção (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.4. Comprimentos Mínimos

Independentemente do comprimento resultante da determinação do ponto inicial e final segundo os Itens anteriores, as faixas adicionais de trânsito em estradas de pista simples não devem ter um comprimento menor do que 500,0 metros. Se necessário, elas devem ser prolongadas além dos pontos iniciais e/ou finais (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.5. Intervalos Mínimos

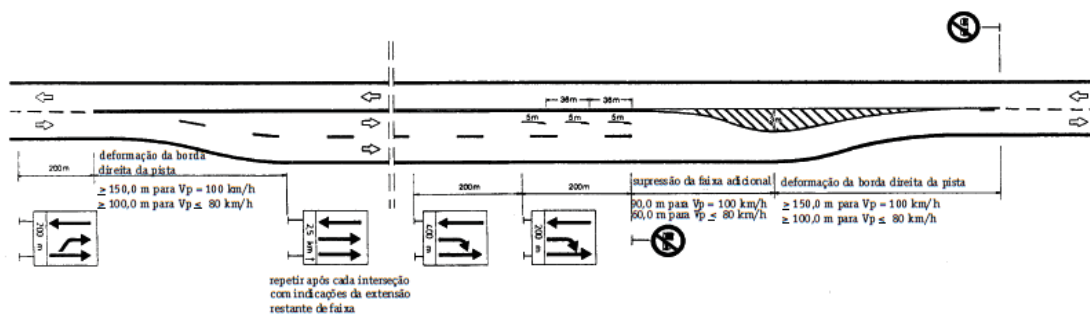
Se os intervalos entre faixas adicionais de trânsito sequenciais forem menores do que 800,0 m em estradas de pista simples, então elas devem ser interligadas por motivos de segurança (DCE-S, 2000).

Se forem necessárias várias faixas adicionais sequenciais de trânsito, então, mesmo com afastamentos individuais maiores do que os citados acima pode ser aconselhável implantar uma única faixa adicional ininterrupta (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.6. rea da Inserção

Segundo o DCE-C do ano de 2000, o alargamento da pista de trânsito é feito através da deformação da borda direita da pista, o comprimento do deslocamento é de  $> 150,0$  m com  $V_p > 80$  km/h ou  $> 100,0$  m com  $V_p < 80$  km/h. Através do deslocamento paralelo da linha de condução entre as faixas relativamente à borda direita da pista de trânsito conforme figura 10 abaixo.

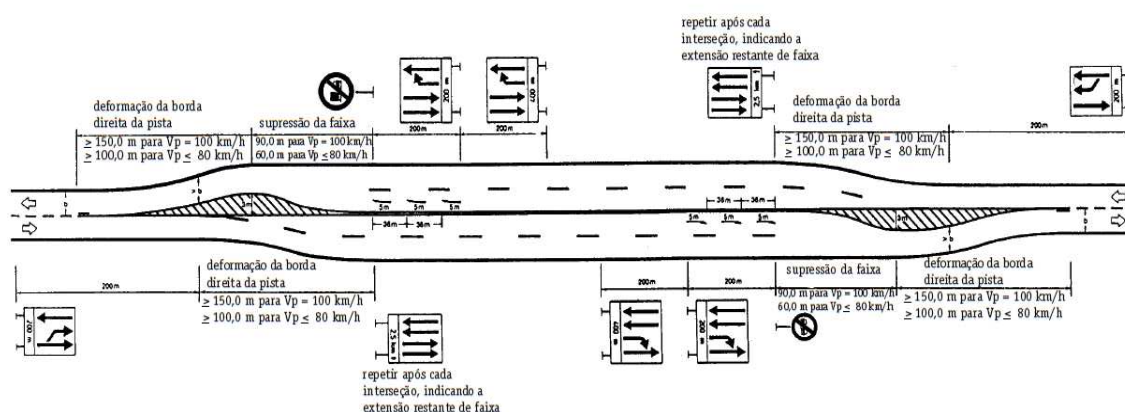
Figura 10 - Faixa Adicional em Pista simples sem Faixa Adicional na descida.



Fonte: (DCE-S, 2000).

A faixa adicional de trânsito, sob o ponto de vista de movimentação, é adicionada do lado esquerdo da faixa direta, de modo que esta faixa adquira a característica de uma faixa para ultrapassagens (DCE-S, 2000).

Figura 11 - Faixa Adicional em Pista Simples com Faixa Adicional na descida.



