

LEANDRO CARDOSO TRENTIN

**ANÁLISE CRÍTICA DE MODELOS DE VERIFICAÇÃO DE
CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Engenharia.

São Paulo
2007

LEANDRO CARDOSO TRENTIN

**ANÁLISE CRÍTICA DE MODELOS DE VERIFICAÇÃO DE
CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Felipe Issa Kabbach Jr.

São Paulo
2007

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.
São Paulo, 18 de dezembro de 2007

Assinatura do autor:

Assinatura do orientador:

FICHA CATALOGRÁFICA

Trentin, Leandro Cardoso

Análise crítica de modelos de verificação de consistência de traçado / L.C. Trentin. -- São Paulo, 2007.

Edição Revisada. 165 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Rodovias (Traçado) 2.Geometria 3.Velocidade I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós
e minha esposa Patricia.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Felipe Issa Kabbach Jr. pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Yukio Suzuki, que, nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para o meu crescimento científico e intelectual.

Aos professores Dr. Sérgio Henrique Demarchi e Dr. Ettore José Bottura, que contribuíram para a elaboração da dissertação com os seus comentários na Qualificação.

Ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, que proporcionou a elaboração dos estudos de caso, em especial o Eng. Eduardo Vieira Dias, Eng. Mário Mondolfo, Eng. Valter Prieto e Eng. Paulo Belisário.

Aos amigos Fernando Antonio Garcia, Walkíria Sunagawa, Bruna S. A. T. Nishikawa, Cibele Alves, Ângela Azevedo, Jhonny Higa, Misael Tavares e a todos que colaboraram direta ou indiretamente a execução do trabalho.

RESUMO

A segurança viária está diretamente relacionada, dentre outros fatores, com as características do traçado da via. A dissertação tem como objetivo realizar uma comparação entre dois dos principais modelos de análise de consistência de traçado de rodovias de pista simples bidirecional, ou seja, o método dos critérios de segurança, estabelecido por Lamm et al. (1998), e o proposto pela Fitzpatrick et al. (2000), que foi incorporado no programa IHSDM (*Interactive Highway Safety Design Model*) pelo módulo DCM (*Design Consistency Module*), desenvolvido pela FHWA (*Federal Highway Administration*). São apresentadas as principais características do procedimento estabelecido por cada um dos métodos e os resultados de uma análise comparativa da aplicação de ambos os métodos em um estudo de caso. Nos dois modelos de análise, as equações de previsão de velocidades foram determinadas para as situações de outros países. No estudo de caso relatado na presente dissertação, foram pesquisadas as velocidades praticadas pelos motoristas em três rodovias de pista simples bidirecional, com base nas quais foi possível estabelecer uma equação de previsão de velocidades. Efetuada a comparação dos resultados obtidos no estudo de caso, pode-se verificar que nas curvas com raios de curvatura maior de 100 m, as velocidades praticadas pelos motoristas nas condições das rodovias pesquisadas são semelhantes às velocidades estimadas pela equação de Fitzpatrick (2000), e nas curvas com raios menores de 100 m, as velocidades praticadas estão próximas da equação elaborada por Lamm (1998) na Alemanha.

Palavras-chave: Geometria. Rodovia (Traçado). Velocidade.

ABSTRACT

Highway safety is directly related, amongst other factors, to highway design characteristics. This dissertation compares two of the main existing models of analysis of highway design consistency, which are: the safety criteria method established by Lamm et al. (1998) and the one proposed by Fitzpatrick et al. (2000) incorporated in the Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM) by the Design Consistency Module (DCM), developed by the Federal Highway Administration (FHWA). The main characteristics of the process established by each of the methods are presented here along with the results of a comparative analysis of the application of both methods in a case study. Both models apply speed prediction equations based on studies carried out in other countries. In the case study reported in the present dissertation, the speed practiced by drivers in three bidirectional two-lane roads was investigated, yielding results which allowed the development of a speed prediction equation. After comparing the results obtained in the case study, it was verified that on curves with radius of curvature longer than 100m, the speeds practiced by drivers in the conditions of the roads here studied are similar to those predicted by Fitzpatrick's (2000) equation. However, on roads whose radius is shorter than 100m, the speeds practiced are closer to those yielded by the equation elaborated by Lamm (1988) in Germany.

Keywords: Geometry. Highway (Design). Speed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Distribuição da malha rodoviária no Estado de São Paulo	16
Figura 2.1 – Curva de distribuição de frequência acumulada de velocidades com indicação da velocidade operacional (V_{85})	22
Figura 2.2 – Exemplo de inconsistência do traçado.....	33
Figura 3.2(a) – Tangente não independente	40
Figura 3.2(b) – Tangente independente, com extensão suficiente para aceleração	41
Figura 3.2(c) – Tangente independente, com extensão insuficiente para aceleração	42
Figura 4.1.– Esquema do programa IHSDM	49
Figura 4.1(a) – Tangentes independentes	54
Figura 4.1(b) – Tangentes não independentes	55
Figura 5.1 – Mapa de localização das Rodovias SP-98 e SP-99.....	60
Figura 5.2 – Vista do contador portátil	62
Figura 5.3 – Disposição do contador na curva pesquisada.....	64
Figura 5.4 – Distribuição de Velocidades na Curva 1	65
Figura 5.5 – Velocidade de operação em função do CCR.....	67
Figura 5.6 – Velocidade de operação em função do CCR.....	70
Figura 5.7 – Comparação entre as equações de previsão de velocidade em função do CCR	71
Figura 5.8 – Análise da SP-98 pelo Critério I	74
Figura 5.9 – Análise da SP-99 pelo Critério I	75
Figura 5.10 – Análise da SP-98 pelo Critério II	76
Figura 5.11 – Análise da SP-99 pelo Critério II	77
Figura 5.12 - Análise da SP-98 pelo Critério III	78
Figura 5.13 - Análise da SP-99 pelo Critério III	79
Figura 5.14 – Análise da consistência do traçado na Rodovia SP-98.....	80
Figura 5.15 – Análise da consistência do traçado na Rodovia SP-99.....	81
Figura 5.16 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-98 – sentido crescente.....	83

Figura 5.17 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-98 – sentido decrescente.....	84
Figura 5.18 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-99 – sentido crescente.....	85
Figura 5.19 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-99 – sentido decrescente.....	86
Figura 5.20 – Comparação entre os perfis de velocidade na rodovia SP-98	88
Figura 5.21 – Comparação entre os perfis de velocidade na rodovia SP-99	89
Figura 5.22 – Análise da SP-98 pelo Critério I utilizando a equação 5.2.	92
Figura 5.23 – Análise da SP-99 pelo Critério I utilizando a equação 5.2	93
Figura 5.24 – Análise da SP-98 pelo Critério II utilizando a equação 5.2	94
Figura 5.25 – Análise da SP-99 pelo Critério II utilizando a equação 5.2	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. – Principais métodos existentes para análise de consistência de traçado	25
Tabela 2.2. – Classificação da consistência do traçado pelo método dos critérios de segurança	30
Tabela 2.3. – Classificação da consistência do traçado pelo método do IHSDM	31
Tabela 2.4. – Nível de consistência em função do tempo de reação corrigido.....	33
Tabela 3.1. – Modelos de previsão de velocidade propostos por Lamm nos Estados Unidos	36
Tabela 3.2 – Modelos de previsão de velocidade em outros países.....	38
Tabela 3.3 – Equações para a definição das tangentes	43
Tabela 3.4 – Critérios para a classificação da consistência do traçado.....	44
Tabela 3.5 – Critérios de desempate	47
Tabela 4.1 – Equações de previsão de velocidades para veículos de passeio ...	51
Tabela 4.2 – Taxas de aceleração e desaceleração.....	53
Tabela 4.3 – Classificação da consistência do traçado	58
Tabela 4.4 – Taxa de acidentes para curvas horizontais	59
Tabela 5.1 – Distribuição dos intervalos de raio de curvatura.....	63
Tabela 5.2 – Descrição dos locais pesquisados na Rodovia SP-99	63
Tabela 5.3 – Valores obtidos para cada curva por sentido na Rodovia SP-99	66
Tabela 5.4 – Valores obtidos na pesquisa da Rodovia SP-55	68
Tabela 5.5 – Valores obtidos na pesquisa da Rodovia SP-360	69
Tabela 5.6 – Determinação das velocidades de projeto	72
Tabela 5.7 – Comparação da análise da SP-98 pelo critério de segurança I	96
Tabela 5.8 – Comparação da análise da SP-98 pelo critério de segurança II	96
Tabela 5.9 – Comparação da análise da SP-99 pelo critério de segurança I	97
Tabela 5.10 – Comparação da análise da SP-99 pelo critério de segurança II ...	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	– American Association of Highway and Transportation Officials
BID	- Banco Interamericano de Desenvolvimento
CPM	- Crash Prediction Module
DCM	- Design Consistency Module
DER/SP	- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
FHWA	- Federal Highway Administration
HSIS	- Highway Safety Information System
IHSDM	- Interactive Highway Safety Design Model
IMV	- Imagem Magnética do Veículo
IRM	- Intersection Review Module
ISE	- Institute for Highway and Railroad Engineering
PRM	- Policy Review Module
TAM	- Traffic Analysis Module

LISTA DE SÍMBOLOS

a	= Taxa de aceleração entre as seções (m/s^2)
CCR_S	= Taxa de mudança de curvatura (<i>curvature change ratio</i>) de uma curva circular isolada, com curvas de transição (gon/km)
\overline{CCR}	= Taxa de mudança de curvatura média para o trecho em análise, desconsiderando as tangentes (gon/km)
d	= Taxa de desaceleração entre as seções (m/s^2)
dV_a	= Diferença de velocidades entre curvas na condição B (km/h)
$e_{m\acute{a}x}$	= Superelevação máxima (m/m)
f	= Fator de atrito lateral do pavimento
$f_{m\acute{a}x}$	= Coeficiente de atrito máximo
f_{RA}	= Fator de atrito lateral assumido
f_{RD}	= Fator de atrito lateral demandado
g	= Aceleração gravitacional (m/s^2)
i	= Declividade, adotada com sinal positivo para greides ascendentes e negativo para greides descendentes (m/m)
K	= Taxa de curvatura vertical (m/%)
L	= Comprimento da curva (km)
L_{cl}	= Comprimento da curva de transição que antecede ou sucede a curva circular (m)
L_{cr}	= Comprimento da curva circular (m)
LSC_C	= Comprimento crítico para acomodar toda aceleração (m)
N	= Número mínimo de medições de velocidade
R	= Raio do alinhamento horizontal (m)
R_{min}	= Raio mínimo do alinhamento horizontal (m)
S	= Desvio padrão estimado da amostra (km/h ou mph)
Δs	= Extensão ao longo da qual ocorre a variação de velocidade (m)
TL	= Comprimento da tangente existente (m)
TL^i	= Distância percorrida na seção "i" durante a aceleração ou desaceleração (m)
TLL	= Comprimento de tangente longa, distância crítica de aceleração ou

desaceleração entre a tangente independente e a curva de maior CCR
(m)

- TLs = Distância de aceleração ou desaceleração entre as curvas 1 e 2 (m)
- v = Velocidade (km/h)
- V_a = Velocidade máxima entre duas curvas na condição B, km/h
- Vd = Velocidade de projeto (km/h)
- \bar{V}_{85} = Média da velocidade operacional nas curvas (m/s)
- V_{máx} = Velocidade máxima (km/h)
- V_n = Velocidade operacional na curva de número “n” (km/h)
- V_{n+1} = Velocidade operacional na curva de número “n+1” (km/h)
- V_{n+1}^a = Velocidade operacional na curva de número “n+1” (km/h), em função de uma taxa de aceleração assumida
- V₈₅ = Velocidade de operação (km/h)
- V_{85Tmáx} = Velocidade máxima operacional em tangentes (km/h)
- Vf = Velocidade final (km/h)
- Vfs = Velocidade operacional ao longo da tangente (km/h)
- Δv85 = Variação da velocidade operacional entre curvas (m/s)
- ΔV85T = Diferença entre a velocidade de operação na curva com o valor mais baixo de CCR e a velocidade de operação na tangente (m/s)
- X_{fd} = Comprimento necessário para desacelerar da velocidade de fluxo livre até a curva “n+1” (m)
- X_{cd} = Comprimento necessário para desacelerar da curva “n” até a curva “n+1” (m)
- X_{td} = Comprimento necessário para desacelerar da velocidade V_a até a curva “n+1” (m)
- X_{fa} = Comprimento necessário para acelerar da curva “n” até a velocidade de fluxo livre (m)
- X_{ca} = Comprimento necessário para acelerar da curva “n” até a curva “n+1” (m)
- X_{fs} = Comprimento entre duas curvas com velocidade de fluxo livre na tangente (m)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO.....	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2. CONCEITUAÇÃO DO TEMA.....	21
2.1 VELOCIDADE.....	21
2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA.....	24
2.2.1 Método Suíço.....	25
2.2.2 Método da Alemanha.....	27
2.2.3 Método da Austrália.....	27
2.2.4 Leisch e Leisch.....	28
2.2.5 Lamm.....	29
2.2.6 Fitzpatrick.....	30
2.2.7 Krammes.....	31
2.2.8 Messer.....	32
3. MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA.....	35
3.1 PERFIL DE VELOCIDADE.....	35
3.2 CRITÉRIO DE SEGURANÇA I E II.....	44
3.3 CRITÉRIO DE SEGURANÇA III.....	45

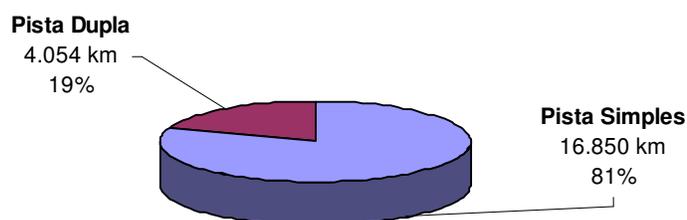
3.4 ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA	46
4. UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA IHSDM	48
4.1 PREVISÃO DE VELOCIDADE	49
4.2 PERFIL DE VELOCIDADES	52
4.3 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO	57
4.4 RELAÇÃO ENTRE CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO E SEGURANÇA.....	58
5. ESTUDOS DE CASO	60
5.1 PESQUISA DE VELOCIDADES	61
5.1.1 Equipamento para Realização de Medições.....	61
5.1.2 Determinação dos Locais das Pesquisas	62
5.1.3 Dados de Velocidade	64
5.2 MODELO DE PREVISÃO DE VELOCIDADES	67
5.3 ANÁLISE DA CONSITÊNCIA DE TRAÇADO	71
5.3.1 Análise pelos critérios de segurança.....	72
5.3.2 Análise pelo programa IHSDM.....	82
5.4 ANÁLISE CRÍTICA DOS MÉTODOS	87
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

APÊNDICE A	PESQUISA DE VELOCIDADES.....	106
APÊNDICE B	ANÁLISE DA RODOVIA SP-98 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA	120
APÊNDICE C	ANÁLISE DA RODOVIA SP-99 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA	127
APÊNDICE D	ANÁLISE DA RODOVIA SP-98 PELO MÉTODO DO PROGRAMA IHSDM.....	141
APÊNDICE E	ANÁLISE DA RODOVIA SP-99 PELO MÉTODO DO PROGRAMA IHSDM.....	145
APÊNDICE F	ANÁLISE DA RODOVIA SP-98 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA COM A EQUAÇÃO DETERMINADA NA PESQUISA.....	152
APÊNDICE G	ANÁLISE DA RODOVIA SP-99 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA COM A EQUAÇÃO DETERMINADA NA PESQUISA.....	156

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As rodovias bidirecionais de pista simples representam a maior parte da malha rodoviária do Estado de São Paulo, conforme caracterizado na Figura 1.1 a seguir apresentada.



Fonte: DER/SP (2006) e DNIT (2000)

Figura 1.1 – Distribuição da malha rodoviária no Estado de São Paulo

A maior parte das rodovias de pista simples foi construída nas décadas de 60 e 70, quando boa parte dos projetos visava minimizar custos de implantação, aproveitando o relevo e caminhos existentes para a definição dos traçados. Por esta razão, os traçados destas rodovias apresentam, em trechos localizados ou em extensões mais abrangentes, uma geometria restritiva ou inconsistente.

Em função do fato de que em tais rodovias têm se verificado índices mais elevados de acidentes, há um esforço dos órgãos e empresas responsáveis pela operação e manutenção das mesmas em diagnosticar e corrigir as deficiências de segurança existentes.

Recentemente, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) tem financiado obras de recuperação de rodovias em alguns Estados do Brasil, visando a diminuição de acidentes e melhoria das condições de tráfego. Os projetos elaborados, na maioria

dos casos, abrangeram a recuperação de pavimentos, readequações de dispositivos de interseção e implantação de faixas adicionais, para aumento da segurança viária e da fluidez do tráfego.

Atualmente, na maioria dos projetos elaborados no Brasil, não se fazem estudos da consistência do traçado como uma metodologia para auxiliar a definição de propostas de melhorias nas rodovias, ou mesmo, para a elaboração de novas rodovias.

Em outros países, como por exemplo, na Alemanha são elaborados cadastros das características geométricas das vias existentes, a fim de estudar as inconsistências dos traçados rodoviários, de forma a permitir o gerenciamento das intervenções viárias e garantir melhorias efetivas nas condições de segurança e conforto dos usuários.

A segurança e o conforto que uma rodovia proporciona ao usuário, estão relacionados a uma série de fatores que envolvem as características da via e o comportamento do motorista; portanto, a consistência de traçado é importante por causa da relação que existe entre consistência e segurança.

Desde o início da década de 70, a Suíça e a Alemanha têm utilizado os métodos baseados no perfil de velocidades para analisar a consistência de traçado. Nos Estados Unidos, vários modelos de perfil de velocidade têm sido apresentados, porém não foram incorporados nos projetos geométricos (Fitzpatrick et al, 2000).

Na elaboração do perfil de velocidades, é utilizada a velocidade de operação que o usuário alcança com seu veículo, que depende de vários fatores, que podem ser genericamente agrupados como relacionados às características do traçado da via, das condições ambientais e de entorno, do motorista, do veículo e das condições operacionais.

Segundo Lunenfeld apud Lamm (1998), a consistência dos alinhamentos horizontal e vertical está associada à expectativa dos motoristas quanto à fluidez do traçado da via e a influência do tempo de reação para tomada de decisão em sua trajetória.

Os problemas de consistência ocorrem quando as características do trecho sofrem alterações em segmentos consecutivos, deixando de proporcionar condições seguras de trafegabilidade. Tais problemas são evidenciados por alterações na velocidade de operação, mudanças bruscas na trajetória dos veículos e altos índices de acidentes em determinados segmentos. Do ponto de vista do motorista, a inconsistência do traçado é percebida quando a sua expectativa não é atingida.

Os principais métodos de análise de consistência de traçado baseiam-se na análise das características geométricas da via, através do perfil de velocidades proporcionadas pelo traçado e da análise dos tempos de resposta dos motoristas às mudanças no traçado.

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O método dos Critérios de Segurança estabelecido por Lamm et al (1998), baseado no método Suíço, é o mais utilizado internacionalmente, e considerado um dos mais importantes para o estudo de consistência de traçado.

Atualmente, tem sido apresentado para análise de projetos geométricos o programa de computador IHSDM (*Interactive Highway Safety Design Model*), desenvolvido pela FHWA (*Federal Highway Administration*), que possui incorporado o módulo DCM (*Design Consistency Module*) que analisa a consistência de traçado. Este módulo foi elaborado a partir dos estudos de Fitzpatrick et al (2000), que foi baseado no método dos critérios de segurança estabelecido por Lamm et al (1998).

No presente trabalho são apresentadas as principais características dos procedimentos estabelecidos por cada um dos métodos e os resultados de uma análise comparativa da aplicação de ambos os métodos em um estudo de caso. Por outro lado, há que salientar que as equações de previsão de velocidades para a elaboração do perfil de velocidades foram determinadas para as condições típicas de outros países.