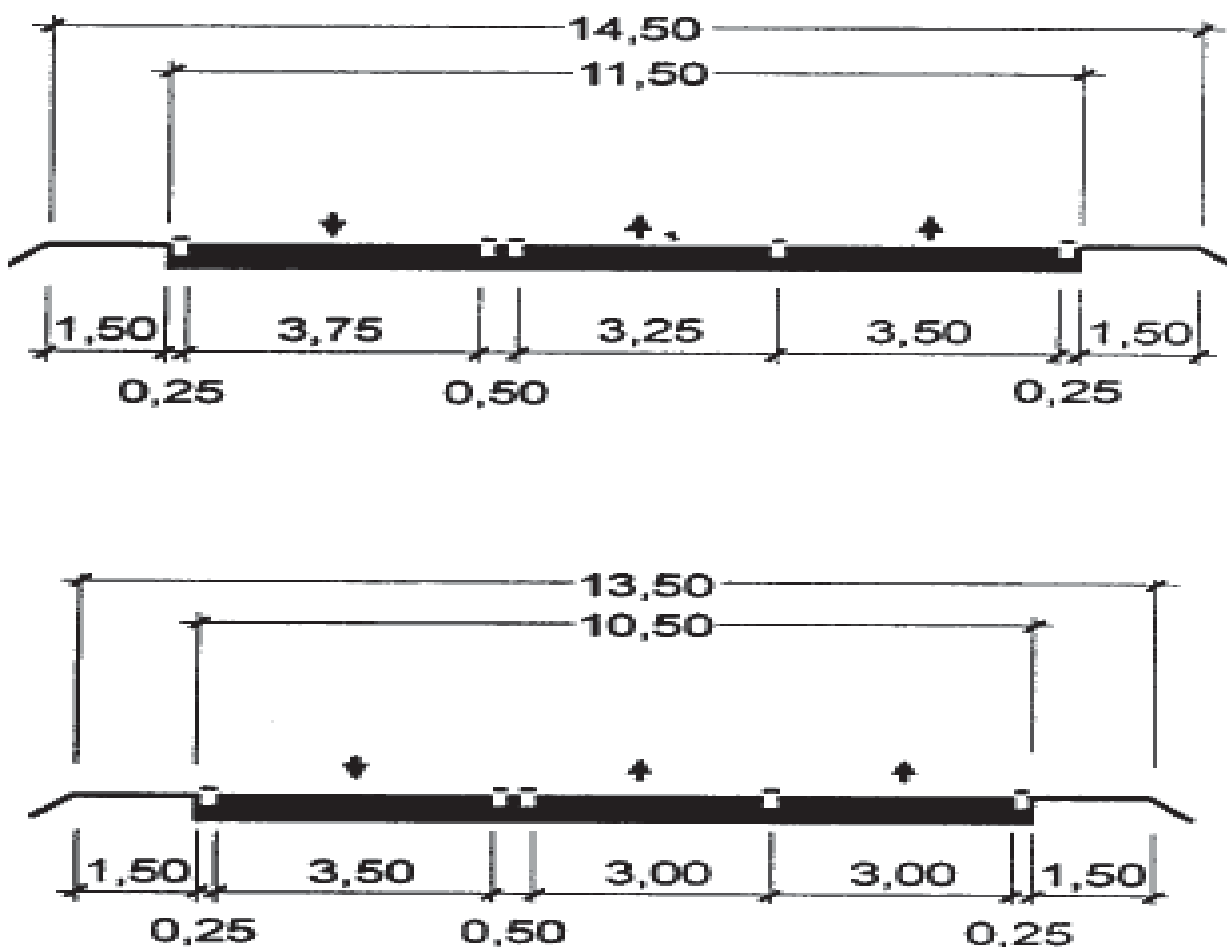
Fonte: (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.7. Região de Aclives

A faixa adicional de trânsito nas estradas de pista simples é acrescida do lado direito, no sentido ascendente da pista de trânsito, sem alteração da inclinação transversal.

A seção transversal de uma estrada de pista simples com uma faixa adicional no sentido ascendente deve ser configurada conforme figura 12 (DCE-S, 2000).

Figura 12 - Seção Transversal de Estrada de Pista Simples com Faixa Adicional no Ativo.



Fonte: (DCE-S, 2000).

Se for necessário acrescentar uma faixa adicional de trânsito tanto no sentido ascendente como descendente, então é em geral necessário prever um espaço de separação central por motivos de segurança de trânsito. Na caso de uso de defensas, um espaço central com largura de 1,25 m (em casos excepcionais 0,75 m) é suficiente (DCE-S, 2000).

#### 2.4.2.8. Área da Supressão

O estreitamento da pista de trânsito no término da faixa adicional é feito segundo a configuração do alargamento da pista, também num comprimento  $> 150,0$  m com  $V_p > 80$  km/h ou  $> 100,0$  m com  $V_p < 80,0$  km/h. Antes do estreitamento da pista de trânsito deverá ser marcada uma área de bloqueio na faixa do meio num comprimento de  $90,0$  m ou de  $60,0$  m respectivamente conforme figura 10 e 11. (DCE-S, 2000).

Através desta sinalização, os motoristas são alertados, em tempo hábil, sobre o fim da faixa adicional de trânsito e a entrarem novamente em fila na faixa da direita. (DCE-S, 2000).

### **3. METODOLOGIA**

Neste capítulo serão apresentados os métodos utilizados no trabalho para efetivar o desenvolvimento da pesquisa. A lista de materiais e as técnicas de levantamento de dados.

#### **3.1. Classificação do Estudo**

O presente estudo é classificado como uma pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

#### **3.2. Materiais**

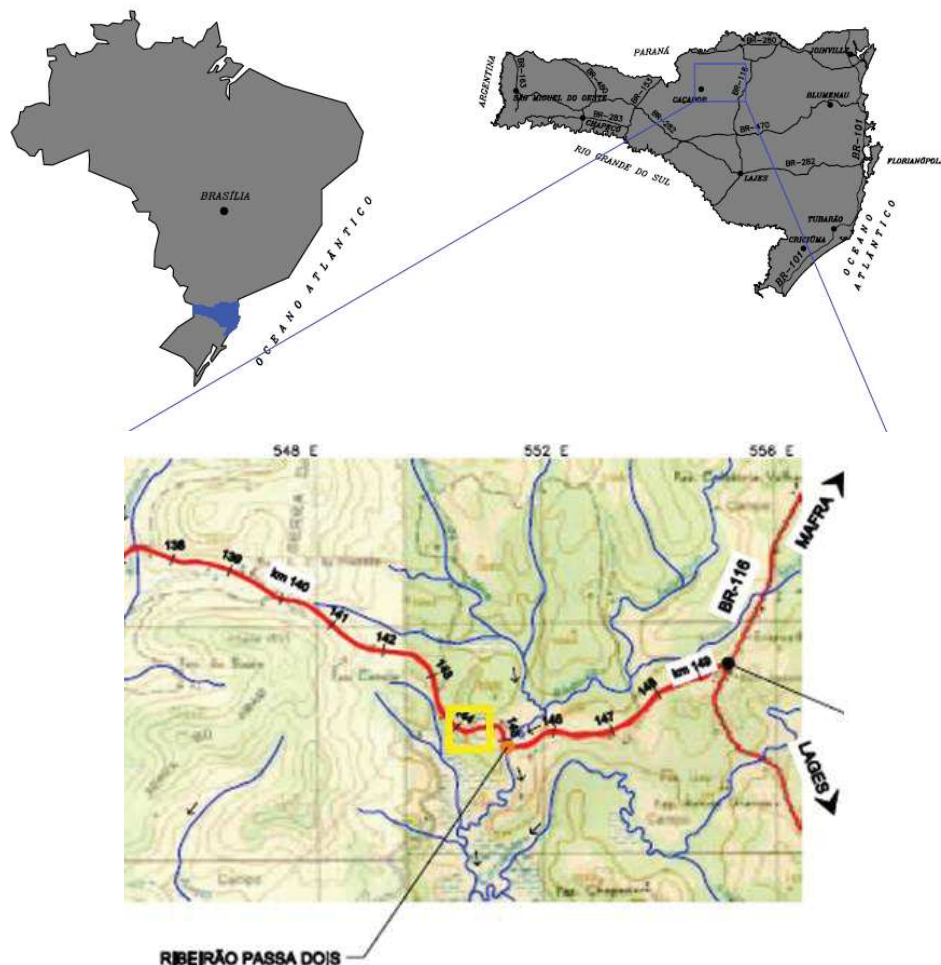
Para o estudo serão usados documentos do projeto geométrico da rodovia, carro, computador, câmera fotográfica, prancheta, canetas, folhas e softwares diversos.

#### **3.3. Característica da área de estudo**

Através da figura 13 podemos observar o trecho de estudo, a antiga Rodovia SC 302 atual SC – 350. Abrangendo 03 municípios, iniciando na área rural do município de Santa Cecília/SC, passando pelo na área urbana e rural do município de Lebon Régis/SC e cruzando a área rural e finalizado na área urbana de Caçador/SC.

O local destacado em amarelo esta o trecho de estudo específico usado como exemplo para toda a rodovia.

**Figura 13 – Trecho de Estudo**



Fonte: (Adaptado Google Maps, 2015).

A geometria e o funcionamento das faixas adicionais foram definidos segundo orientações das Diretrizes para Construção de Estradas (DCE-S) do DER/SC.

Nesta rodovia, como forma de aproveitar a plataforma existente, o eixo foi deslocado 1,00 m no sentido oposto à faixa adicional, ficando além da faixa de 3,50 m de largura, uma faixa adicional com 3,00 m de largura e uma folga de 0,50 m, constituindo-se, assim, numa pista de rolamento com 7,00 m e, no sentido oposto à faixa adicional o acostamento terá 1,50 m.

Esta rodovia possui um segmento na área rural e está classificado como Classe A III, com velocidade de projeto de 70 km/h. Os segmentos pertencentes à área urbana são enquadrados como Classe C III, com velocidade de projeto de 50 km/h.



A seção transversal recomendada para VAM < 5000, pela Diretriz DCE-S, é a SP 9,5, com faixas de 3,25 m e acostamento de 1,50 m. Como a seção transversal da plataforma existente, em todo o trecho é maior que a recomendada, manteve-se a existente. A seção é composta de duas faixas de tráfego com 3,50 m de largura cada e acostamentos de 2,50 m de largura. A declividade transversal em tangente da faixa de rolamento é de 2%, e a dos acostamentos é de 5%.

Como forma de manter o nível de serviço da rodovia existem faixas adicionais nos trechos com grandes extensões em aclave, de forma a separar o tráfego rápido do lento, melhorando a segurança e a qualidade do fluxo do tráfego.