Para tanto, no estudo de caso foram pesquisadas as velocidades de operação em catorze curvas e em uma tangente da Rodovia dos Tamoios (SP-99), conforme descrito no Capítulo 5, objetivando o estabelecimento de uma equação de previsão de velocidades. Na finalidade de obter uma equação que represente as condições específicas de outras rodovias, foram adicionados os dados das pesquisas de velocidade elaboradas pela Tsu (2003) na rodovia SP-55, no trecho entre os kms 241,51 e 220,37, e Osório (2000) na rodovia SP-360, entre Jundiaí e Morungaba.

Para aplicação e comparação dos dois principais métodos foram selecionadas as rodovias SP-99 (Rodovia dos Tamoios), no trecho entre os kms 64 e 83, e a SP-98 (Rodovia Dom Paulo Rolim Loureiro), entre os kms 63 e 78, visando a realização do estudo de casos. A escolha destas rodovias foi baseada no fato de que as mesmas atravessam regiões de relevo de planalto e serra, com curvas mais acentuadas, a rodovia SP-99 está localizada no seu trecho inicial em região com características de planalto e o trecho subsequente em região de serra. A rodovia SP-98, no trecho estudado, apresenta região de relevo com características de planalto. Outro fato, são as suas características de rodovia rural, isenta de interferências de regiões urbanas na sua operação.

Como objetivo principal do trabalho, foi feita uma análise de consistência das rodovias pelo método dos critérios de segurança I e II (Lamm, 1998), utilizando a equação de previsão de velocidades elaborada a partir das pesquisas de velocidades em três rodovias do Estado de São Paulo, e finalmente, os resultados são comparados com as análises elaboradas com os modelos de previsão de velocidades do Lamm et al (1998) e Fitzpatrick et al (2000).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A conceituação de análise de consistência de traçado através dos métodos dos Critérios de Segurança e do módulo de consistência integrante do programa IHSDM, bem como o estudo de caso envolvendo a aplicação destes métodos em duas rodovias

brasileiras no Estado de São Paulo, tem sua apresentação estruturada nos capítulos adiante resumidos.

O Capítulo 1 consiste na apresentação do tema da dissertação, contemplando os principais objetivos e as etapas do estudo.

No Capítulo 2 há uma avaliação da bibliografia existente, descrevendo os conceitos relacionados à consistência de traçado. Também são definidos os conceitos de velocidades de operação e projeto, que são utilizados em ambos os métodos, para desenvolver o perfil de velocidades.

O Capítulo 3 consiste na apresentação do método dos Critérios de Segurança proposto por Lamm et al (1998), descrevendo as suas principais características e parâmetros de análise.

No Capítulo 4 é descrito o módulo de avaliação de consistência do projeto geométrico na versão 2.07 do programa IHSDM, módulo esse desenvolvido para considerar o efeito da segurança viária na escolha do traçado geométrico. Também são descritos os estudos elaborados pela Fitzpatrick et al (2000), no qual o programa foi baseado.

O Capítulo 5 consiste nos estudos de casos, através da análise de trechos de duas rodovias de pista simples. O objetivo principal deste capítulo é verificar a metodologia de avaliação de consistência em segmentos rodoviários selecionados, para a adequação das hipóteses consideradas e também para análise de sensibilidade em relação aos parâmetros considerados na formulação dos modelos analisados nos capítulos anteriores. Também é apresentado o estabelecimento de uma equação de previsão de velocidades para as condições das rodovias pesquisadas.

O capítulo 6 contém as principais conclusões obtidas no trabalho e apresenta também sugestões para a continuidade dos estudos nessa linha de pesquisa.

2 CONCEITUAÇÃO DO TEMA

Na conceituação do tema são definidos os conceitos de velocidades de operação e projeto, a fim de elaborar o perfil de velocidades. Em seguida, são descritos os conceitos relacionados à consistência de traçado nos métodos existentes.

2.1 VELOCIDADE

As velocidades praticadas pelos condutores dependem de uma série de fatores, que podem ser genericamente agrupados como relacionados às características da via e das condições ambientais e de entorno, do motorista, do veículo e das condições operacionais (Kabbach, 2003).

As características da via são representadas pela seção transversal, alinhamentos horizontal e vertical, sinalização, pavimentação, condições de drenagem, e outros.

As condições ambientais e do entorno referem-se ao clima (chuva, tempo bom, névoa) e à região em que a via se insere (meio urbano, zona rural).

As características do motorista apresentam grande variabilidade e estão relacionadas à idade, estado físico e emocional, cansaço, extensão da viagem, presença de acompanhante, familiaridade com a via, e outros. A associação de tais aspectos leva a diferentes percepções, por parte do motorista, dos níveis adequados de conforto e segurança.

O veículo pode variar sob uma série de aspectos, como tipo (de passageiros ou comercial), dimensões básicas, carga, estado de conservação e desempenho, normalmente expresso em termos de relação peso/potência para os veículos comerciais.

As condições operacionais das rodovias de pista simples estão associadas ao volume e composição do tráfego existente e à presença de fiscalização policial e de dispositivos de controle como radares, sendo fortemente influenciadas pelo horário de pico.

Portanto, a velocidade que o usuário pode alcançar com seu veículo está relacionada aos fatores mencionados anteriormente, sendo uma variável comportamental e podendo ser representada por uma curva de distribuição normal, apresentando média e desvio padrão das velocidades.

A utilização da velocidade de operação tem sido proposta e implementada em vários países quando tratam da consistência de traçado. A AASHTO define a velocidade de operação como “aquela na qual observam-se os condutores operando seus veículos sob condições de fluxo livre” (AASHTO, 2004). Krammes et al. (2000). define “a velocidade que os motoristas praticam em seus veículos”. Nos Estados Unidos, o 85º percentil da distribuição de velocidades observadas, ou seja, a velocidade no máximo alcançada, mas não superada por 85% dos condutores, é a medida mais freqüentemente utilizada como velocidade (Fitzpatrick et al, 2000).

Assim, graficamente, ao se traçar a curva de distribuição de freqüência acumulada, a velocidade operacional passa a ser representada conforme indicado a seguir.

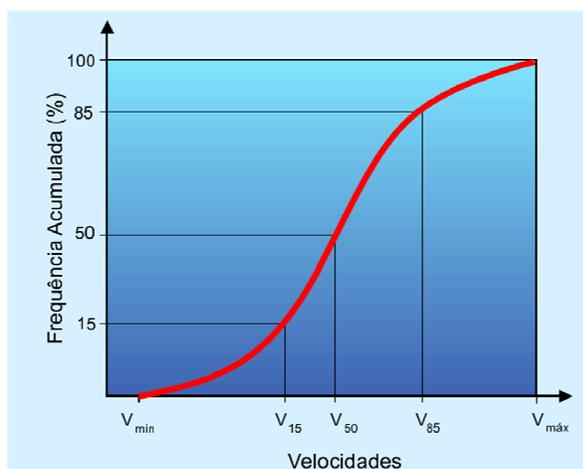


Figura 2.1 – Curva de distribuição de freqüência acumulada de velocidades com indicação da velocidade operacional (V_{85})

O conceito de velocidade de projeto é a escolha de uma velocidade para segmentos de condições aproximadamente similares ou homogêneos, por exemplo, na Rodovia dos Imigrantes, existe uma velocidade de projeto para cada uma das regiões de relevo. Portanto, os alinhamentos horizontal e vertical devem ser projetados para velocidades iguais ou maiores que a selecionada para a via, promovendo uma idéia, em que selecionar uma velocidade para todos os elementos geométricos da via, irá refletir todas as expectativas e desejos dos usuários.

Na definição da AASHTO (1994), a velocidade de projeto é descrita como “máxima velocidade que um trecho viário pode ser percorrido com segurança e em condições aceitáveis de conforto, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas suas características geométricas, sem influência do tráfego ” (AASHTO, 1994). A partir de 2001, a AASHTO define este conceito de uma forma um pouco distinta, destacando a relação entre a velocidade e os parâmetros de projeto adotados, onde “velocidade selecionada visando o estabelecimento de determinados parâmetros e características da via” (AASHTO, 2001).

A limitação do conceito de velocidade de projeto é descrita por Krammes e Glascock apud Fitzpatrick (2000), onde “A velocidade de projeto é aplicada somente nas curvas horizontais e verticais, e não na tangente que as conectam. Se a tangente é longa o suficiente, os motoristas podem desenvolver velocidades mais altas que a velocidade praticada na curva”. Portanto, a velocidade de projeto deve ser a menor das velocidades para qualquer elemento da via, tais como, raio mínimo de curvatura e distância de visibilidade, não levando em consideração as velocidades praticadas nas tangentes.

O raio mínimo de curvatura horizontal é determinado em função da velocidade de projeto, da superelevação e do fator de atrito transversal entre o pavimento e os pneus, obtido pela equação a seguir:

$$R_{\min} = \frac{Vd^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \quad (2.1)$$

Onde:

$R_{\text{mín}}$ = raio do bordo interno da curva em metros;

V_d = velocidade de projeto em km/h;

$e_{\text{máx}}$ = superelevação em fração decimal;

$f_{\text{máx}}$ = fator de atrito lateral do pavimento/pneu.

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

A utilização das velocidades de operação e de projeto tem sido proposta e implementada em vários países quando se trata da análise de consistência de traçado.

Os métodos de análise de consistência baseados no perfil de velocidades são utilizados para determinar inconsistências ao longo dos alinhamentos do traçado, onde são estabelecidas as velocidades de operação (V_{85}) para cada elemento geométrico da via, a partir de modelos de previsão de velocidades de operação. As inconsistências são identificadas no perfil de velocidades, onde há uma grande variação das velocidades de operação entre sucessivos elementos do alinhamento, não atendendo a expectativa dos motoristas, quanto à fluidez do traçado da via e influenciando o tempo de reação para tomada de decisão quando da alteração da trajetória.

Os modelos existentes para avaliar a consistência do projeto geométrico a partir da velocidade de operação têm como foco principal a observação do comportamento dos veículos nas curvas dos alinhamentos horizontal e vertical. Também foram propostos métodos para avaliar a consistência utilizando a carga de trabalho do motorista, analisando os tempos de resposta dos motoristas às mudanças no traçado.

A Suíça foi um dos primeiros países a utilizar o perfil de velocidades no projeto geométrico de rodovias. A Alemanha e Austrália, baseado no método Suíço, também utilizam o perfil de velocidades para garantir a consistência do traçado.

Os principais métodos desenvolvidos para avaliar a consistência de traçado foram elaborados na Alemanha e Estados Unidos. Os métodos são os desenvolvidos por

Leisch e Leisch (1977), Lamm et al (1998), Krammes et al (1995) e Fitzpatrick et al (2000).

Os principais métodos existentes para análise do traçado são apresentados na seguinte tabela.

Tabela 2.1. – Principais métodos existentes para análise de consistência de traçado

Métodos	Características
Critérios de segurança (Lamm et al, 1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de segurança (I, II e III) • Ponderação entre os critérios • $V_{85} = f$ (grau da curva) • Tangentes são elementos dinâmicos
IHSDM (Fitzpatrick <i>et al</i> , 2000)	<ul style="list-style-type: none"> • $V_{85} = f$(alinhamentos horizontal e vertical) • Tangentes são elementos dinâmicos • Aceleração e desaceleração = f(alinhamentos horizontal e vertical)
Suíça (1970)	<ul style="list-style-type: none"> • Tangentes são elementos dinâmicos; • $\left V_{85, i} - V_{85, i+1} \right \leq 20\text{km/h}$
Alemanha (1970)	<ul style="list-style-type: none"> • $V_{85} = f$ (CCR) • Tangentes são elementos dinâmicos
Austrália (1980)	<ul style="list-style-type: none"> • Análise do ambiente de velocidades • $V_{\text{ambiente de velocidades}} - V_{85} < 10\text{km/h}$
Leisch e Leisch (1977)	<ul style="list-style-type: none"> • $V_{85} = f$(grau da curva), em curvas e tangentes; • Considera desempenho dos caminhões nas rampas
Krammes et al (1995)	<ul style="list-style-type: none"> • $V_{85} = f$ (grau da curva); • Tangentes são elementos dinâmicos; • Velocidade de desejo.
Messer (1980)	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de reação corrigido.

2.2.1. Método Suíço

O procedimento suíço de análise de consistência é o mais antigo na Europa e é aplicado somente em rodovias rurais. Nele são identificadas as diferenças de

velocidade entre os sucessivos elementos geométricos da via. Para identificar estas diferenças de velocidade, elabora-se o perfil de velocidades, utilizando as velocidades de operação praticadas na curvas horizontais, bem como a máxima velocidade na tangente e as taxas de aceleração e desaceleração na entrada e saída da curva.

Estudos desenvolvidos na Suíça mostram que também ocorre excesso de velocidade nas tangentes, razão pela qual recomenda-se que os trechos em tangente sejam considerados elementos dinâmicos do traçado da via, de forma a considerar a velocidade praticada na tangente em função do seu comprimento e as taxas de aceleração e desaceleração entre as curvas do alinhamento horizontal.

O perfil de velocidades é baseado somente no alinhamento horizontal, pois pesquisas suíças concluíram que greides de até 7% não influenciam na velocidade praticada pelos veículos de passeio. Outras recentes pesquisas suíças determinaram que a velocidade de operação nas curvas com raios menores de 400 m têm aumentado, porém, foi decidido manter os valores antigos do modelo de previsão de velocidades, a fim de preservar um fator de segurança na análise de consistência.

Há três condições que norteiam a definição do alinhamento horizontal, quais sejam:

1. a máxima diferença de velocidades entre uma curva e uma tangente ou curva com raio grande a montante deve ser de 5 km/h;
2. a máxima diferença de velocidades entre curvas sucessivas deve ser de 10 km/h, e qualquer diferença acima de 20 km/h deve ser evitada;
3. a distância de visibilidade não deve ser menor que o comprimento necessário para mudanças de velocidade para uma taxa de aceleração ou desaceleração de $0,8 \text{ m/s}^2$ entre curvas sucessivas.

Quando qualquer uma das condições citadas acima não é atendida, o segmento deve ser considerado inconsistente, devendo ser estudado o histórico de acidentes nesse segmento.

2.2.2. Método da Alemanha

Na Alemanha, as especificações de projeto para rodovias rurais implementaram um procedimento que analisa a velocidade de projeto e a velocidade de operação estimada (V_{85}) da via.

São utilizadas as taxas de mudança de curvatura (CCR) como medida de homogeneidade da rodovia. A taxa de mudança de curvatura é definida como a mudança angular no alinhamento horizontal por unidade de distância. As equações de previsão de velocidades são baseadas no CCR para determinar a velocidade de operação ao longo da via.

As especificações de projeto determinam que, para consistência do traçado, a velocidade de projeto e a velocidade de operação devem ser próximas. Porém, é definido que a diferença de velocidades entre a de projeto e a de operação (V_{85}) não ultrapasse em nenhuma seção da via mais de 20 km/h. Da mesma forma, a máxima diferença entre a velocidade de operação entre sucessivos elementos geométricos não deve ultrapassar 10 km/h.

2.2.3. Método da Austrália

O método australiano de análise de consistência de traçado é baseado nos estudos elaborados por McLean apud Fitzpatrick (2000). Foram estudadas cento e vinte curvas horizontais em rodovias rurais de pista simples na Austrália.

Nesses estudos foram concluídos que, nos locais em que a velocidade de projeto é menor que 90 km/h, a velocidade de operação será maior que a velocidade de projeto, conflitando dessa maneira com as premissas de que a velocidade de operação não deva exceder a velocidade de projeto. McLean apud Fitzpatrick (2000) determinou que em rodovias com velocidade de projeto maior de 100 km/h, a velocidade de operação tende a ser um pouco menor que a velocidade de projeto.

Em função dos estudos e conclusões de McLean apud Fitzpatrick (2000), NAASRA (1980) *National Association of Australian State Road Authorities* mudou os procedimentos para projeto do alinhamento horizontal em rodovias de padrões mais baixos, ou seja, velocidade de projeto menor ou igual a 90 km/h, onde é enfatizada a velocidade de operação (V_{85}) ao longo do alinhamento.

A previsão das velocidades de operação é baseada no raio de curva e na velocidade de fluxo livre na rodovia. A velocidade de fluxo livre é definida como a velocidade que os motoristas escolhem para trafegar sobre condições do entorno da via, sem interferência de outros veículos, ou seja, sem pelotões, quando não são afetados por elementos dos alinhamentos horizontal e vertical da via. O manual de projeto define a velocidade de fluxo livre para a via, de acordo com o intervalo dos raios de curvatura e o tipo de relevo.

2.2.4. Leisch e Leisch

Os estudos de Leisch e Leisch apud Fitzpatrick (2000) foram concluídos na década de 70, onde foram definidos os dois maiores problemas relacionados com o conceito de velocidade de projeto. O problema básico é a variação da velocidade de operação nas vias em que a velocidade de projeto não ultrapasse os 90 km/h. O outro problema é a diferença das velocidades de operação entre os veículos de passeios e caminhões.

Para resolver estes itens, Leisch e Leisch apud Fitzpatrick (2000) modificaram a definição de velocidade de projeto para “potencial velocidade de operação que é definida pela velocidade de projeto e correlação dos elementos físicos da via”. Eles sugeriram modificações no conceito de velocidade de projeto para incluir a regra dos 15 km/h, que segue os três princípios:

1. reduções na velocidade de projeto devem ser evitadas mas, se forem necessárias, não devem exceder 15 km/h;

2. as velocidades de operação dos veículos de passeio não devem variar mais que 15 km/h;
3. a diferença entre as velocidades de operação dos caminhões e veículos de passeio não deve ser maior que 15 km/h.

A mudança de velocidade é visualizada no perfil de velocidades, onde são considerados os alinhamentos horizontal e vertical da via. Os perfis de velocidades para veículos de passeio e caminhões são elaborados separadamente, e então comparados.

2.2.5. Lamm

O método proposto por Lamm et al (1998) sugere um método similar ao elaborado na Alemanha. Após o estudo de duzentos e sessenta curvas horizontais no Estado de New York foram desenvolvidos os modelos de previsão de velocidades a partir do alinhamento horizontal, utilizando a taxa de mudança de curvatura como a principal variável para determinação da velocidade de operação.

O perfil de velocidades é desenvolvido com a previsão de velocidades de operação, similar ao método Suíço, onde a tangente é um elemento dinâmico.

O método proposto por Lamm et al (1998), ou método dos critérios de segurança, define três critérios para análise da consistência do traçado.

1. critério de segurança I – a comparação da velocidade de operação (V_{85}) e a velocidade de projeto (V_d) é realizada em cada elemento do alinhamento;
2. critério de segurança II – realiza a análise da velocidade de operação entre elementos sucessivos do alinhamento;
3. critério de segurança III – relaciona os aspectos dinâmicos do traçado, e compara os coeficientes de atrito lateral assumido e o demandado no traçado.

Os intervalos considerados na avaliação da consistência para os critérios de segurança são definidos na tabela a seguir.

Tabela 2.2 – Classificação da consistência do traçado pelo método dos critérios de segurança

Critério	Diferenças permitidas Projeto BOM	Diferenças Toleradas Projeto RAZOÁVEL	Diferenças Não Permitidas Projeto RUIM
I	$ V_{85} - Vd \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85} - Vd \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85} - Vd > 20 \text{ km/h}$
II	$ V_{85i} - V_{85i+1} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85i} - V_{85i+1} \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85i} - V_{85i+1} > 20 \text{ km/h}$
III	$f_{RA} - f_{RD} \geq 0,01$	$-0,04 \leq f_{RA} - f_{RD} < 0,01$	$f_{RA} - f_{RD} < -0,04$

Fonte: Lamm (1988)

No Capítulo 3 são descritas as principais características e parâmetros do método dos Critérios de Segurança proposto por Lamm et al (1998).

2.2.6. Fitzpatrick

Os estudos iniciais elaborados pela Fitzpatrick et al (2000), baseado nos estudos do Lamm et al (1998), consistiram na definição de um modelo de previsão de velocidades de operação (V_{85}), utilizando os alinhamentos horizontal e vertical ao longo da via e a validação do perfil de velocidades para ser incluído no módulo de consistência do programa IHSDM do FHWA.

Nessa pesquisa, o modelo de previsão de velocidade foi elaborado para diferentes condições dos alinhamentos horizontal e vertical. Também foram desenvolvidos modelos para prever as taxas de aceleração e desaceleração considerando o efeito das combinações dos alinhamentos horizontal e vertical.