Na tabela a seguir apresenta os locais das faixas adicionais e sua extensão.

**Tabela 4 - Localização das Faixas adicionais trecho Lebon Régis/ BR 116**

Lado Esquerdo		Lado Direito	

Fonte: IGUATEMI, 2001

A extensão total de faixa adicional é de 11.950,00 m, sendo 6.450,00 m no sentido Lebon Régis/Entroncamento BR-116 (lado direito) e 5.500,00 m no sentido Entroncamento BR-116/Lebon Régis (lado esquerdo).

**Tabela 5 - Localização das Faixas adicionais Caçador/ Lebon Régis**

Lado Esquerdo		Lado Direito	

A extensão total da faixa adicional é de 13.550,00 m, sendo 7.350,00 m no sentido Caçador/Lebon Régis (lado direito) e 6.200,00 m no sentido Lebon Régis/Caçador (lado esquerdo).

Como se observou existe uma grande quantidade de faixas adicionais e seu dimensionamento e posicionamento implica diretamente na segurança do usuário.

Segundo o projeto geométrico para restauração da rodovia realizado pela empresa IGUATEMI Consultoria e Serviços de engenharia Ltda. no ano de 2001, o início do trecho em estudo inicia-se no km 142,240 m e tem seu término no km 140,540 m, com uma extensão de 1700 m. Todo o trecho está em área rural na localidade de Rio Bonitinho no município de Santa Cecília.

### 3.4. Métodos

Para alcançar o propósito deste estudo, foi necessário estudar os critérios de dimensionamento das faixas adicionais de trânsito em rodovias através do referencial bibliográfico.

Levantar a condição de tráfego atual da Rodovia SC-350 para fins de estudo de caso no dimensionamento da faixa adicional. O DNIT (2006) informa que na engenharia de tráfego normalmente é utilizado como método de pesquisa de tráfego a de observação direta.

O método de observação direta conforme o DNIT (2006) consiste em registrar os acontecimentos do trânsito sem ocasionar interferências, tendo como objetivo realizar a contagem volumétrica dos veículos ou pessoas que circulam em um determinado ponto da via num intervalo de tempo que pode ser obtido pelo Cálculo da hora de pico:

$$FHP = VHP / (4 * V15max)$$

Os valores do FHP podem variar entre 0,25 (fluxo concentrado em 1 dos períodos de 15 minutos) e 1,00 (fluxo uniforme), ambos completamente difíceis de acontecer, valores entre 0,75 a 0,90 são comumente identificados (DNIT, 2006).

Para realizar o dimensionamento e a confirmação do posicionamento de uma faixa adicional existente na rodovia estadual SC-350 é determinar uma velocidade admissível para os veículos que no segmento em alicive através do ábaco da figura 9. Deve ser considerado a velocidade mínima admissível varia conforme o volume de veículos no horário de pico e o percentual de veículos de carga no somatório de veículos. É calculado através da seguinte expressão:

$$V_{map} = a + b * Q_d$$

Onde:

$V_{map}$ : Velocidade mínima admissível de percurso do veículo de carga padrão (km/h);

a: constante que depende da velocidade de dimensionamento e da participação de veículos de carga pesada (km/h);

b: coeficiente que depende da velocidade de dimensionamento (km/h);

$Q_d$ : volume de tráfego de dimensionamento (vam/h).

Para análise das rampas é gerado o plano vertical longitudinal (perfil) com as inclinações longitudinais do trecho e cotas principais.

Também é criado o diagrama percurso/velocidade que ilustra a aceleração e/ou desaceleração dos veículos de carga pesada ao longo do trecho analisado.

E finalizando o estudo com a realização do dimensionamento e a confirmação do posicionamento de uma faixa adicional existente na rodovia estadual SC-350.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Manual do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER do ano de 1999 destaca que um trecho de rodovia com uma faixa adicional em aclive é considerado um trecho com duas faixas adjacentes sendo uma faixa adequada para veículos lentos. Deste modo os veículos mais leves e ou rápidos que são menos afetados pelos greides elevados não precisam perder velocidade por veículos lentos e ainda não precisam invadir a faixa contrária para ultrapassá-los.

E para implementação desta faixa levou-se em consideração o volume de tráfego, redução da velocidade dos veículos de carga, níveis de serviço e o aspecto sobre a segurança das viagens.

A geometria e o funcionamento das faixas adicionais da rodovia foram definidos segundo orientações das Diretrizes para Construção de Estradas (DCE-S) do departamento de Estradas e Rodagens do Estado de Santa Catarina - DER/SC órgão que mantém a rodovia.

O estudo que abrange a Rodovia SC 350 é classificada em A III com velocidade de 70 km/h para área rural e C III com velocidade de 50 km/h para área urbana. Esta rodovia é extensa, então se optou em estudar o trecho que abrange a área rural na localidade de Rio Bonitinho no município de Santa Cecília, por possuir um aclive acentuado e por ter observado formação de pelotões na entrada e na saída desta faixa adicional.