Similarmente ao método suíço, no perfil de velocidades proposto a tangente é um elemento dinâmico.

Seguindo os estudos de Lamm et al (1998), a consistência de traçado pode ser avaliada pela:

- Diferença das velocidades de operação entre a tangente e a curva sucessiva do traçado;
- Diferença da velocidade de operação e a velocidade de projeto.

Também, baseado nos estudos do Lamm et al (1998), e validado nos estudos de Fitzpatrick et al (2000), pela análise da relação entre acidentes e diferença de velocidades, a consistência de traçado é definida pela diferença de velocidade, demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 2.3 – Classificação da consistência do traçado pelo método do IHSDM

Critério	Diferenças permitidas Projeto BOM (km/h)	Diferenças Toleradas Projeto RAZOÁVEL (km/h)	Diferenças Não Permitidas Projeto RUIM (km/h)
I	$V_{85} - Vd \leq 10$	$10 < V_{85} - Vd \leq 20$	$V_{85} - Vd > 20$
II	$V_{85TMÁX} - V_{85} \leq 10$	$10 < V_{85TMÁX} - V_{85} \leq 20$	$V_{85TMÁX} - V_{85} > 20$

Fonte: Fitzpatrick (2000)

No Capítulo 4 são descritas as principais características e parâmetros do método proposto pela Fitzpatrick et al. (2000), incorporado no programa de computador IHSDM, em sua versão 2.07, pelo módulo de análise de consistência (DCM).

2.2.7. Krammes

Os estudos de Krammes et al (2000) conduziram a uma grande pesquisa em dados de alinhamentos horizontais no desenvolvimento do perfil de velocidades para avaliar a consistência de traçado. O modelo de perfil de velocidade proposto incorpora elementos dos modelos elaborados por Lamm et al (2000) e o método Suíço. O estudo foi desenvolvido a partir de coleta de dados em 138 curvas em três Estados americanos.

Krammes et al (2000) confirmaram os estudos de McLean, concluindo nos seus estudos que a velocidade de operação nas curvas é maior que a velocidade de projeto quando a velocidade de projeto é menor ou igual a 90 km/h.

O método utiliza a variação da velocidade de operação entre curvas e tangente como principal medida de consistência do traçado. A equação de previsão de velocidade proposta considera todas as variáveis relacionadas com a geometria da curva. Outra sugestão do método considera como velocidade de fluxo livre na tangente a velocidade medida na tangente à montante da curva.

2.2.8. Messer

Nos estudos elaborados por Messer apud Fitzpatrick (2000), foi analisada a carga de trabalho do motorista, determinando-se as medidas de informações demandadas pela geometria da via ao motorista durante o percurso.

A carga de trabalho é maior para o usuário, quando no trajeto são encontrados elementos na geometria mais complexos, ou quando são surpreendidos por sucessivas combinações de elementos da geometria, conforme a Figura 2.2.

O método consiste em assumir valores para cada elemento geométrico da via. Os elementos listados por ordem de severidade são: pontes, transição de pista dividida, número de faixas de rolamento, interseções, passagem em nível com ferrovia, largura do acostamento, alinhamento e redução da largura da faixa de rolamento. As taxas são baseadas no tipo e severidade do elemento geométrico, sendo modificadas de acordo com sua localização, onde são influenciadas pelos fatores de distância de visibilidade, carga de trabalho no elemento anterior e porcentagem dos usuários que estão familiarizados com a via.

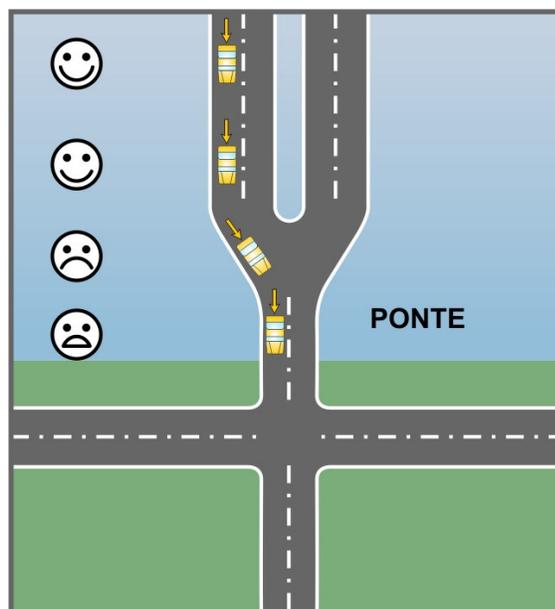


Figura 2.2 – Exemplo de inconsistência do traçado

A carga de trabalho é estimada utilizando-se a o tempo de reação corrigido, que define subjetivamente o nível de consistência, onde os resultados variam de A (nenhum problema) até F (possível problema)

Tabela 2.4 – Nível de consistência em função do tempo de reação corrigido

Expectativa do motorista	Nível de consistência	Tempo de reação corrigido
nenhum problema é esperado	A	≤ 1
	B	≤ 2
algumas surpresas são possíveis	C	≤ 3
	D	≤ 4
	E	≤ 5
é possível um grande problema	F	> 6

Fonte: Messer (1980)

Uma via com traçado consistente proporciona ao motorista a correta atitude diante de um elemento geométrico, demandando pouco trabalho para processar uma informação visual.

3 MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA

O método proposto por Lamm et al (1998), ou método dos critérios de segurança define três critérios para análise da consistência do traçado.

- Critério I – a comparação da velocidade de operação (V_{85}) e a velocidade de projeto (V_d) é realizada em cada elemento do alinhamento;
- Critério II – realiza a análise da velocidade de operação entre elementos sucessivos do alinhamento;
- Critério III – relaciona os aspectos dinâmicos do traçado, e compara os coeficientes de atrito lateral assumido e o demandado no traçado.

3.1 PERFIL DE VELOCIDADE

Para o cálculo da velocidade de operação, as equações foram expressas em função da taxa de mudança de curvatura (CCR). A utilização da taxa de mudança de curvatura é explicada pelo fato de que o CCR caracteriza bem o alinhamento horizontal de uma via, levando em conta não apenas raios de curvatura horizontal circular, mas também a influência de espirais de transição. Isto pode ser inclusive constatado quando se verifica a equação para obtenção do valor de CCR:

$$CCR_s = \frac{\left[\left(\frac{Lcl1}{2R} + \frac{Lcr}{R} + \frac{Lcl2}{2R} \right) \times 63700 \right]}{L} \quad (3.1)$$

onde:

CCR_s = taxa de mudança de curvatura de uma curva circular isolada, com curvas de transição (gon/km)

L = $Lcr + Lcl1 + Lcl2$

L = comprimento da curva (km)

L_{cr} = comprimento da curva circular (m)

L_{cl1}, L_{cl2} = comprimento das curvas de transição que antecedem e sucedem à curva circular (m)

Nos estudos elaborados por Lamm et al. (1998) nos Estados Unidos, as pesquisas de velocidade para determinação do modelo de previsão de velocidades, foram realizadas nos locais selecionados a partir das seguintes características:

- Curvas entre tangentes, ou em curvas sucessivas;
- Diferentes larguras de faixas de rolamento;
- Sem interferência de acessos ou interseções;
- Sem obstáculos próximos à via, que poderiam criar redução da velocidade;
- Greides com declividade menor ou igual a 6%;
- Volume diário médio anual com valores entre 1.000 e 12.000 veículos por dia.

Para cada local foram pesquisadas as velocidades de fluxo livre, ou seja, excluindo-se os veículos em pelotões, obtendo-se uma amostra de 80 a 100 veículos de passeio para cada sentido de tráfego. As análises foram baseadas em duzentos e sessenta e um locais, nas condições de pavimento seco no Estado de New York, sendo elaboradas as seguintes equações de previsão:

Tabela 3.1. – Modelos de previsão de velocidade propostos por Lamm nos Estados Unidos

Largura da faixa de rolamento (m)	Equação	R ²
3,0	$V_{85} = 89,034 - 0,045 \times CCR_s$ (3.2)	0,753
3,3	$V_{85} = 93,296 - 0,046 \times CCR_s$ (3.3)	0,746
3,6	$V_{85} = 95,594 - 0,044 \times CCR_s$ (3.4)	0,824
Combinação de todas	$V_{85} = 93,850 - 0,05 \times CCR_s$ (3.5)	0,787

Fonte: Lamm (1998)

Assim sendo, os modelos não foram elaborados para situações específicas de

alinhamento horizontal e vertical, podendo ser utilizados na maioria dos casos existentes.

Para cada um dos locais de medição selecionados, foram obtidas e registradas diversas informações, tais como: grau de curvatura; comprimento do segmento e da própria curva; taxa de superelevação; declividade do greide; distância de visibilidade; largura da faixa de tráfego e do acostamento; volume diário médio; dispositivos de sinalização; dados de velocidade; e dados de acidentes.

Também, os estudos elaborados por Ottensen e Krammes apud Lamm (1998), determinaram o seguinte modelo de previsão de velocidades nos Estados Unidos:

$$V_{85} = 103,04 - 0,053 \times CCR_s, \text{ em km/h. (3.6)}$$

$$R^2 = 0,80$$

As equações são limitadas para rodovias de pista simples bidirecional com declividade máxima de 6% nos greides e taxa de mudança de curvatura com valores de no máximo de 600 gon/km ($R=106,17$ m), onde estas velocidades são aplicadas nos três critérios de segurança.

Em outros estudos elaborados em relevos montanhosos na Alemanha, foram pesquisados cem locais em rodovias de pista simples bidirecional, onde a declividade do greide varia de 6% a 14% e o parâmetro CCR no intervalo de 0 até 4.500 gon/km, contemplando a seguinte equação de previsão de velocidades:

$$V_{85} = 86 + 2,48 \times 10^{-13} \times CCR_s^4 - 3,24 \times 10^{-9} \times CCR_s^3 + 1,61 \times 10^{-5} \times CCR_s^2 - 4,26 \times 10^{-2} \times CCR_s \text{ (3.7)}$$

$$R^2 = 0,88$$

Alguns exemplos de modelos para previsão de velocidades para as condições de outros países, considerando o parâmetro de CCR, são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3.2 – Modelos de previsão de velocidade em outros países

País	Equação	Limite de velocidade (km/h)	R ²
Alemanha ISE	$V_{85} = \frac{10^6}{8270 + 8,01 \times CCR_S}$ (3.8)	100	0,73
Alemanha Antigo	$V_{85} = 60 + 39,70 \times e^{(-3,98 \times 10^3 \times CCR_S)}$ (3.9)	100	-
Grécia	$V_{85} = \frac{10^6}{10150,1 + 8,529 \times CCR_S}$ (3.10)	90	0,81
França	$V_{85} = \frac{102}{1 + 346 \times \left(\frac{CCR_S}{63700}\right)^{1,5}}$ (3.11)	90	-
Austrália	$V_{85} = 101,2 - 0,043 \times CCR_S$ (3.12)	90	0,87
Líbano	$V_{85} = 91,03 - 0,056 \times CCR_S$ (3.13)	80	0,81
Canadá	$V_{85} = e^{(4,561 - 5,27 \times 10^{-4} \times CCR_S)}$ (3.14)	90	0,63

Fonte: Lamm (1988)

Estas equações resultam na velocidade de operação para as condições de cada país, ou na época da realização das pesquisas de velocidades, tais como a comparação das equações elaboradas na Alemanha, uma da década de 70 e outra mais atualizada do Institute for Highway and Railroad Engineering (ISE). Na utilização destas equações para a previsão de velocidade, o parâmetro de taxa de mudança de curvatura (CCR) não são consideradas as curvas de transição.

Conforme estudos elaborados Lamm (1998), para valores de CCR maiores de 700 gon/km, a velocidade de operação é determinada pela equação apresentada pelo ISE na Alemanha.

Para a elaboração do perfil de velocidades, é necessária a determinação da relação de dependência entre as curvas, função da extensão dos trechos de tangente analisados,

isto é, uma tangente é considerada independente se o seu comprimento é tão longo que a corrente de tráfego consegue acelerar até a velocidade desejada (fluxo livre), sem que haja influência de uma curva ou qualquer outro elemento inibidor. Em outras palavras, as tangentes devem ter comprimentos suficientes para acomodar a aceleração e a desaceleração na saída e na entrada entre curvas sucessivas.

O procedimento de análise proposto por Lamm (1998) considera que as tangentes como elementos dinâmicos do traçado, onde as velocidades de operação (V_{85}) no trecho em tangente estão relacionadas com a dependência existente entre os elementos componentes do alinhamento horizontal. Portanto, as classificações das tangentes segundo o critério da dependência são as seguintes:

- Tangentes não independentes são aquelas com comprimento insuficiente para o veículo acelerar e desacelerar entre duas curvas sucessivas.
- Tangentes independentes são as que possuem comprimento suficiente para acelerar até uma velocidade desejada (fluxo livre) na tangente, e desacelerar para a velocidade de operação na próxima curva.

No cálculo das distâncias de aceleração e desaceleração nas tangentes, o método utiliza uma taxa de aceleração e desaceleração igual a $0,85 \text{ m/s}^2$. Conseqüentemente, a equação para estabelecer a distância necessária na tangente entre duas curvas sucessivas é:

$$TL = \frac{V_{85,1}^2 - V_{85,2}^2}{2 \times 3,6^2 \times a}$$

$$TL = \frac{V_{85,1}^2 - V_{85,2}^2}{25,92 \times a} \quad (3.15)$$

onde:

TL = comprimento teórico para a transição entre duas curvas sucessivas (m);

a = taxa de aceleração / desaceleração (m/s^2);

$V_{85,1,2}$ = velocidade de operação nas curvas 1 e 2 (km/h).

Na classificação das tangentes, segundo critérios de dependência e para a estimativa das velocidades de operação a serem praticadas, devem-se observar as considerações apresentadas nos casos a seguir:

Caso 1 – O comprimento existente na tangente entre duas curvas é menor que o comprimento teórico necessário entre duas curvas sucessivas, como pode ser observado na Figura 3.2a.

Caso 2 – O comprimento existente na tangente entre as curvas 1 e 2 é maior que o comprimento teórico necessário para aceleração até a velocidade máxima na tangente e desaceleração até a velocidade de operação na curva 2, como pode ser observado na Figura 3.2b.

Caso 3 – O comprimento existente na tangente entre as curvas 1 e 2 é suficiente para aceleração até a velocidade de fluxo livre na tangente e desaceleração até a velocidade de operação na curva 2, como pode ser observado na Figura 3.2c.

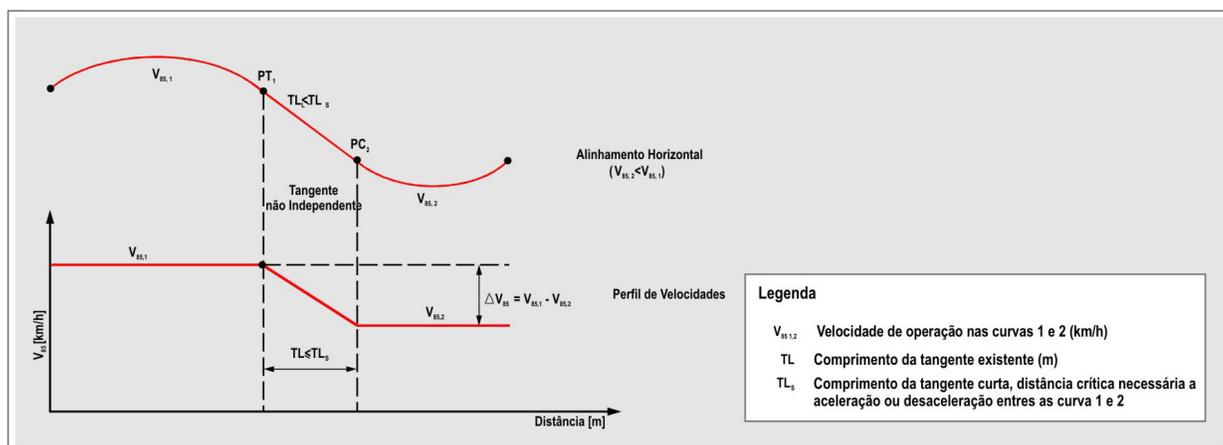


Figura 3.2(a) – Tangente não independente

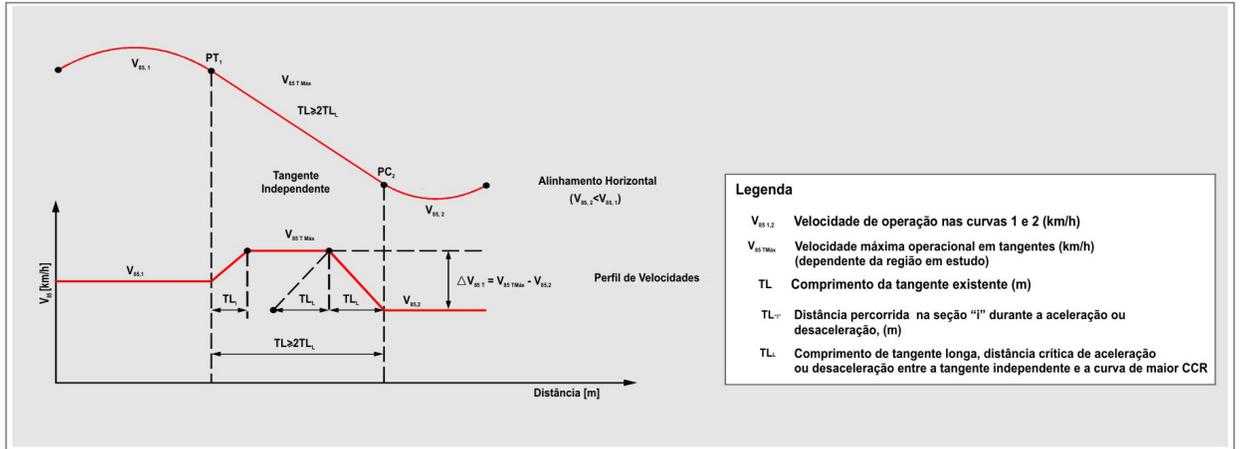


Figura 3.2(b) – Tangente independente, com extensão suficiente para aceleração

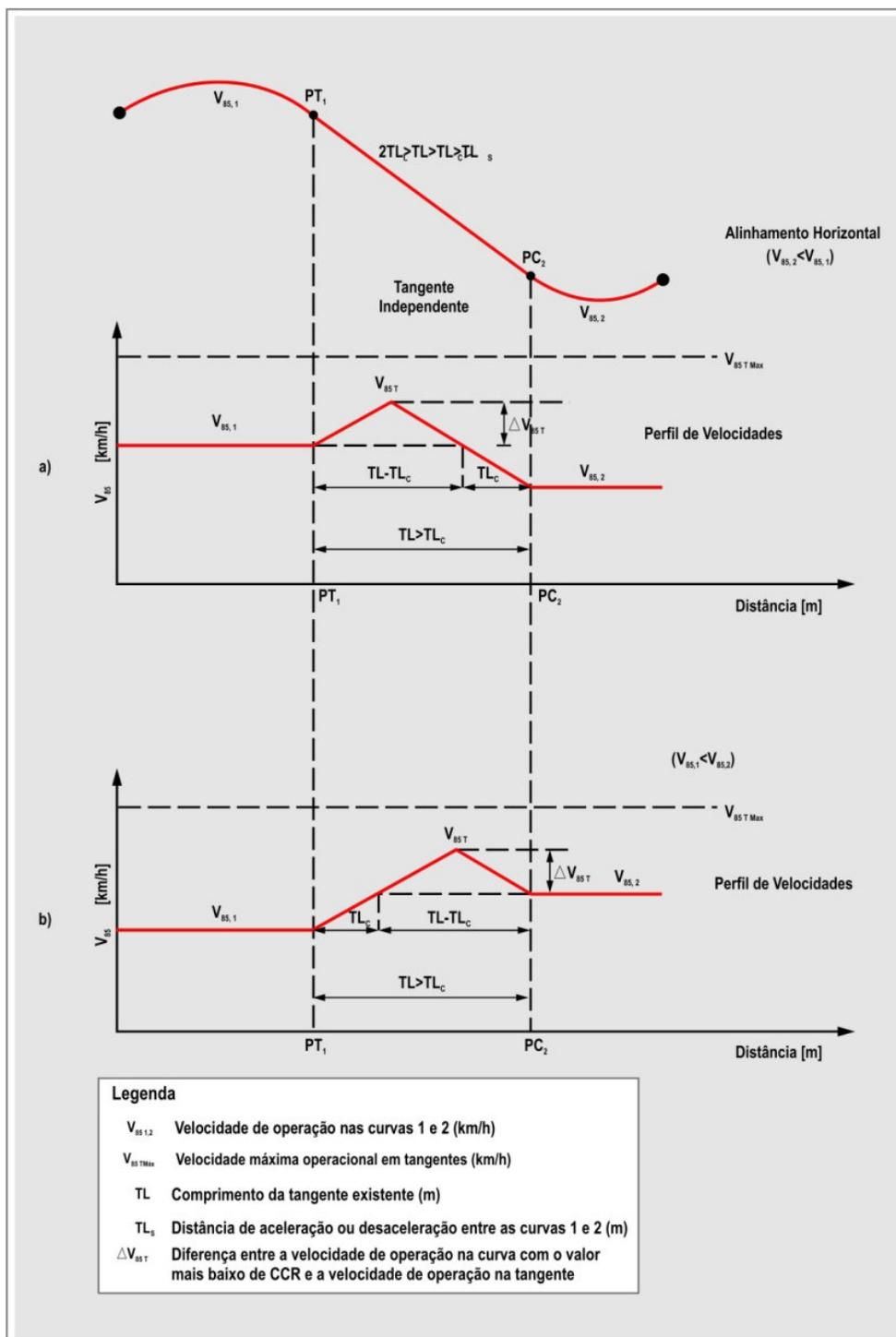


Figura 3.2(c) – Tangente independente, com extensão insuficiente para aceleração

Para cada caso de classificação das tangentes quanto à relação da dependência, conforme as figuras 3.2a, 3.2b e 3.2c, têm-se as equações apresentadas na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Equações para a definição das tangentes

Caso	Condição	Equação
1 (não independente)	$TL \leq TL_S$	$TL_S = \frac{V_{85,1}^2 - V_{85,2}^2}{25,92 \times a}$ $V_{85,1} > V_{85,2}$
2 (independente)	$TL > 2 \times TL$	$TL_L = \frac{V_{85TMAX}^2 - V_{85,2}^2}{25,92 \times a}$ $TL_i = \frac{V_{85TMAX}^2 - V_{85,1}^2}{25,92 \times a}$ $V_{85,1} > V_{85,2}$
3 (independente)	$TL < 2 \times TL$ $TL > TL_C \geq TL_S$	$TL_C = \frac{V_{85,1}^2 - V_{85,2}^2}{25,92 \times a}$ $V_{85T} = V_{85,1} + \Delta V_{85T}$ $\Delta V_{85T} = \frac{-2 \times V_{85,1} + \left[4 \times V_{85,1}^2 + 44,06(TL - TL_C)\right]^{1/2}}{2}$ $V_{85,1} > V_{85,2}$

Fonte: Lamm (1998)

Definidas as tangentes quanto à relação de dependência, é possível calcular as velocidades de operação na tangente, e concluir o perfil de velocidades para o segmento da rodovia.

Nas tangentes independentes, a velocidade máxima de operação é definida pelo modelo de previsão de velocidades, utilizando a taxa de mudança de curvatura (CCR) com valor igual a 0 gon/km.

3.2 CRITÉRIO DE SEGURANÇA I E II

No primeiro critério de segurança, a velocidade de operação (V_{85}) é comparada com a velocidade de projeto da via (Vd) em cada elemento do alinhamento horizontal.

Nas rodovias existentes é muito difícil conhecer a velocidade de projeto para qual a via foi projetada, sendo assim, é possível estabelecer a velocidade de projeto utilizando a taxa média de curvatura da rodovia (\overline{CCR}_s), e aplicando as equações de previsão de velocidades.

Pelo critério II realiza-se a análise da velocidade de operação entre elementos sucessivos do alinhamento, onde um bom balanceamento na seqüência de elementos de projeto promove um projeto consistente.

Os intervalos considerados na avaliação da consistência para os critérios I e II estão apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Critérios para a classificação da consistência do traçado

Critério	Diferenças permitidas Projeto BOM (km/h)	Diferenças Toleradas Projeto RAZOÁVEL (km/h)	Diferenças Não Permitidas Projeto RUIM (km/h)
I	$ V_{85} - Vd \leq 10$	$10 < V_{85} - Vd \leq 20$	$ V_{85} - Vd > 20$
II	$ V_{85i} - V_{85i+1} \leq 10$	$10 < V_{85i} - V_{85i+1} \leq 20$	$ V_{85i} - V_{85i+1} > 20$

Fonte: Lamm (1988)

Onde:

V_{85} = velocidade praticada por até 85% dos motoristas (km/h)

Vd = velocidade de projeto (km/h)

3.3 CRITÉRIO DE SEGURANÇA III

O critério de segurança III, ao contrário dos anteriores, é relacionado aos aspectos dinâmicos do traçado, e compara os coeficientes de atrito lateral assumido e o demandado no traçado.

Para rodovias existentes é recomendada a seguinte equação para estabelecer o coeficiente de atrito lateral assumido:

$$f_{RA} = 0,33 - 2,69 \times 10^{-3} \times Vd + 0,84 \times 10^{-5} (Vd)^2 \quad \mathbf{(3.16)}$$

onde:

f_{RA} = fator de atrito lateral assumido;

Vd = velocidade de projeto, em km/h.

O atual fator de atrito demandado é calculado pela seguinte equação:

$$f_{RD} = \frac{V_{85}^2}{127 \times R} - e \quad \mathbf{(3.17)}$$

onde:

f_{RD} = fator de atrito lateral demandado;

V_{85} = velocidade de operação, em km/h;

R = raio de curvatura, em m;

e = superelevação, em m/m;

Através da diferença entre os fatores de atrito lateral demandado e assumido, é possível avaliar a consistência de acordo com o critério de segurança III, onde os intervalos são:

- bom traçado – $f_{RA} - f_{RD} \geq 0,01$
- traçado fraco – $-0,04 \leq f_{RA} - f_{RD} < 0,01$
- traçado pobre – $f_{RA} - f_{RD} < -0,04$

Também foram estabelecidos os coeficientes de atrito assumido e demandado nas curvas, utilizando o parâmetro de taxa de mudança de curvatura (CCR), contemplando as seguintes equações:

$$f_{RA} = 0,267 - \left(\frac{0,813}{\ln(CCR_S + 40)} \right) \quad (3.18)$$

$$f_{RD} = -2,179 + 0,343 \times -\ln(CCR_S + 600) \quad (3.19)$$

onde:

f_{RA} = fator de atrito lateral assumido;

f_{RD} = fator de atrito lateral demandado;

CCR_S = taxa de mudança de curvatura de uma curva isolada, (gon/km).

A aplicação do critério III está limitada em curvas com CCR até 600 gon/km, ou seja, para curvas muito fechadas, ou relevo montanhoso, o critério III não é aplicado.

3.4 ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA

Os critérios de segurança podem conduzir a diferentes condições de traçado (bom, razoável, ruim) num mesmo segmento em análise, para tanto, o método sugere em caso de empate uma ponderação das classificações encontradas para cada um dos critérios de segurança.

A classificação final dos elementos analisados é determinada pelo critério de desempate apresentado na tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Critérios de desempate

Classificação pelo Critério I	Classificação pelo Critério II	Classificação pelo Critério III	Classificação ponderada
bom	bom	bom	
bom	bom	razoável	bom
bom	bom	ruim	
razoável	razoável	razoável	
razoável	razoável	bom	razoável
razoável	razoável	ruim	
bom	razoável	ruim	
ruim	ruim	ruim	
ruim	ruim	bom	ruim
ruim	ruim	razoável	

Fonte: Lamm (1988)

4 UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA IHSDM

Um dos focos principais da dissertação vem a ser a avaliação da utilização do programa de computador *Interactive Highway Safety Design Model* (IHSDM) versão 2.08, desenvolvido pelo *Federal Highway Administration* (FHWA) em 2004. O IHSDM compõe um conjunto de módulos de análise para determinação da segurança e dos efeitos da operação em um traçado geométrico. O foco dessa versão são as rodovias de pista simples, sendo que a utilização desse programa oferece uma nova ferramenta para o desenvolvimento do projeto de novos traçados e de avaliação de traçados de rodovias existentes.

O IHSDM compreende os seguintes módulos de programas, cada um dos quais avalia o projeto em diferentes perspectivas e estima medidas, descrevendo um aspecto de segurança ou *performance* de operação :

- “Policy Review Module (PRM)” – módulo que analisa os parâmetros de traçado geométrico para os valores críticos recomendados pelo Manual da AASHTO.
- “Crash Prediction Module (CPM)” – módulo que permite as estimativas das frequências e severidades dos acidentes;
- “Design Consistency Module (DCM)” – módulo que trata da consistência do projeto geométrico, e que permite a estimativa das velocidades de operação ao longo da via.
- “Intersection Review Module (IRM)” – módulo que permite a revisão dos elementos geométricos de uma interseção, para um esperado nível de segurança e operação;
- “Traffic Analysis Module (TAM)” – módulo que permite a avaliação do nível de serviço oferecido pela rodovia.

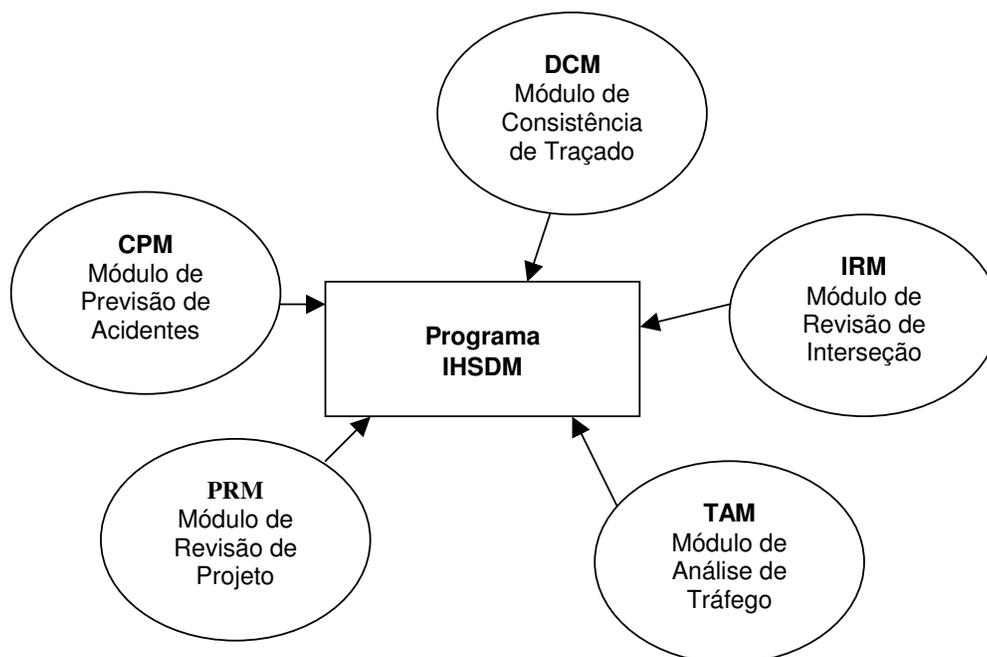


Figura 4.1.– Esquema do programa IHSDM

O módulo DCM do IHSDM considera os aspectos dos alinhamentos horizontal e vertical para análise da segurança relacionada ao traçado da via, conforme estudos elaborados pela Fitzpatrick et al (2000).

4.1 PREVISÃO DE VELOCIDADE

Para análise do traçado são determinadas as velocidades de operação (V_{85}) dos veículos de passeio ao longo da via. O perfil de velocidades é elaborado a partir das velocidades de operação nas curvas (horizontal, vertical e sua combinação), velocidade de fluxo livre na tangente e aceleração e desaceleração nas aproximações de curvas.

Os parâmetros de entrada do módulo são: os alinhamentos horizontal e vertical, velocidade de projeto e a velocidade de fluxo livre na tangente.

Nos estudos elaborados pela Fitzpatrick et al. (2000), as pesquisas de velocidade para determinação da equação de previsão de velocidades, os locais de estudo foram selecionados a partir das seguintes características:

- Curvas entre tangentes, ou em curvas sucessivas;
- No máximo três acessos por quilômetro;
- Largura da faixa de rolamento, de 2,74 até 3,66 m;
- Greides com declividade menor ou igual à 10%;
- Volume diário médio anual com valores entre 500 e 4.000 veículos por dia;
- Limite legal da velocidade, de 75 até 115 km/h.

As análises são baseadas em 176 locais, em seis estados do Estados Unidos, sendo que para cada local, foram pesquisadas as velocidades de fluxo livre para uma amostra de no mínimo 100 veículos de passeio, para cada sentido de tráfego. Assim sendo, foram elaboradas as equações de previsão de velocidades demonstradas na Tabela 4.1.

Como pode-se notar, as equações propostas pela Fitzpatrick et al (2000) foram elaboradas para segmentos específicos, ou seja, para cada combinação de alinhamentos horizontal e vertical existe uma equação de previsão de velocidade.

Tabela 4.1.– Equações de previsão de velocidades para veículos de passeio

Condição de Alinhamento	Equação	Número de Pesquisas	R ²
Curva horizontal Declividade _ -9% ≤ i < -4%	$V_{85} \leq 102,10 - \frac{3077,13}{R}$ (4.1)	21	0,58
Curva horizontal Declividade _ -4% ≤ i < 0%	$V_{85} \leq 105,98 - \frac{3709,90}{R}$ (4.2)	25	0,76
Curva horizontal Declividade _ 0% ≤ i < 4%	$V_{85} \leq 104,82 - \frac{3574,51}{R}$ (4.3)	25	0,76
Curva horizontal Declividade _ 4% ≤ i < 9%	$V_{85} \leq 96,61 - \frac{2752,19}{R}$ (4.4)	23	0,53
Curva horizontal combinada com Curva Vertical côncava	$V_{85} \leq 105,32 - \frac{3468,19}{R}$ (4.5)	25	0,92
Curva horizontal combinada com curva vertical convexa sem limite de distância de visibilidade	(ver nota 2)	13	n / a
Curva horizontal combinada com curva vertical convexa com limite de distância de visibilidade (K ≤ 43 m/%)	$V_{85} \leq 103,24 - \frac{3576,51}{R}$ (4.6) (ver nota 3)	22	0,74
Curva vertical côncava em tangente.	V_{85} = assumir a velocidade de desejo	7	n / a
Curva vertical convexa sem limite de distância de visibilidade em tangente	V_{85} = assumir a velocidade de desejo	6	n / a
Curva vertical convexa com limite de distância de visibilidade (K ≤ 43 m/%) em tangente	$V_{85} \leq 105,08 - \frac{149,69}{K}$ (4.7)	9	0,60

Notas:

- 1 – Número da equação para condição de alinhamento horizontal e vertical;
- 2 – Utilizar a menor velocidade das equações 1 e 2 (declive), e equações 3 e 4 (aclive);
- 3 – Em complementação, pode ser utilizada a menor velocidade das equações 1 e 2 (declive), e equações 3 e 4 (aclive).

Fonte: Fitzpatrick (2000)

Nos casos estudados com curva espiral, as velocidades medidas foram similares aos locais sem curva espiral, portanto os efeitos das curvas espirais foram eliminados dos

estudos. Também foram excluídas as equações para veículos comerciais, pela amostra pouco significativa obtida nas pesquisas, porém, a análise de consistência é baseada no perfil de velocidades de veículos de passeio.

Conclui-se que a velocidade de operação em longas tangentes é definida pela combinação da região do país e a declividade do greide.

Nesses estudos, a melhor variável independente nas regressões foi o inverso do raio de curvatura. Para curvas com raios menores que 800 m, as velocidades praticadas pelos motoristas são inferiores às das tangentes, e para raios menores que 250 m, as velocidades de operação sofrem uma forte redução.

Em locais com distância de visibilidade reduzida, a melhor variável independente foi o inverso da taxa de curvatura ($1/K$). Para curvas côncavas em tangentes, as velocidades praticadas são iguais às velocidades de fluxo livre do motorista.

Os estudos indicam uma velocidade máxima de 100 km/h nas tangentes e curvas, para ser adotada como velocidade de fluxo livre na tangente.

Fitzpatrick (2000), a partir das regressões para determinação das equações de previsão de velocidades, concluiu que para curvas com raios menores de 80 m, deve-se adotar uma velocidade de 60 km/h nessas curvas.

4.2 PERFIL DE VELOCIDADES

Na determinação da aceleração e desaceleração antes e após as curvas horizontais, foram medidos e analisados 21 locais nos Estados Unidos. Novos modelos de equação de previsão foram desenvolvidos para se considerar o efeito do raio de curvatura nas taxas de aceleração e desaceleração.

Os modelos foram baseados nas máximas taxas de aceleração e desaceleração observadas em campo, resultando em três intervalos para determinação da taxa de

desaceleração, sendo uma taxa para raios menores de 175 m, uma equação de previsão de taxa de desaceleração para raios entre 175 e 436 m, e outra taxa para raios maiores de 436 m. Na tabela 4.2. apresentam-se valores de aceleração e desaceleração para combinações específicas de alinhamentos horizontal e vertical.

Tabela 4.2.– Taxas de aceleração e desaceleração

Taxa de desaceleração d (m/s ²)		Condições de alinhamento	Taxa de aceleração a (m/s ²)	
Raio, R (m)	d		Raio, R (m)	a
$R \geq 436$	0,00	Curva horizontal com declividade: $-9\% \leq i < 9\%$	$R > 875$	0,00
$175 \leq R < 436$	$0,6794 \times \frac{295,14}{R}$		$436 < R \leq 875$	0,21
			$250 < R \leq 436$	0,43
$R < 175$	1,00		$175 < R \leq 250$	0,54
1,00		Curva horizontal combinada com curva vertical côncava	0,54	
Usar as taxas para as condições de alinhamento com curva horizontal com declividade: $-9\% \leq i < 9\%$		Curva horizontal combinada com curva vertical sem limite de distância de visibilidade	Usar as taxas para as condições de alinhamento com curva horizontal com declividade: $-9\% \leq i < 9\%$	
1,00		Curva horizontal combinada com curva vertical com limite de distância de visibilidade ($K \leq 43,0$ m/%)	0,54	
n/a		Curva vertical côncava em tangente	n/a	
n/a		Curva vertical sem limite de distância de visibilidade em tangente horizontal	n/a	
1,00		Curva vertical com limite de distância de visibilidade em tangente horizontal ($K \leq 43,0$ m/%)	0,54	

Fonte: Fitzpatrick (2000)

Na elaboração do perfil de velocidades, após a determinação dos valores de velocidade para cada curva horizontal, é necessário classificar as tangentes segundo critérios de dependência para a estimativa das velocidades reais possíveis de serem praticadas nas tangentes, conforme se deve observar nas considerações apresentadas nas figuras 4.1a e 4.1b.