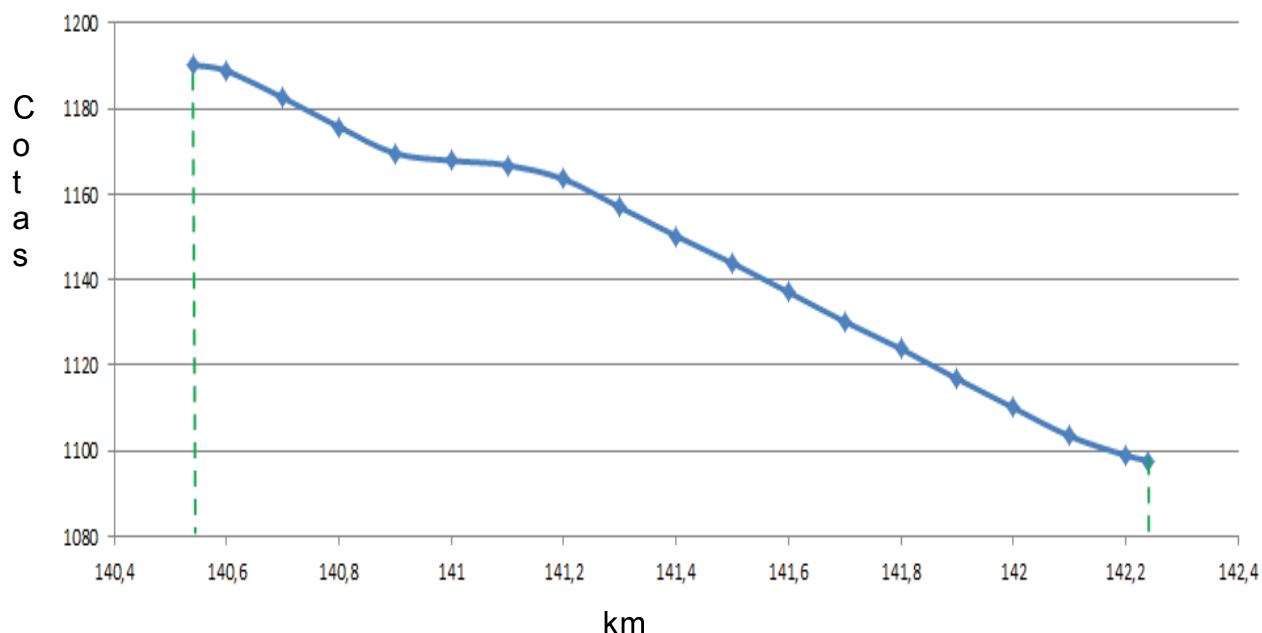
O estudo tem seu início no trecho no km 142,240 m e tem seu término no km 140,540 m, com uma extensão de 1700 m.

Com tudo, o estudo levou em conta, o fluxo de veículos no trecho através do método de observação direta conforme o DNIT (2006), que consiste em registrar os acontecimentos do trânsito sem ocasionar interferências, tendo como objetivo realizar a contagem volumétrica dos veículos que circulam em um determinado ponto da rodovia num intervalo de tempo que foi obtido pelo Cálculo da hora de pico:  $FHP = VHP / (4 * V15max)$  tendo um resultado de nos horários de pico de 53,35% em média de veículos de carga.

Deve ser considerado a velocidade mínima admissível que varia conforme o volume de veículos no horário de pico e o percentual de veículos de carga no somatório de veículos.

Para análise das rampas foi gerado o plano vertical longitudinal (perfil) com as inclinações longitudinais do trecho e cotas principais conforme figura 14.