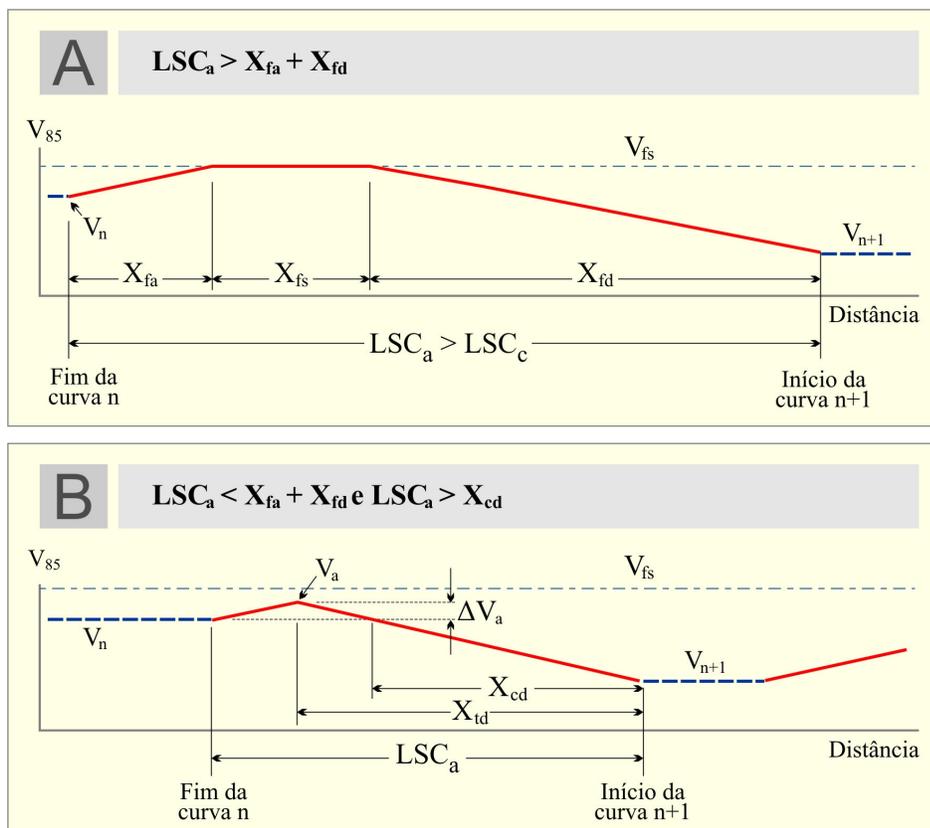


Figura 4.1(a) – Tangentes independentes

As equações para determinar as distâncias de aceleração e desaceleração, e a velocidade de operação máxima na tangente são apresentadas a seguir:

$$LSC_c = \frac{2 \times V_{fs}^2 - V_n^2 - V_{n+1}^2}{25,92 \times d} \quad (4.8)$$

$$X_{fd} = \frac{V_{fs}^2 - V_{n+1}^2}{25,92 \times d} \quad (4.9)$$

$$X_{cd} = \frac{V_n^2 - V_{n+1}^2}{25,92 \times d} \quad (4.10)$$

$$X_{ca} = \frac{V_{n+1}^2 - V_n^2}{25,92 \times a} \quad (4.11)$$

$$X_{fa} = \frac{V_{fs}^2 - V_n^2}{25,92 \times a} \quad (4.12)$$

$$X_{fs} = LSC_a - X_{fd} - X_{fa} \quad (4.13)$$

$$X_{td} = \frac{V_a^2 - V_{n+1}^2}{25,92 \times d} \quad (4.14)$$

$$V_a = V_n + dV_a \quad (4.15)$$

Nota: Quando estiver calculando V_a , a curva com maior raio deverá ser utilizada.

$$dV_a = \frac{-2 \times V_n + [4 \times V_n^2 + 44,06 \times (LSC_a - X_{cd})]^{1/2}}{2} \quad (4.16)$$

$$V_{n+1}^a = V_n + a \times (LSC_a) \quad (4.17)$$

Onde,

V_{fs} = Velocidade operacional ao longo da tangente (km/h);

V_n = Velocidade operacional na curva de número "n" (km/h);

V_{n+1} = Velocidade operacional na curva de número "n+1" (km/h);

V_{n+1}^a = Velocidade operacional na curva de número "n+1" (km/h), em função de uma taxa de aceleração assumida;

V_a = Velocidade máxima entre duas curvas na condição B, km/h;

dV_a = Diferença de velocidades entre curvas na condição B, km/h;;

d = Taxa de desaceleração, (m/s²);

- a = Taxa de aceleração, (m/s^2);
- LSC_c = Comprimento crítico para acomodar toda aceleração, (m);
- LSC_a = Comprimento para mudança de velocidades, (m);
- X_{fd} = Comprimento necessário para desacelerar da velocidade de fluxo livre até a curva “n+1”, (m);
- X_{cd} = Comprimento necessário para desacelerar da curva “n” até a curva “n+1”, (m);
- X_{td} = Comprimento necessário para desacelerar da velocidade V_a até a curva “n+1”, (m);
- X_{fa} = Comprimento necessário para acelerar da curva “n” até a velocidade de fluxo livre; (m);
- X_{ca} = Comprimento necessário para acelerar da curva “n” até a curva “n+1”, (m);
- X_{fs} = Comprimento entre duas curvas com velocidade de fluxo livre da tangente, (m);

4.3 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO

Baseado nos estudos de Lamm et al (1998), para análise da consistência do traçado, no programa IHSDM em seu módulo DCM, são determinadas as variações de velocidades em dois critérios, sendo o primeiro critério baseado na diferença entre as velocidades de operação e de projeto ao longo da via, e o segundo critério avaliando as diferenças de velocidade de operação entre tangente e curva do alinhamento horizontal, por sentido de tráfego.

Portanto, o traçado é classificado em função das diferenças de velocidades, de acordo com os seguintes critérios a seguir:

Tabela 4.3 – Classificação da consistência do traçado

Critério	Diferenças permitidas Projeto BOM (km/h)	Diferenças Toleradas Projeto RAZOÁVEL (km/h)	Diferenças Não Permitidas Projeto RUIM (km/h)
I	$V_{85} - V_d \leq 10$	$10 < V_{85} - V_d \leq 20$	$V_{85} - V_d > 20$
II	$V_{85TMÁX} - V_{85} \leq 10$	$10 < V_{85TMÁX} - V_{85} \leq 20$	$V_{85TMÁX} - V_{85} > 20$

Fonte: Fitzpatrick (2000)

4.4 RELAÇÃO ENTRE CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO E SEGURANÇA

Para definição da relação entre acidentes e consistência de traçado, foram elaborados estudos por Fitzpatrick et al. (2000) para avaliar os índices de acidentes para cada classificação de traçado.

Os dados utilizados para a pesquisa foram obtidos do banco de dados do FHWA, *Highway Safety Information System* (HSIS) para manutenção de rodovias de pista simples do estado de Washington nos Estados Unidos. Foram estabelecidos trechos de rodovias de pista simples bidirecional com 6,4 km até 32 km, velocidade regulamentada de 88,5 km/h ou superior e eliminação de segmentos que possam influenciar a análise, resultando em 291 rodovias sem interseções. Foram pesquisados os acidentes ocorridos entre 1993 e 1995, que envolveram:

- 1 – Veículo que saiu da via;
- 2 – Colisão entre veículos circulando em sentidos opostos;
- 3 – Colisão entre veículos circulando no mesmo sentido.

Todos os acidentes envolvendo estacionamento, conversão, ultrapassagem, atropelamento, bicicletas e motocicletas foram excluídos.

Com relação às medidas de consistência de traçado, quatro delas têm uma relação com a frequência de acidentes e poderão ser utilizadas para metodologia de consistência de traçado, quais sejam:

- Previsão da redução de velocidade pelos motoristas para curva horizontal;
- Taxa do raio da curva horizontal pela média dos raios no trecho da rodovia;
- Taxa média de curvatura vertical para a rodovia;
- Taxa média do raio de curvatura horizontal para a rodovia.

Dessas medidas, a redução de velocidade tem a melhor relação com a frequência de acidentes, conforme tabela a seguir.

Tabela 4.4 – Taxa de acidentes para curvas horizontais

Medida de Segurança		Número de curvas horizontais	Frequência de acidentes em 03 anos	Exposição (10 ⁶ veic/km)	Taxa de acidentes (acid./10 ⁶ veic/km)
Boa	$\Delta V_{85} \leq 10 \text{ km/h}$	4.518	1.483	3.206,06	0,46
Pouca	$20 \text{ km/h} \leq \Delta V_{85} < 10 \text{ km/h}$	622	217	150,46	1,44
Pobre	$\Delta V_{85} > 20 \text{ km/h}$	147	47	17,05	2,76
Combinado		5.287	1.747	3.373,57	0,52

ΔV_{85} = Diferença da velocidade operacional entre dois sucessivos elementos geométricos

Fonte: Fitzpatrick et al. (2000)

5 ESTUDOS DE CASO

O objetivo principal deste capítulo é verificar a metodologia de avaliação de consistência em um segmento rodoviário, para a adequação das hipóteses consideradas e também para análise de sensibilidade em relação aos parâmetros considerados na formulação dos modelos analisados nos capítulos anteriores.

Para permitir a comparação dos procedimentos em discussão, foi realizada análise da consistência do traçado em duas rodovias, sendo a primeira a SP-99 (Paraibuna – Caraguatatuba), entre os kms 64 e 83, e a segunda a SP-98 (Mogi das Cruzes - Bertioga), entre os kms 63 e 78, ambas localizadas no estado de São Paulo conforme figura a seguir.

A primeira rodovia atravessa trechos bem distintos sob o ponto de vista topográfico, tendo o segmento inicial características de planalto, e o trecho subsequente de serra, com curvas mais acentuadas. Na segunda rodovia, buscou-se analisar o trecho inicial em planalto.



Figura 5.1 – Mapa de localização das Rodovias SP-98 e SP-99

5.1 PESQUISA DE VELOCIDADES

Com o objetivo de comparar as velocidades praticadas nas condições brasileiras, com as velocidades determinadas pelas equações de previsão do Lamm et al. (1998) e Fitzpatrick et al. (2000), ambas para as condições de outros países, foram elaboradas pesquisas de velocidades na Rodovia dos Tamoios (SP-99), no período de março e abril de 2007, seguindo as diretrizes abaixo:

- Curvas entre tangentes, ou em curvas sucessivas;
- Sem interferência de acessos ou interseções;
- Sem obstáculos próximos a via, o que acarretaria diminuição da velocidade;
- Greides com declividade menor ou igual a 6%;
- Volume diário médio anual de 12.000 veículos por dia;
- Largura da faixa de rolamento igual a 3,60 m.

Outro aspecto considerado foi o tamanho da amostra pesquisada nos locais, adotando-se um mínimo de 100 observações por local, conforme preconizado em outros estudos (Fitzpatrick et al 2000).

Também adotou-se um intervalo mínimo de 3 segundos entre veículos, com a finalidade de desconsiderar no estudo, os veículos que trafegam em pelotão, analisando-se somente os veículos que trafegam em velocidade de fluxo livre.

5.1.1 Equipamento para Realização de Medições

Na pesquisa de velocidades foi utilizado o contador portátil da Nu-Metrics, modelo NC-97, que utiliza um sensor magnético para detectar a passagem dos veículos.

O equipamento consiste em uma unidade tipo “placa”, com as seguintes dimensões: largura = 16,5 cm; comprimento = 14,0 cm; altura = 1,6 cm, fixados no pavimento

através de parafusos aplicados por pressão, conforme figura a seguir. Velocidade, intervalo entre veículos e comprimento de cada veículo que passa sobre ou junto à placa são obtidos com base na tecnologia IMV (Imagem Magnética do Veículo), que determina a interferência que a massa do veículo exerce no campo magnético terrestre.



Figura 5.2 – Vista do contador portátil

A escolha do aparelho foi baseada na vantagem de não se interferir com o tráfego da rodovia, obtendo as velocidades praticadas pelos motoristas em situação real de tráfego. A utilização de radares móveis poderia ocasionar uma situação em que os motoristas trafegassem na velocidade regulamentada, para o segmento estudado.

5.1.2 Determinação dos Locais das Pesquisas

Através dos estudos elaborados pela Fitzpatrick (2000), com o objetivo de escolher os locais a serem pesquisados, foram definidos quatro intervalos de raios de curvatura a serem pesquisados, conforme Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Distribuição dos intervalos de raio de curvatura

Alinhamento Horizontal				
Raio de Curvatura (m)				
<119	120 - 219	220 - 399	> 400	Total
7	3	2	2	14

Seguindo as diretrizes e a distribuição de raios de curvatura a serem pesquisados, foram escolhidos catorze curvas e uma tangente para o presente estudo, sendo que, para cada local foram obtidos os valores de raio de curvatura, superelevação, declividade do greide e velocidade. A descrição dos locais pesquisados é apresentada na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Descrição dos locais pesquisados na Rodovia SP-99

Curva	km	Raio de Curvatura (m)	Greide (%)	Superelevação (%)
01	65,5	615	1,25	2,0
02	66,3	410	1,63	2,0
03	68,4	185	2,55	5,5
04	69,2	120	3,80	6,0
05	69,5	50	6,00	5,0
06	70,0	56	5,22	7,5
07	77,9	143	5,90	6,0
08	80,2	226	6,00	6,5
09	67,6	360	2,25	5,5
10	68,6	85	4,25	3,0
11	68,7	70	2,20	6,0
12	70,5	90	4,06	5,0
13	72,1	77	4,85	8,0
14	72,3	75	4,27	6,2
Tangente	65,0	-	6,00	2,0

Como se trata de rodovia restaurada pelo Programa de Recuperação de Rodovias do BID, foram consideradas boas as condições da sinalização horizontal e vertical, bem como as condições do pavimento e do acostamento, não ocasionando, portanto, portanto, interferência nas velocidades praticadas dos usuários.

Os contadores foram implantados em cada local, no período mínimo de 2 horas, para obter uma amostra com mais de cem veículos em condições de fluxo livre, sendo dispostos no meio do segmento de desenvolvimento de cada curva, e no centro das faixas de tráfego para cada sentido, conforme ilustrado a seguir:

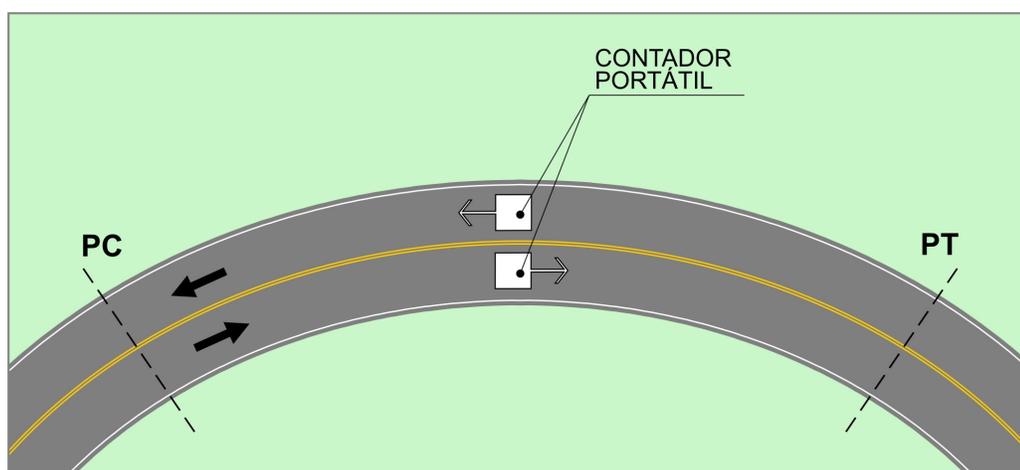


Figura 5.3 – Disposição do contador na curva pesquisada

A disposição do contador no centro de cada curva assemelha-se aos estudos elaborados pelo Lamm (1998) e a Fitzpatrick (2000) nas pesquisas de velocidades em curvas.

5.1.3 Dados de Velocidade

Através das pesquisas de velocidade com o contador portátil, foram analisados os dados obtidos para cada seção. Primeiramente, foram eliminados dos estudos os veículos comerciais, admitindo-se que os veículos com comprimento inferior ou igual a 5 m fossem classificados como veículos de passeio. Posteriormente desconsideraram-se os veículos em pelotão, que apresentavam um intervalo em relação ao veículo anterior de até 3 segundos.

Para cada seção estudada determinou-se uma curva de distribuição de frequência acumulada de velocidades, estando indicado o 85º percentil da distribuição de velocidades observadas para cada curva. A seguir, apresenta-se uma das curvas pesquisadas, e no anexo estão apresentadas todas as curvas.

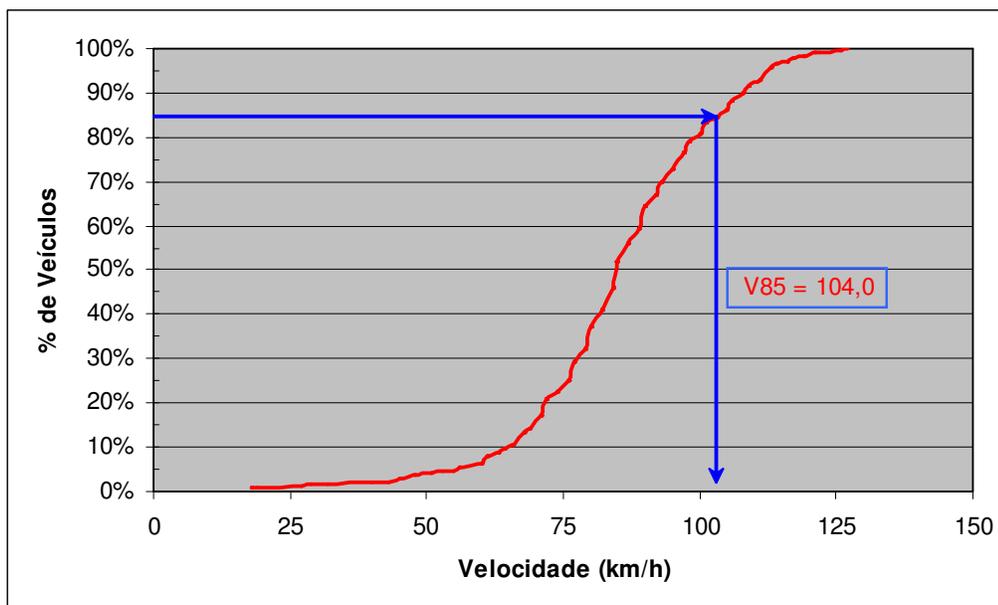


Figura 5.4 – Distribuição de Velocidades na Curva 1

Na tabela 5.3 são apresentados os dados obtidos em cada um dos locais pesquisados na Rodovia dos Tamoios (SP-99), sendo que, para cada uma das seções, são discriminadas a taxa de mudança de curvatura, veículos considerados no estudo, e velocidades de operação máxima, mínima e média, para cada curva por sentido.

Tabela 5.3 – Valores obtidos para cada curva por sentido na rodovia SP-99

CURVA	Sentido	CCRs (gon/km)	Veículos observados	V₈₅ (km/h)	V_{média} (km/h)	V_{máx} (km/h)	V_{mín} (km/h)
1	litoral	103	400	104,00	85,56	127,00	18,00
1	interior	104	268	100,50	84,98	124,00	19,00
2	litoral	156	387	96,00	80,47	158,00	19,00
3	litoral	341	402	80,00	70,13	114,00	21,00
3	interior	348	111	79,50	69,34	108,00	34,00
4	interior	523	122	78,00	61,27	142,00	10,00
5	litoral	1320	248	56,00	48,20	98,00	19,00
5	interior	1231	239	62,00	53,82	85,00	18,00
6	litoral	1174	397	57,00	50,68	109,00	21,00
6	interior	1103	104	56,50	49,06	134,00	23,00
7	litoral	451	395	71,50	59,67	127,00	10,00
7	interior	440	265	70,00	60,75	97,00	27,00
8	litoral	283	389	78,50	68,17	117,00	10,00
8	interior	279	145	74,50	61,52	122,00	19,00
9	litoral	178	254	89,50	71,57	127,00	18,00
9	interior	176	271	96,50	83,34	124,00	18,00
10	litoral	766	193	76,00	65,15	174,00	18,00
10	interior	734	342	68,50	60,72	155,00	18,00
11	litoral	887	429	62,50	54,68	121,00	18,00
11	interior	934	127	69,00	67,04	111,00	23,00
12	litoral	722	163	73,00	54,19	124,00	26,00
12	interior	694	213	63,50	54,16	82,00	18,00
13	litoral	803	294	55,00	46,82	162,00	10,00
13	interior	841	392	65,50	55,81	157,00	10,00
14	litoral	829	365	64,00	56,29	111,00	10,00
14	interior	870	454	72,00	60,60	135,00	10,00
Tangente	litoral	0	978	93,00	78,60	136,00	10,00
Tangente	interior	0	1.288	105,00	87,30	147,00	18,00

5.2 MODELO DE PREVISÃO DE VELOCIDADES

A partir dos dados obtidos em campo para cada seção, buscou-se relacionar através de uma regressão, as velocidades de operação praticadas pelos motoristas com as taxas de mudança de curvatura, para a rodovia estudada, conforme figura abaixo.

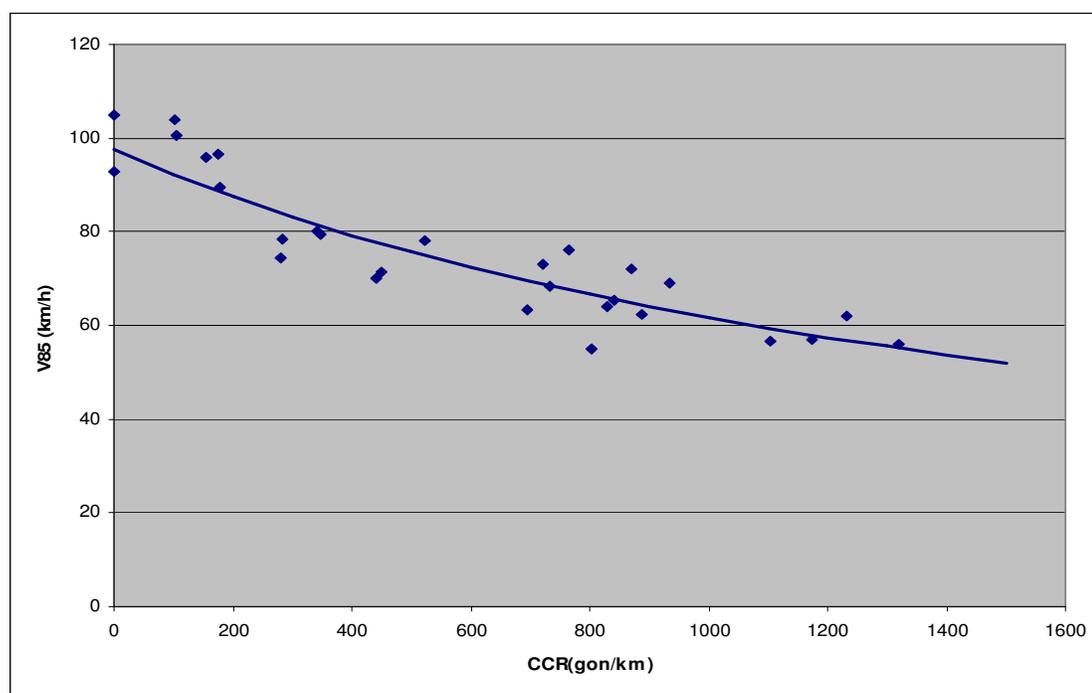


Figura 5.5 – Velocidade de operação em função do CCR

A seguir é apresentada a equação encontrada a partir da linha de tendência, que relaciona as velocidade de operação e as taxas de curvatura para cada curva estudada.

$$V_{85} = \frac{10^6}{10.238 + 5,9754 \times CCR_s} \quad (5.1)$$

$$R^2 = 0,8132$$

A equação desenvolvida no presente estudo foi baseada em pesquisas de velocidades na Rodovia dos Tamoios (SP-99), sendo a equação obtida válida apenas para o caso específico do segmento rodoviário selecionado.

Com a finalidade de se obter uma equação que represente as condições em outras rodovias, foram adicionados os dados de velocidades pesquisadas no estado de São Paulo. Na tabela 5.4 são apresentados os dados da pesquisa de velocidade elaborada pela Tsu (2003) na rodovia SP-55, no trecho entre os kms 241,51 e 220,37.

Tabela 5.4 – Valores obtidos na pesquisa da Rodovia SP-55

CURVA	Sentido	Raio de Curvatura (m)	CCR_s (gon/km)	Veículos observados	V₈₅ (km/h)
1	Rio/Santos	230,00	277	397	90,00
1	Santos/Rio	230,00	277	387	87,00
2	Rio/Santos	245,00	260	244	99,00
2	Santos/Rio	245,00	260	489	82,00
3	Rio/Santos	495,00	129	503	93,00
3	Santos/Rio	495,00	129	438	97,00
4	Rio/Santos	144,00	442	423	82,00
4	Santos/Rio	144,00	442	433	77,00
5	Rio/Santos	312,00	204	409	93,00
5	Santos/Rio	312,00	204	549	97,00
6	Rio/Santos	288,00	221	367	92,00
6	Santos/Rio	288,00	221	528	97,00
7	Rio/Santos	250,50	254	555	97,00
7	Santos/Rio	250,50	254	463	95,00
8	Rio/Santos	400,00	159	521	98,00
8	Santos/Rio	400,00	159	409	90,00

Fonte: Tsu (2003)

Também foram incluídas as pesquisas de velocidade elaboradas pela Osório (2000) na rodovia SP-360, entre Jundiaí e Morungaba. Ambas rodovias estão atualmente sob jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP). As velocidades de operação (V_{85}), raio de curvatura e taxas de mudança de curvatura dos estudos, são apresentadas na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Valores obtidos na pesquisa da Rodovia SP-360

CURVA	km	Raio de Curvatura (m)	CCR_s (gon/km)	Veículos observados	V₈₅ (km/h)
1	km 65,8	190,98	334	129	90,00
2	km 68,2	1011,12	63	151	93,00
3	km 68,8	435,20	146	135	95,00
4	km 74,2	480,00	133	119	89,00
5	km 75,3	400,00	159	340	89,00
6	km 75,8	190,98	334	353	87,00
7	km 78,0	200,00	319	119	87,00
8	km 78,9	300,00	212	299	90,00
9	km 100,8	170,00	375	80	97,00
10	km 101,0	140,00	455	143	82,00
11	km 101,2	150,00	425	150	79,00
12	km 101,4	230,00	277	127	101,00
13	km 107,6	114,63	556	170	79,00
14	km 110,1	119,92	531	166	84,00

Fonte: Osorio (2000)

Tendo sido adicionadas as pesquisas de velocidades de Tsu (2003) e Osório (2000), buscou-se obter uma expressão a partir de uma regressão, capaz de relacionar as velocidades de operação (V_{85}) com as taxas de mudança de curvatura (CCRs). Na figura a seguir é apresentada a linha de tendência que melhor representa as dados obtidos.

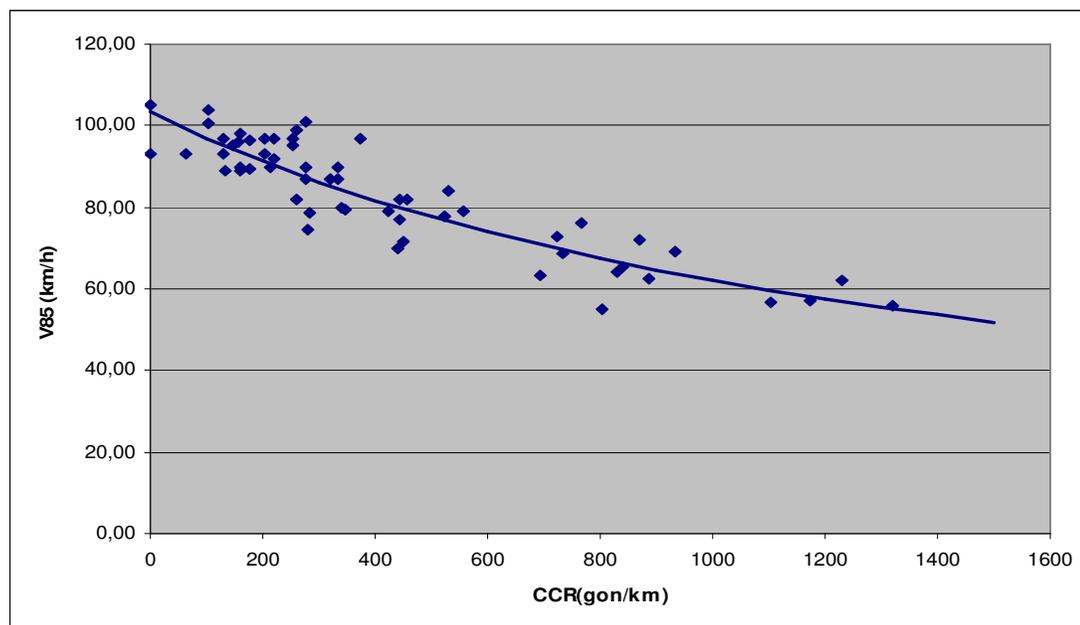


Figura 5.6 – Velocidade de operação em função do CCR

Tendo em vista a combinação dos dados de velocidade das três rodovias, é apresentada a equação que correlaciona as velocidade de operação e as taxas de curvatura.

$$V_{85} = \frac{10^6}{9.672,2 + 6,4135 \times CCR_s} \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0,8232$$

A maioria das equações de previsão de velocidade foi elaborada em função do alinhamento horizontal, e para diferentes velocidades de projeto, com exceção dos estudos de Fitzpatrick (2000) que considera as combinações do alinhamento horizontal e vertical. Visando uma comparação da equação 5.2, indicada acima com as equações de Lamm (1998) e Fitzpatrick (2000), é apresentada na Figura 5.7. Para a equação do IHSDM foi escolhida a equação 4.3 para declividades de 0% a 4%, e do Lamm foram escolhidas as equações baseadas em estudos nos Estados Unidos (equação 3.5) e na Alemanha (equação 3.8).

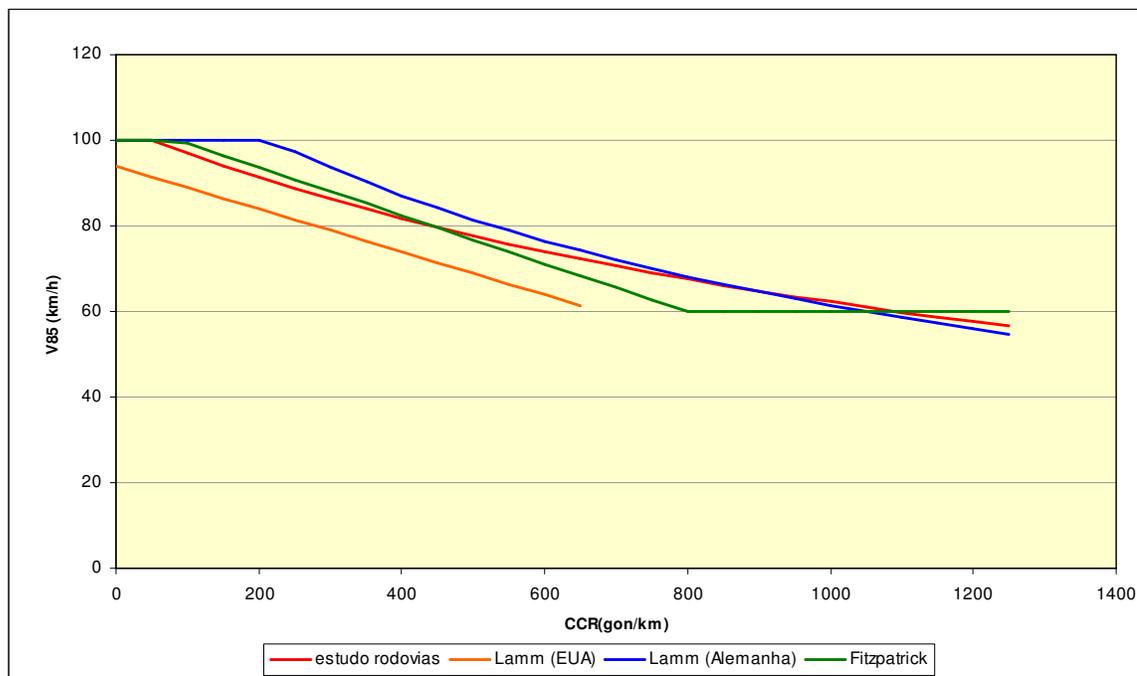


Figura 5.7 – Comparação entre as equações de previsão de velocidade em função do CCR

Através das equações de previsão de velocidades do programa IHSDM, pode-se notar que para CCR até 650 gon/km, ou seja, raios de curvatura maiores de 100 m, as velocidades praticadas pelos motoristas, nas condições das rodovias pesquisadas, são semelhantes às velocidades estimadas pela equação de Fitzpatrick (2000). Porém, nas situações com CCR maiores de 650 gon/km, ou seja, rodovias com raios menores de 100 m, as velocidades pesquisadas estão mais próximas da equação elaborada por Lamm (1998) na Alemanha.

5.3 ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DE TRAÇADO

Para ambos os procedimentos de análise, foi necessário o levantamento das características do alinhamento horizontal, sendo elaboradas tabelas com os principais parâmetros (coordenadas dos pontos de concordância, pontos de tangência e raios de curvatura), apresentados em anexo. Na análise do programa IHSDM, foi necessário completar o levantamento com as características do alinhamento vertical.

Em seguida, foi necessária a determinação das velocidades de projeto para as rodovias em estudo, porém, não houve possibilidade de se consultar os projetos utilizados na construção das mesmas. Para tanto, Lamm et al (1998) propõe uma metodologia para esses casos, a partir do cálculo da média ponderada das Taxas de Mudança de Curvatura (\overline{CCR}) do alinhamento horizontal, e em seguida utilizando a equação de previsão de velocidades, são definidas as velocidades de projeto para as rodovias. Porém, existe a ressalva quando à confiabilidade de utilização desta velocidade de projeto, uma vez que não sendo conhecidas com detalhes as taxas de superelevação das curvas da via, assume-se indiretamente que as mesmas atendam aos critérios de projeto.

Utilizando a equação de previsão de velocidades proposta por Lamm et al (1998) na Alemanha (equação 3.8), e determinadas as taxas médias de mudança de curvatura para cada rodovia, foram calculadas as seguintes velocidades de projeto, mostradas na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Determinação das velocidades de projeto

Rodovia	Trecho	\overline{CCR} (gon/km)	Velocidade de Projeto calculada Vd	Velocidade de Projeto utilizada Vd
SP-98	km 63,4 – km 77,5	391	88 km/h	90 km/h
SP-99	km 80,4 – km 92,5	834	67 km/h	70 km/h

5.3.1 Análise pelos Critérios de Segurança

No método proposto por Lamm et al. (1998), inicialmente foram determinadas as taxas de mudança de curvatura (CCRs) para cada curva isoladamente, com base nos elementos geométricos. Para a determinação das velocidades de operação (V_{85}) de cada uma das curvas da rodovia, foi utilizada a equação 3.8 de previsão de velocidade proposta por Lamm (1998) na Alemanha.

A escolha desta equação de previsão de velocidades foi baseada nos estudos de Lamm (1998), para valores de CCR maiores que 700 gon/km, ou seja, raios menores de 91 m.

Para valores de CCR menores que 200 gon/km, ou seja, raios maiores que 318,50 m, adotou-se a velocidade de 100 km/h.

Ainda conforme o critério de análise, as tangentes foram classificadas em independente ou dependente, e também foram calculadas as distâncias de aceleração e desaceleração entre as curvas. Nas tangentes independentes do caso 2, conforme demonstrado na figura 3.2(b), foi adotada a velocidade de operação de 100 km/h.

Seguindo o critério de segurança I, as velocidades de operação nas curvas foram comparadas com as velocidades de projeto calculadas anteriormente, e conforme o critério de análise, classificadas em bom, regular e ruim. A seguir, são apresentadas as análises pelo critério de segurança I nas figuras 5.8 e 5.9 para cada rodovia estudada.

Através das velocidades de operação nas curvas e a determinação das velocidades nas tangentes e em curvas sucessivas, foram calculadas as diferenças de velocidades de operação (V_{85}) em segmentos sucessivos, e posteriormente classificadas em bom, razoável e ruim. Os resultados da análise são apresentados nas figuras 5.10 e 5.11.