**Figura 14 – Plano Vertical do Perfil Estudado**



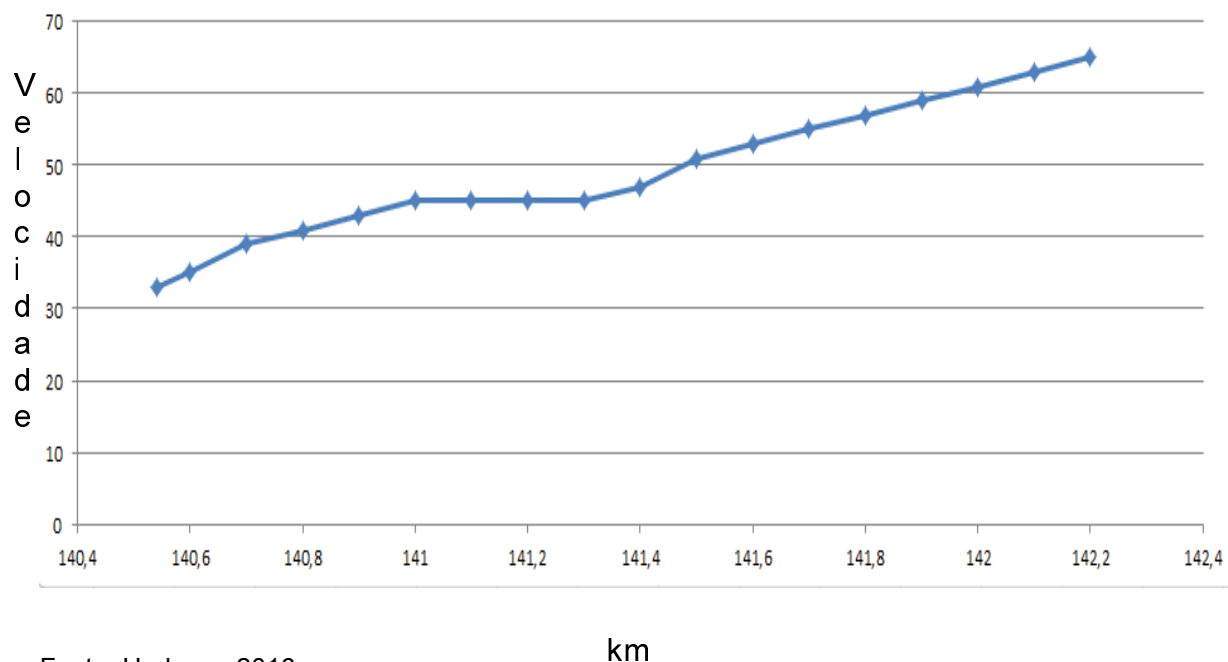
Fonte: Hudyma, 2016

O estudo do trafego permitiu avaliar o volume no horário de pico nos dias 23 e 30 de maio de 2016 conforme apêndice, tendo uma media de 865 veículos possibilitando realizar o calculo da curvacidade do segmento com ajuda do software Microsoft excel, gerado através de um gráfico, acima mostrado na figura 14.

Através da análise dos dados foi possível avaliar o posicionamento atual da faixa adicional no perfil, no qual o mesmo tem sua supressão da faixa antes do termino do aclave.

Também criado o diagrama percurso/velocidade que ilustra a aceleração e/ou desaceleração dos veículos de carga ao longo do trecho analisado.

**Figura 15 – Desaceleração do Veículo de Carga no Aclive**



Fonte: Hudyma, 2016

E finalizando o estudo com a realização do dimensionamento e a confirmação do posicionamento da faixa adicional existente na rodovia.

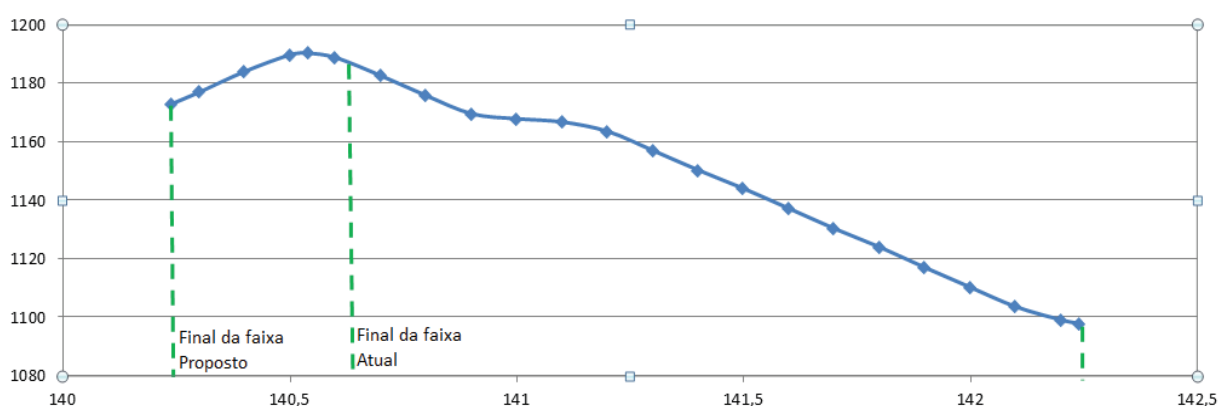
Tendo em vista o estudo realizado podemos concluir a confirmação da faixa adicional neste trecho através da quantidade de veículos de carga que ali, trafegam, pelo nível de serviço nos horários de pico ser inferior a D entre E e F e a perda de velocidade do veículo de carga no aclive ser superior a 15 km/h.

E através dos materiais consultados chegou a seguinte conclusão, tendo como solução para o início da faixa, mantê-la no mesmo local, pois a velocidade do veículo de carga quando entra na faixa não atinge uma perda maior que 15 km/h em relação a velocidade de projeto de 70km/h, apesar do trecho que antecede a faixa ser um aclive a velocidade de entrada do veículo de carga neste aclive não gera perdas que ultrapassam 15 km/h, conforme figura 15 nos mostra. No entanto, este trecho de 1600 m possui uma tangente de 900m que pode ser usada como ponto de ultrapassagens minimizando a formação dos pelotões.

Parte do trecho encontra-se sem manutenção (roçada) prejudicando visualização mais a frente do trecho. Vale salientar que a manutenção da rodovia, como roçadas, permite aumentar por mais 200 m a visualização dos motoristas para intenção de ultrapassagens.