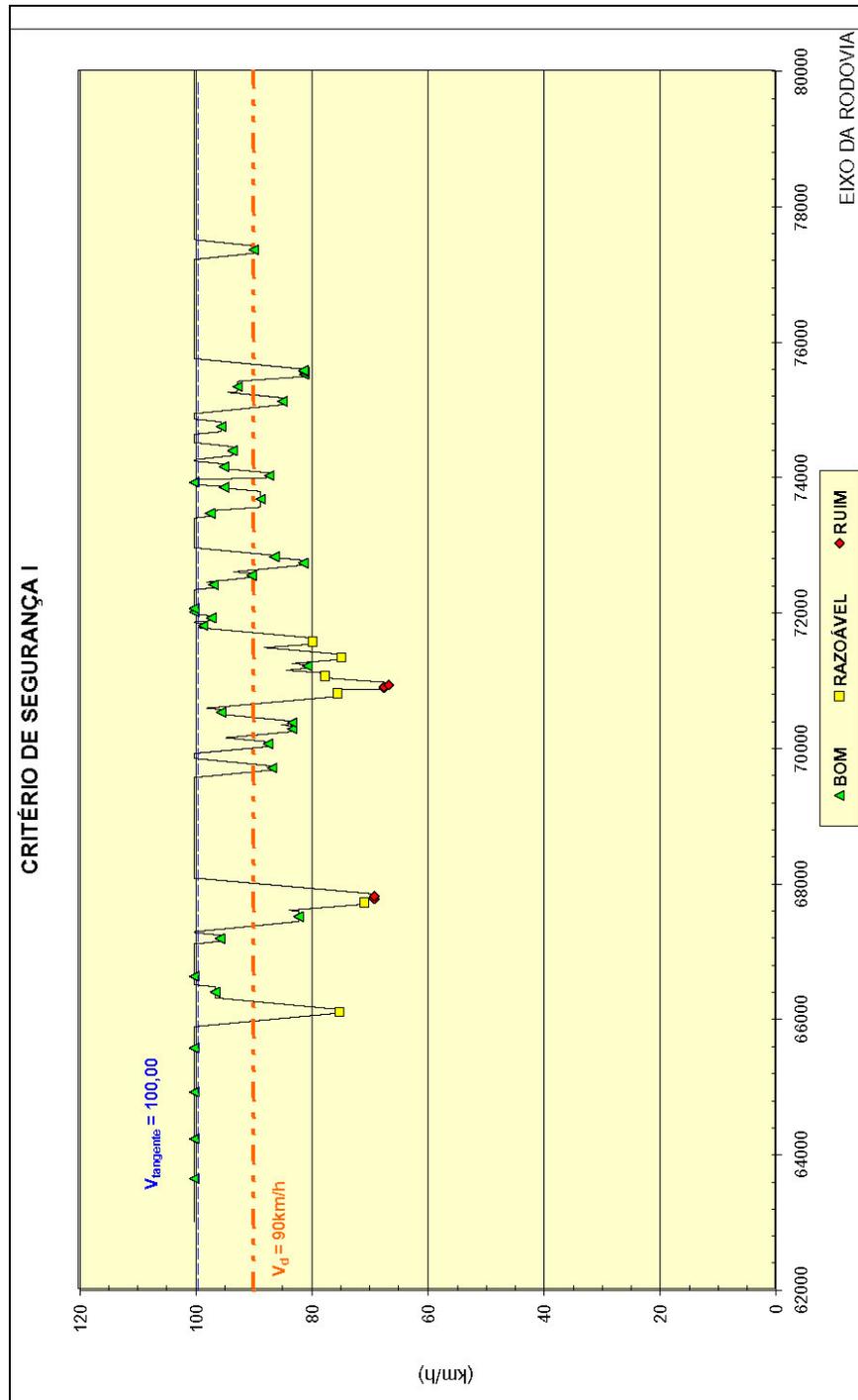


Figura 5.8 – Análise da SP-98 pelo Critério I

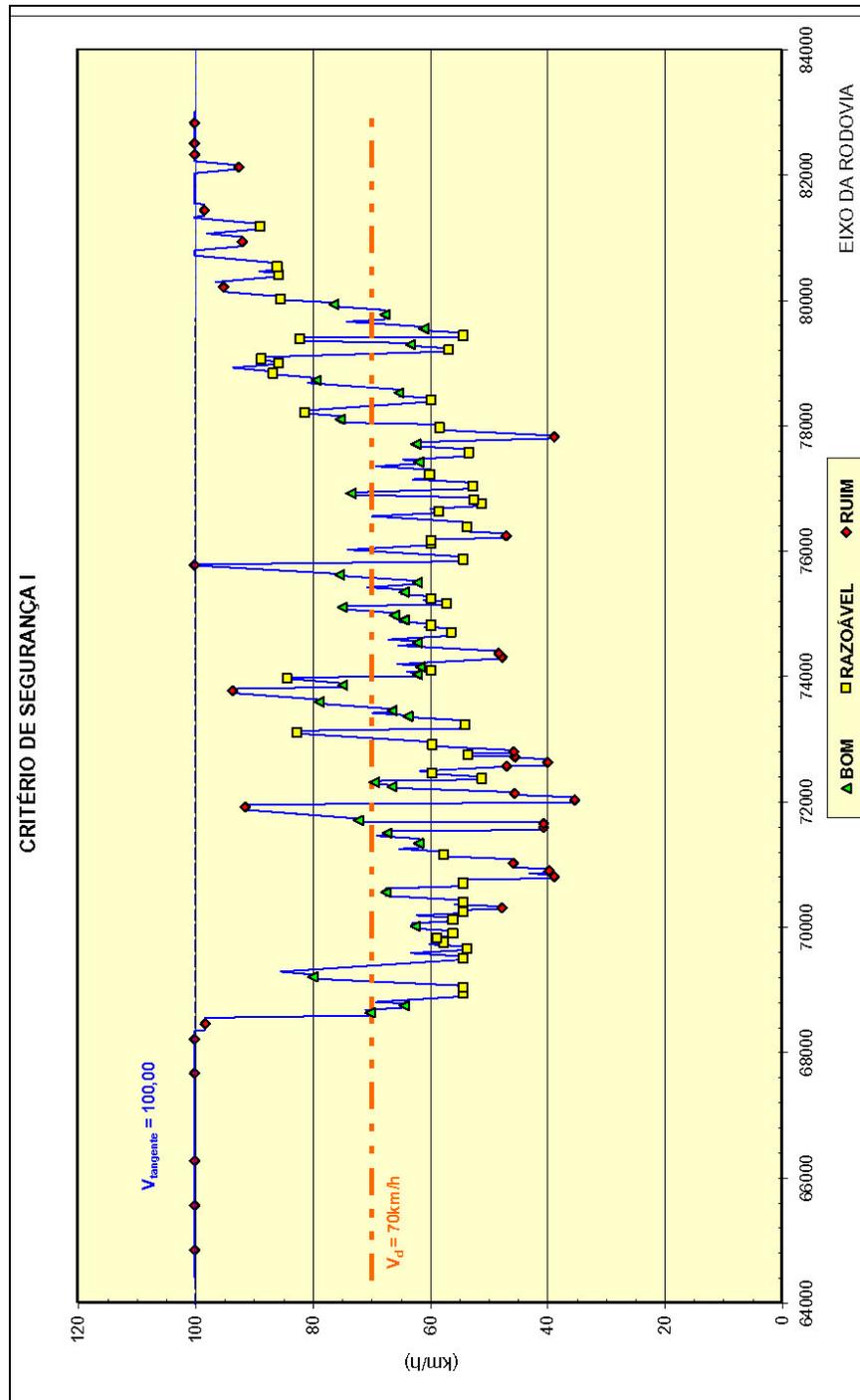


Figura 5.9 – Análise da SP-99 pelo Critério I

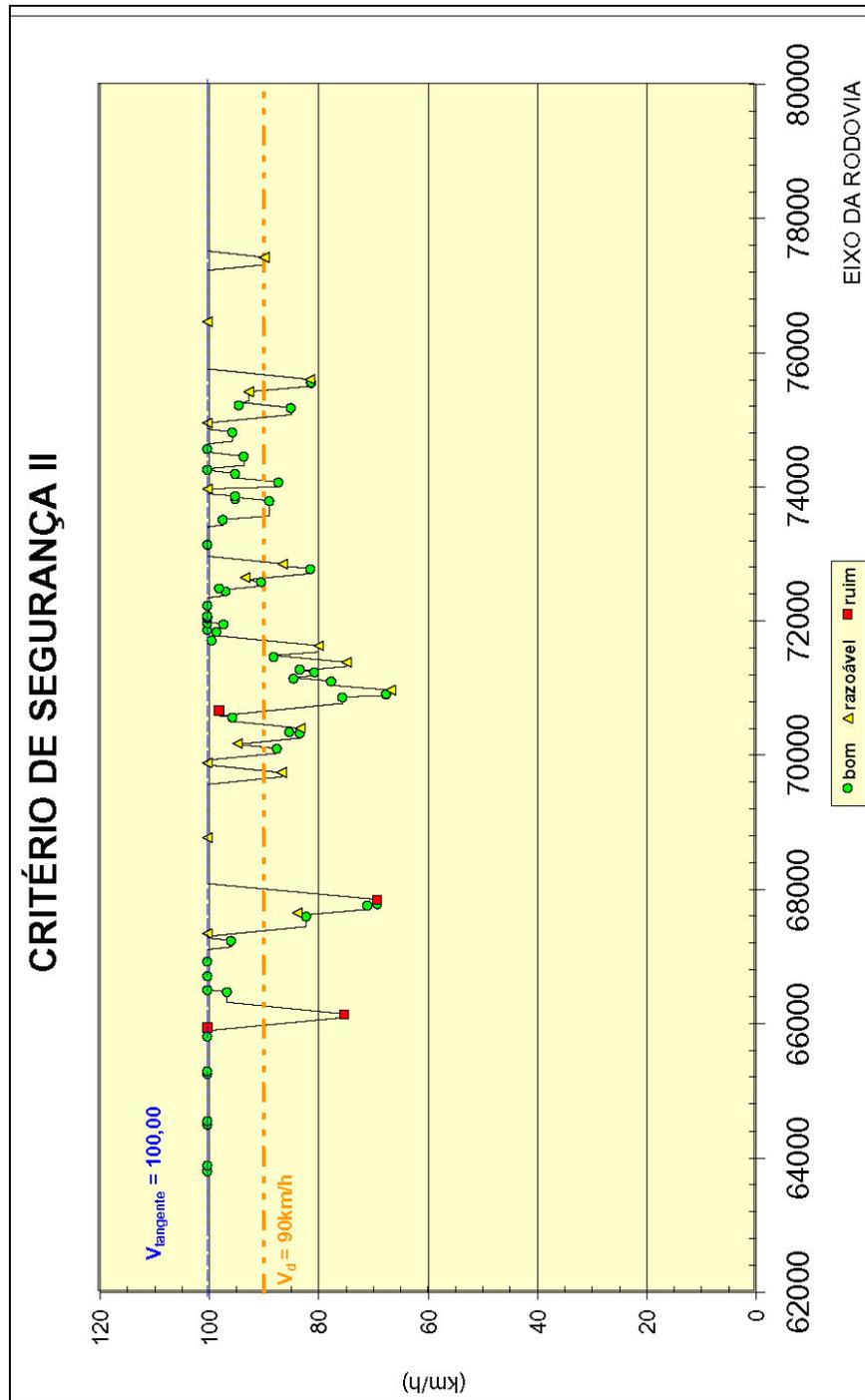


Figura 5.10 – Análise da SP-98 pelo Critério II

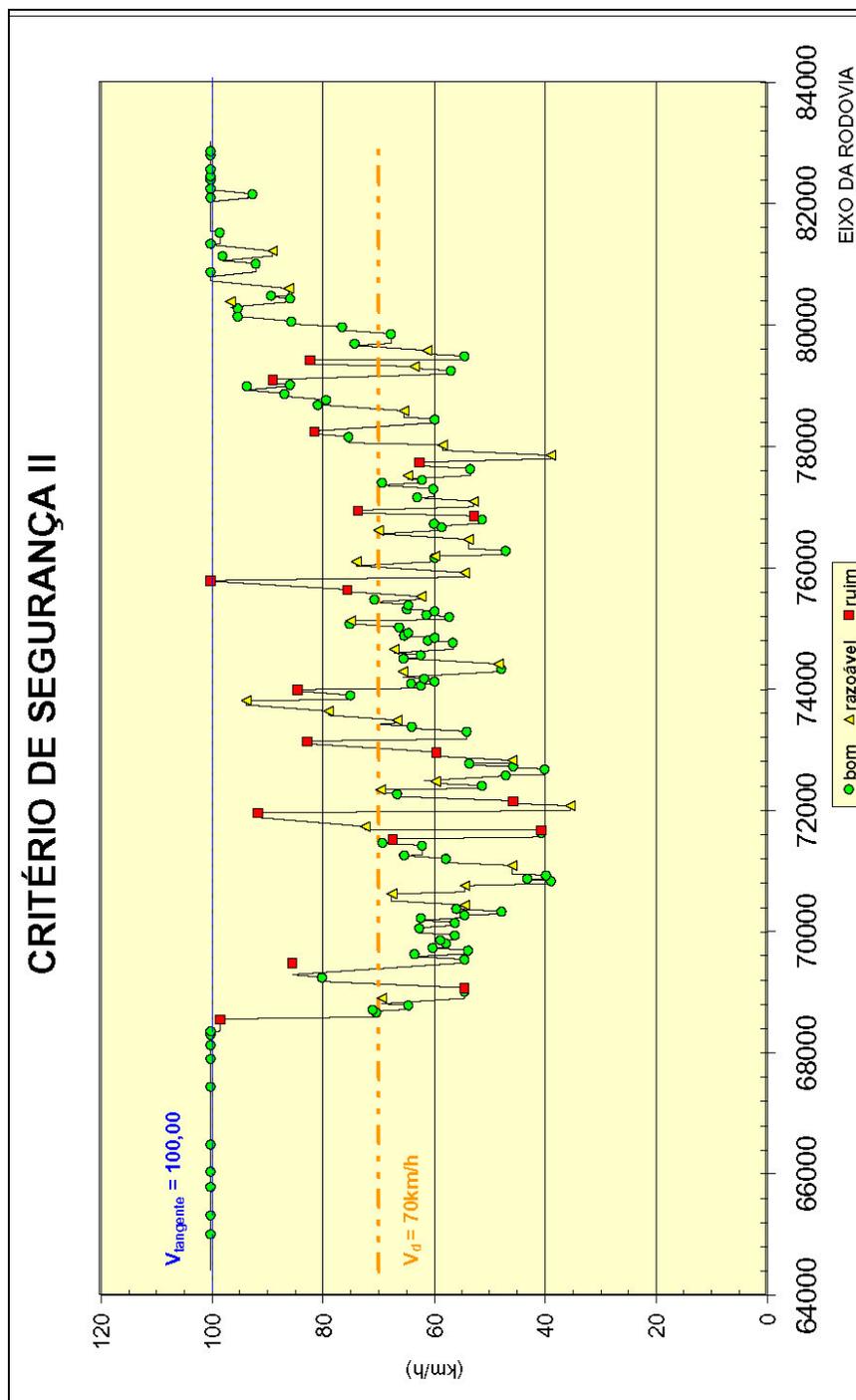


Figura 5.11 – Análise da SP-99 pelo Critério II

Também foram estabelecidos os coeficientes de atrito assumido e demandado nas curvas, utilizando-se as equações 3.4 e 3.5. Porém, a aplicação do critério III está limitada em curvas com CCR até 600 gon/km, conforme mencionado no capítulo 3. A partir das diferenças de coeficientes de atrito assumido e demandado nas curvas

estudadas, as mesmas foram classificadas em bom, razoável e ruim. Para cada rodovia estudada, foram elaborados os resumos demonstrados nas figuras 5.12 e 5.13.

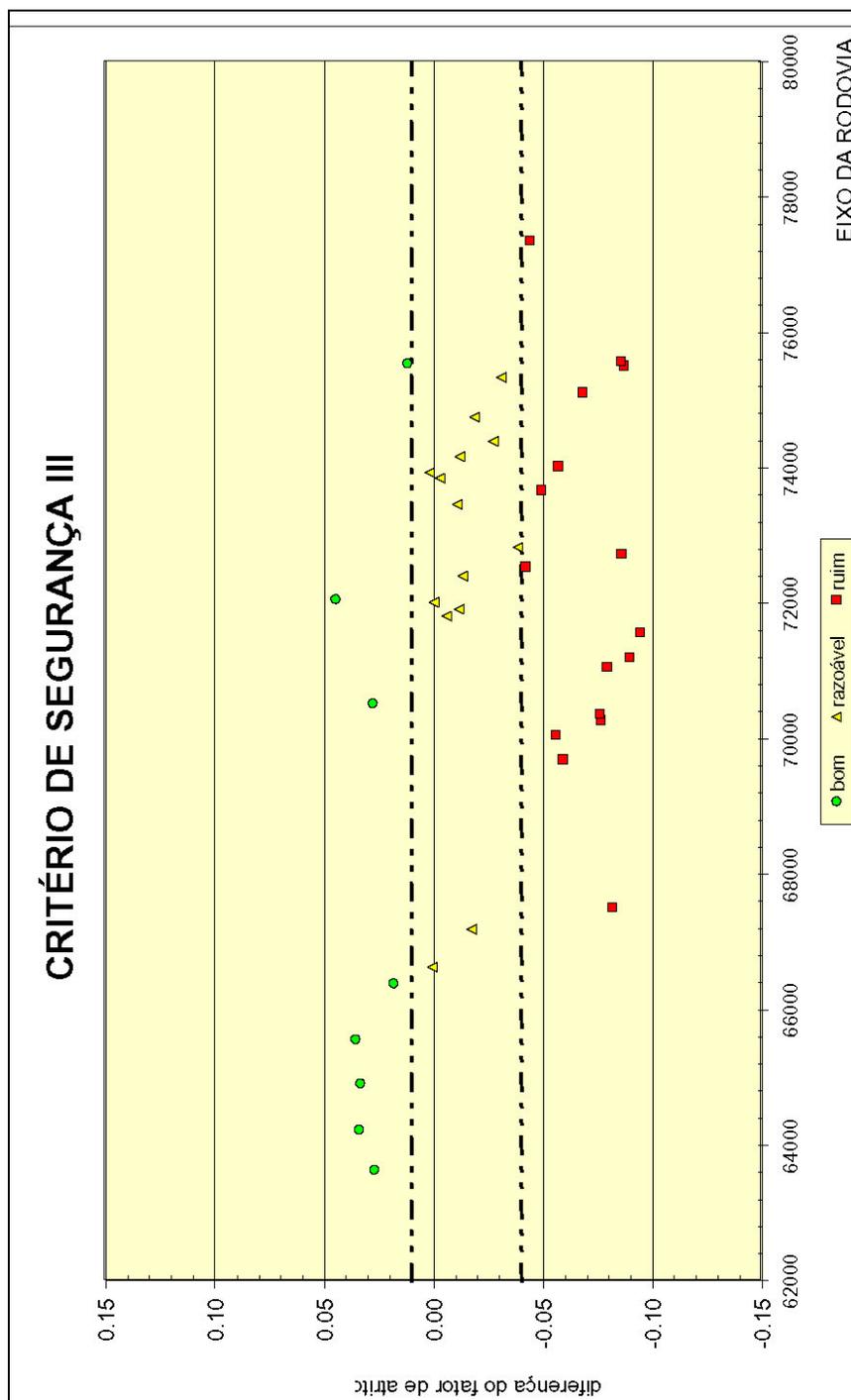


Figura 5.12 - Análise da SP-98 pelo Critério III

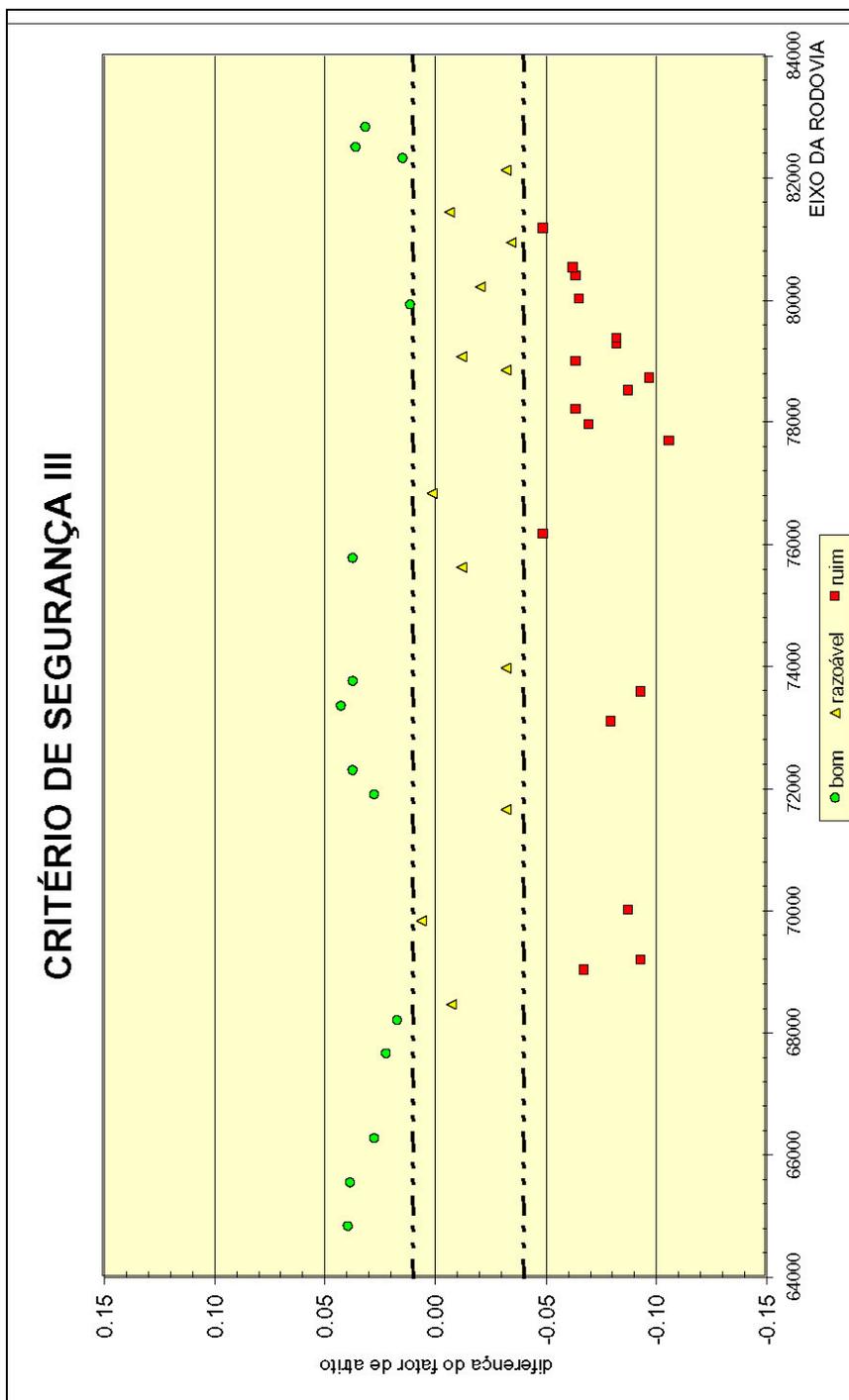


Figura 5.13 - Análise da SP-99 pelo Critério III

Os critérios de segurança aplicados no estudo de cada rodovia, podem conduzir a diferentes condições de traçado num mesmo segmento analisado, e para tanto, foi utilizado o critério de desempate nos segmentos, conforme tabela 3.5, e classificados

em bom, razoável e ruim. Nas figuras 5.14 e 5.15 são apresentadas as análises da consistência do traçado para as rodovias estudadas.