No que diz respeito ao fim da faixa optou-se em estender a faixa adicional além da crista da curva vertical até alcançar um ponto em que o veículo de carga possa atingir uma velocidade não diferente de 15 km/h dos veículos leves e de preferência da ordem de 60 km/h que corresponde aproximadamente ao nível de serviço D como demonstra a figura 16.

**Figura 16 – Final da Faixa Adicional Proposto**



Fonte: Hudyma, 2016

Em vista disto a final da faixa ficará 300 metros além do que existe hoje, permitindo os veículos leves concluírem suas ultrapassagens com segurança e o veículo de carga voltar para a faixa de rolamento com maior velocidade.

Certas medidas que se revelam eficientes na melhoria das condições de operação de uma rodovia como visibilidade de pelo menos 300 metros de cada “tapers”, evitar entroncamentos e cruzamentos, restrições como pontes e valas, restrição de visibilidade e alongamento da faixa adicional deveriam ser adotadas para melhor fluir o trânsito e evitar acidentes.

## 5. CONCLUSÃO

No presente trabalho observou-se que a implementação de uma rodovia com Faixa Adicional ou Terceira faixa é um assunto complexo, pois, os manuais e normas usadas pelo Brasil foram baseadas em sua maioria, em normas norte americanas adaptadas para a realidade brasileira.

Em Santa Catarina, as normas alemãs foram usadas para a concepção de estradas e este referencial teórico permitiu o entendimento sobre estradas, especificamente em faixas adicionais.

Sendo assim a alternativa de melhorar as condições de operação da rodovia tendo como solução para o início da faixa, mantê-la no mesmo local no km 142,240 foi devido a curva de variação de velocidade para o veículo de carga não oscilar a velocidade significativamente apesar de alterar 1,5° Graus de Inclinação Longitudinal, onde não justificou a implantação da faixa antes do km 142,240

No que diz respeito ao fim da faixa optou-se em estender a faixa adicional até o km 140,240 para alcançar um ponto em que o veículo de carga possa atingir uma velocidade não diferente de 15 km/h dos veículos leves e de preferência da ordem de 60 km/h que corresponde aproximadamente ao nível de serviço D, cerca de 300 m.

Por fim, a implantação de faixa adicional consiste em uma das soluções para tornar as viagens mais econômicas, seguras, com redução da quantidade de acidentes, e confortáveis.

A faixa adicional, utilizada em rampas ascendente, é destinada ao tráfego de veículos lentos, principalmente os de carga. Além disso, as faixas adicionais são obras de melhoria de baixo custo e menor impacto ambiental, se comparadas às obras de duplicação de rodovias.

Este estudo permite ainda avaliar o dimensionamento e a confirmação do posicionamento todas as faixas citadas anteriormente conforme tabelas 4 e 5 permitindo avaliar se as mesmas atendem as normas prescritas ou até mesmo se elas foram executadas de maneira como o projeto foi proposto.

Sugestão para os próximos trabalhos que os acadêmicos que venham estudar o assunto de estradas concluam os cálculos das demais faixas adicionais permitindo ao usuário ou até mesmo ao órgão público melhorias ao logo da via.



## 6. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO- ARTESP. **Rodovias**. 2005. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/>. Acesso em: 29 out. 2015

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS – AASHTO. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. Chapter III: Elements of Design, p. 235-254. 2001. Fourth Edition. Washington, D. C.

AGENCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – ARTESP. **Procedimento Prático Para Implantação De Faixas Adicionais**. São Paulo. 2005. 52 p.

ATU. Highway Geometric Design Guide. Alberta Infrastructure, Alberta Transportation and Utilities. Chapter B: Alignment Elements, p. B-55 to B-79. 1999. Alberta, Canadá.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias**. 2015. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/rodoviaria/2015/>>. Acesso em: 15 set. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Diretoria de Trânsito Instruções para Implantação de Terceiras Faixas**. Rio de Janeiro. 1979. 42 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro, 1999, 195 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES -DNIT. **Histórico Rodoviário Brasileiro**. 2009. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/historico/>. Acesso em: 21 set. 2015.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA-DEINFRA-SC. DER – SC **Documentos Técnicos**. 2000. Disponível em [http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios\\_documentos/doc\\_tecnico.jsp](http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico.jsp). Acesso em: 06 out. 2015.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DE SANTA CATARINA - DER-SC **Documentos Técnicos**. 2000. Disponível em: [http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios\\_documentos/doc\\_tecnico.jsp](http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico.jsp). Acesso em 06 out. 2015.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA - DCE-S-DER – SC. **Diretrizes para Concepção de Estradas Seções Transversais**. 2000, 75p.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA DCE-C/DER – SC. **Diretrizes para a Concepção de Estradas Interseções Condução de Traçado**, 2000, 75p.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA - DCE-I-1/ DER – SC. **Diretrizes para Concepção de Estradas de Estradas de Interseções de Nível Único**. 2000, 114p.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA - DCE-R / DER – SC. **Diretrizes para Concepção de Estradas Encadeamento Funcional de Redes**. 2000, 74p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT **Manual de Estudos de Tráfego**. 2006. 384p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA - FIESC. **Santa Catarina em dados 2009**. Disponível em: <<http://www.fiesc.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

IGUATEMI, **Projeto de Reforma e Aumento de Capacidade Incluindo Melhoramento e Restauração**. Florianópolis, 2001, 206p.

MENDONZA A.; MAYORAL, E. 1994. **Economic Feasibility Assessment Procedure for Climbing Lanes on Two-Lanes Roads in Mexico**. Transportation Research Record, 1457.

MINISTRY OF TRANSPORTATION OF ONTARIO- MTO. **Cost effectiveness of Climbing Lanes: Safety, Level of Service and Cost Factors**. Documentation page TDS 90-08. 1990.

PADULA, Raphael. **Transportes** – Fundamentos e Propostas para o Brasil. - Brasília: Confea, 2008.

RODRIGUES, Leôncio Martins. **PCB: os dirigentes e a organização**. In: FAUSTO, Boris (dir.), História geral da civilização brasileira, tomo 3, vol. 3: o Brasil republicano – sociedade e política (1930-64). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6a ed., 1996, pág. 443.

REVISTA TRANSPORTE. Vol. 23. Nº 3. 2003. Disponível em <http://www.revistatransporte.com.br>. Acesso em: 20 set. 2015.

SCHULZE, C.. **Comparison, Analysis and Evaluation of the Speed Behavior on Auxiliary Lanes of Upgrade Sections**. 1996. Based on International Design Procedures as well as on Speed Measurements. Master Thesis, Institute for Highway and Railroad Engineering, University of Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Germany. Cited by Schulze & Lamm (2000).

## Apêndice

## Apêndice A Contagem de Fluxo de Veículos

Contagem de Fluxo de Veículos						
Trecho de Início de Faixa Adicional no km 142+240 Rodovia Estadual SC 350						
Data	Hora início	Hora Fim	Caminhão	Ônibus	Carros	caminhões: 66,33%
Segunda-feira						
23/05/2016	07:00	07:15	42	01	20	
23/05/2016	07:15	07:30	35	01	14	
23/05/2016	07:30	07:45	30	0	07	
23/05/2016	07:45	08:00	27	03	22	
<b>Total Parcial</b>			<b>134</b>	<b>05</b>	<b>63</b>	<b>Total Geral 202 veículos</b>
23/05/2016	09:00	09:15	24	03	25	caminhões: 53,43%
23/05/2016	09:15	09:30	28	01	21	
23/05/2016	09:30	09:45	26	02	15	
23/05/2016	09:45	10:00	31	03	25	
<b>Total Parcial</b>			<b>109</b>	<b>09</b>	<b>86</b>	
23/05/2016	17:00	17:15	27	01	16	caminhões: 43,47%
23/05/2016	17:15	17:30	16	0	29	
23/05/2016	17:30	17:45	21	01	35	
23/05/2016	17:45	18:00	36	06	42	
<b>Total Parcial</b>			<b>100</b>	<b>08</b>	<b>122</b>	
23/05/2016	19:00	19:15	22	03	15	caminhões: 55,55%
23/05/2016	19:15	19:30	30	01	19	
23/05/2016	19:30	19:45	31	01	27	
23/05/2016	19:45	20:00	37	05	25	
<b>Total Parcial</b>			<b>120</b>	<b>10</b>	<b>86</b>	
<b>Total Veículos 852</b>						

Contagem de Fluxo de Veículos						
Trecho km 142+240 Rodovia Estadual SC 350						
Data	Hora inicio	Hora Fim	Caminhão	Ônibus	Carros	caminhões: 54,7%
Segunda-feira						
30/05/2016	07:00	07:15	39	06	24	
30/05/2016	07:15	07:30	28	01	23	
30/05/2016	07:30	07:45	31	0	29	
30/05/2016	07:45	08:00	34	0	26	
<b>Total Parcial</b>			<b>132</b>	<b>07</b>	<b>102</b>	<b>Total Geral 241 veículos</b>
30/05/2016	09:00	09:15	30	02	30	caminhões: 53,69%
30/05/2016	09:15	09:30	27	02	18	
30/05/2016	09:30	09:45	28	01	11	
30/05/2016	09:45	10:00	24	01	29	
<b>Total Parcial</b>			<b>109</b>	<b>06</b>	<b>88</b>	<b>Total Geral 203 veículos</b>
30/05/2016	17:00	17:15	30	01	19	caminhões: 44,7%
30/05/2016	17:15	17:30	17	0	32	
30/05/2016	17:30	17:45	23	01	30	
30/05/2016	17:45	18:00	32	05	38	
<b>Total Parcial</b>			<b>102</b>	<b>07</b>	<b>119</b>	<b>Total Geral 228 veículos</b>
30/05/2016	19:00	19:15	25	03	15	caminhões: 54%
30/05/2016	19:15	19:30	24	01	27	
30/05/2016	19:30	19:45	27	01	19	
30/05/2016	19:45	20:00	36	01	26	
<b>Total Parcial</b>			<b>112</b>	<b>06</b>	<b>87</b>	
<b>Total Veiculos: 877</b>						