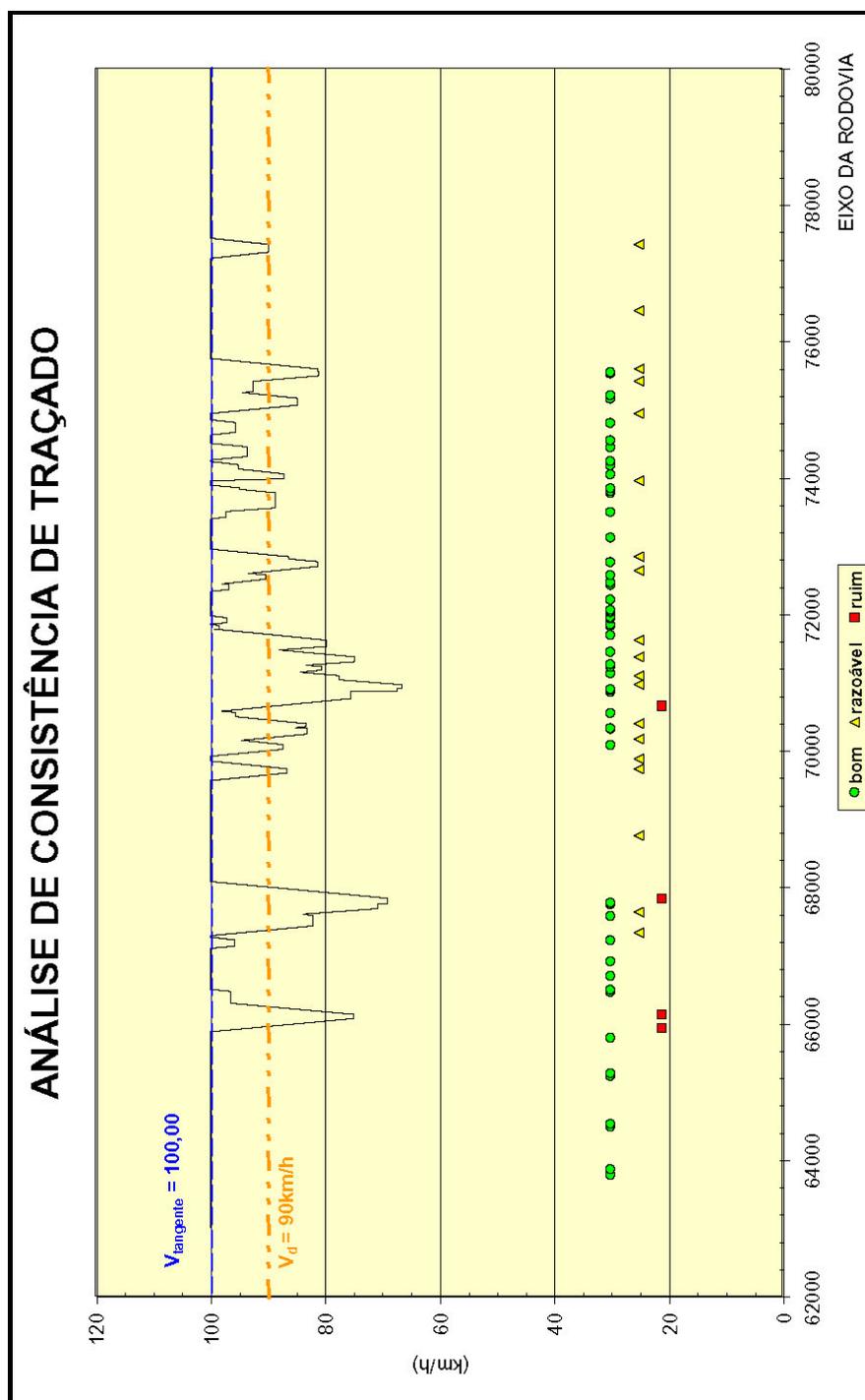


Figura 5.14 – Análise da consistência do traçado na Rodovia SP-98

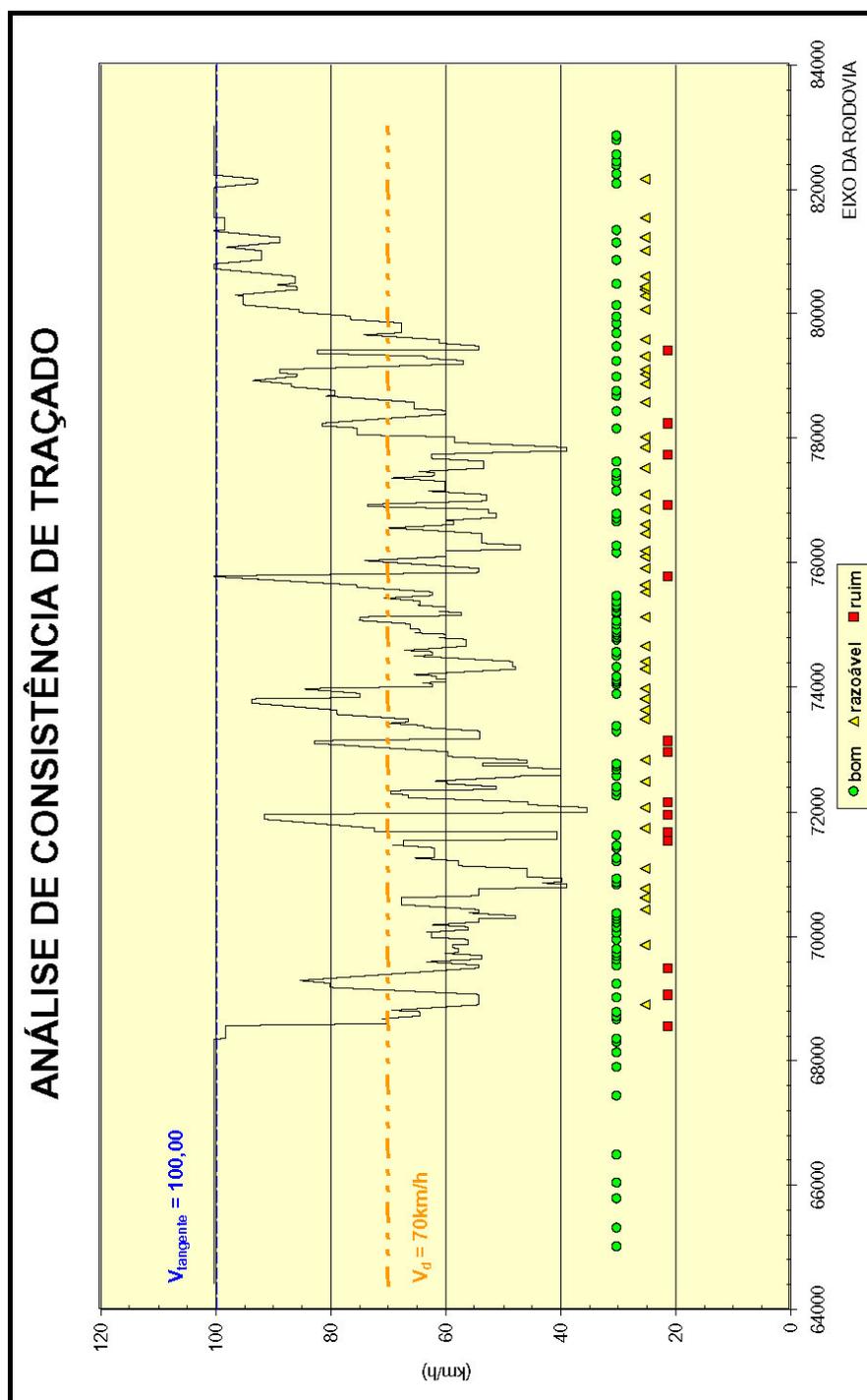


Figura 5.15 – Análise da consistência do traçado na Rodovia SP-99

Conforme se pode verificar nas análises, foram identificados alguns pontos de inconsistência nos segmentos estudados. Na rodovia SP-98 foram encontrados apenas quatro pontos de inconsistência, considerando os critérios de desempate entre os critérios. Os locais inconsistentes estão localizados entre as curvas 4 e 5 no km 65,

nas curvas 11 e 12 no km 67, e entre as curvas 17 e 18 no km 70, onde são classificados pelos critérios de segurança II, pois nestes locais o critério de segurança III não é aplicado, pois as curvas existentes apresentam CCR superior à 600 gon/km.

Por outro lado, a rodovia SP-99 apresenta catorze pontos de inconsistência, distribuídos pelo trecho estudado, conforme demonstrado na Figura 5.14. Pode-se notar, que a maioria destes segmentos, pelas análises dos critérios de segurança, resulta em uma classificação de projeto ruim, onde a diferença de velocidade e fator de atrito não é permitida.

5.3.2 Análise pelo programa IHSDM

Com relação aos parâmetros iniciais do programa, foram adotados os mesmos utilizados pelo método dos critérios de segurança, ou seja, as velocidades de projeto da Tabela 5.6 e a velocidade máxima de 100 km/h na tangente. Cabe ressaltar que, em ambas rodovias, a velocidade máxima legal é igual a 80 km/h.

Conforme apresentado no capítulo 4, as equações de previsão de velocidade são baseadas nas combinações dos alinhamentos horizontal e vertical, e portanto foi necessário o levantamento do alinhamento vertical para essa análise, onde foram definidas as declividades e extensões das rampas do trecho estudado.

A partir desses parâmetros, o programa faz o processamento dos dados e apresenta os resultados graficamente, conforme as figuras a seguir, ou em planilhas, constantes nos apêndices, com os resultados por sentido de tráfego.

Semelhante ao método proposto por Lamm (1998), as tangentes são consideradas como elementos dinâmicos do traçado, definindo taxas de aceleração e desaceleração entre as curvas, em função das condições dos alinhamentos horizontal e vertical do segmento.

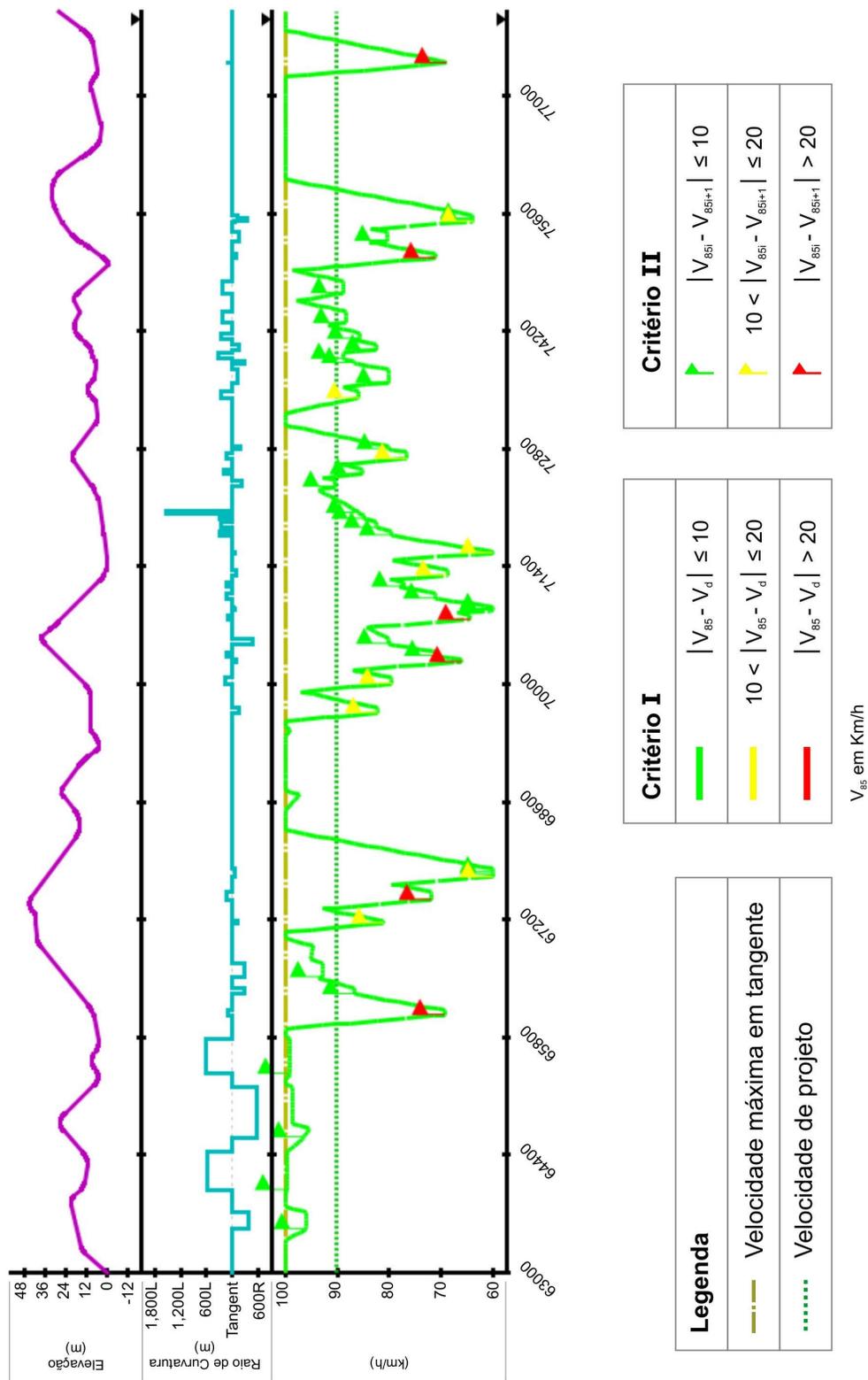


Figura 5.16 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-98 – sentido crescente

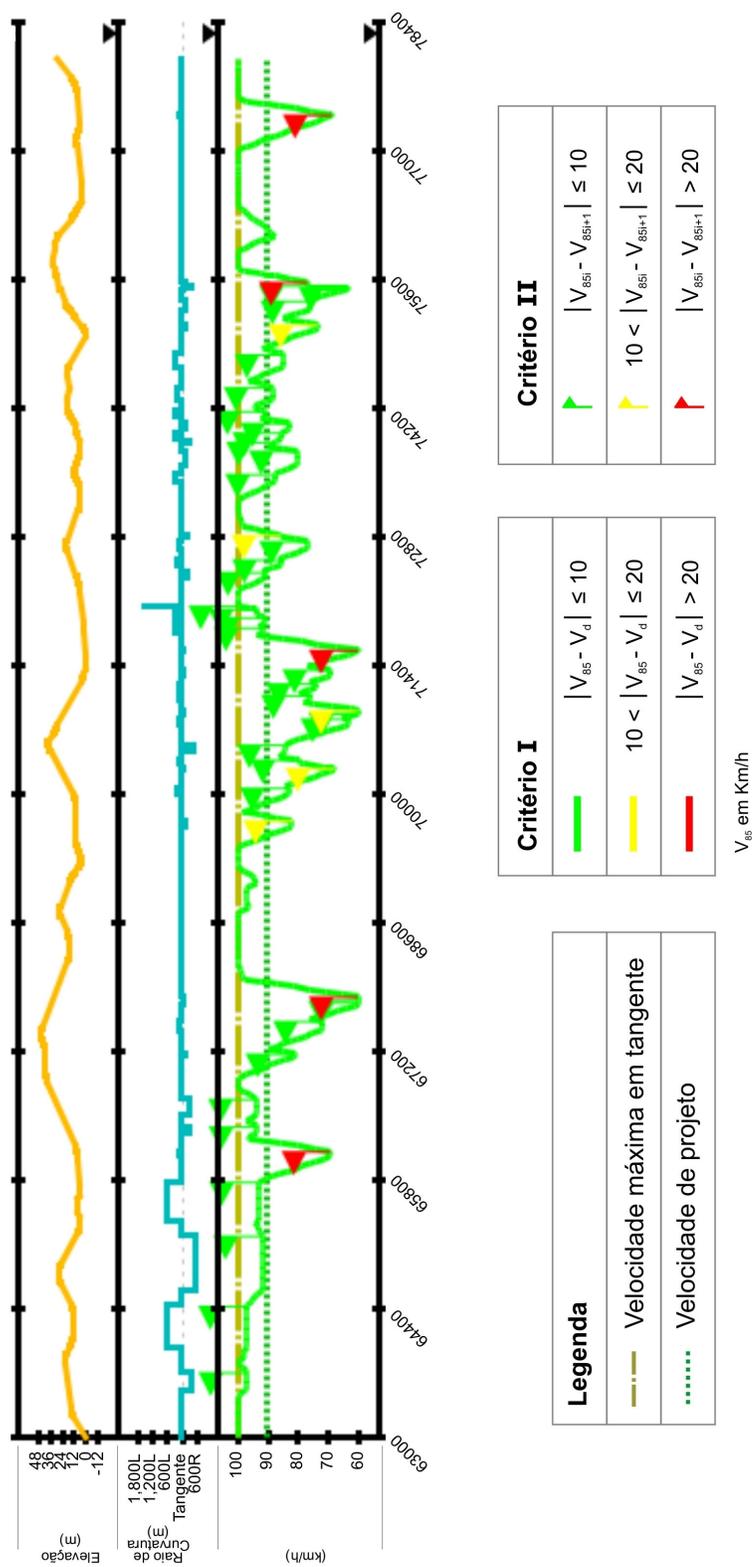


Figura 5.17 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-98 – sentido decrescente

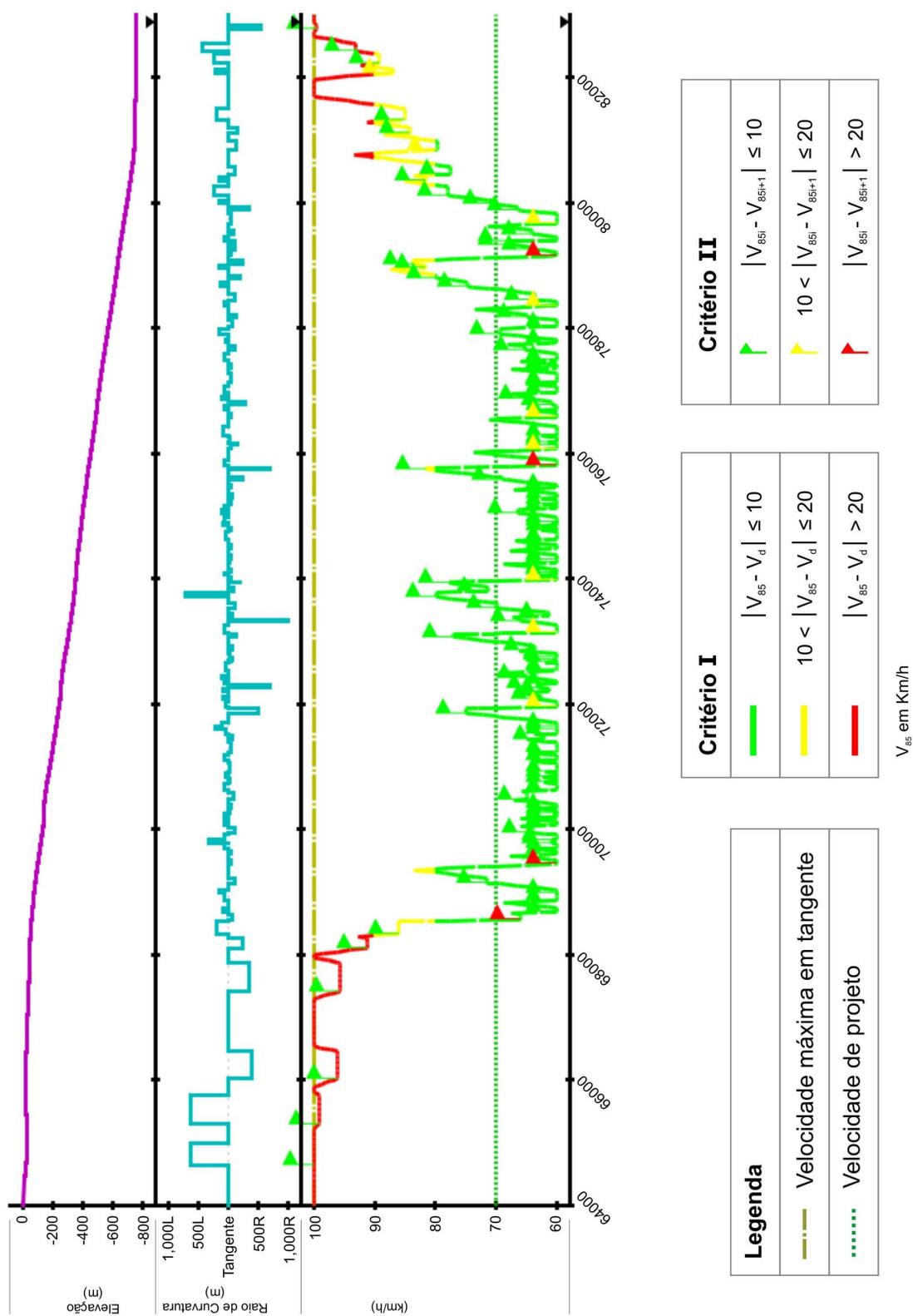


Figura 5.18 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-99 – sentido crescente

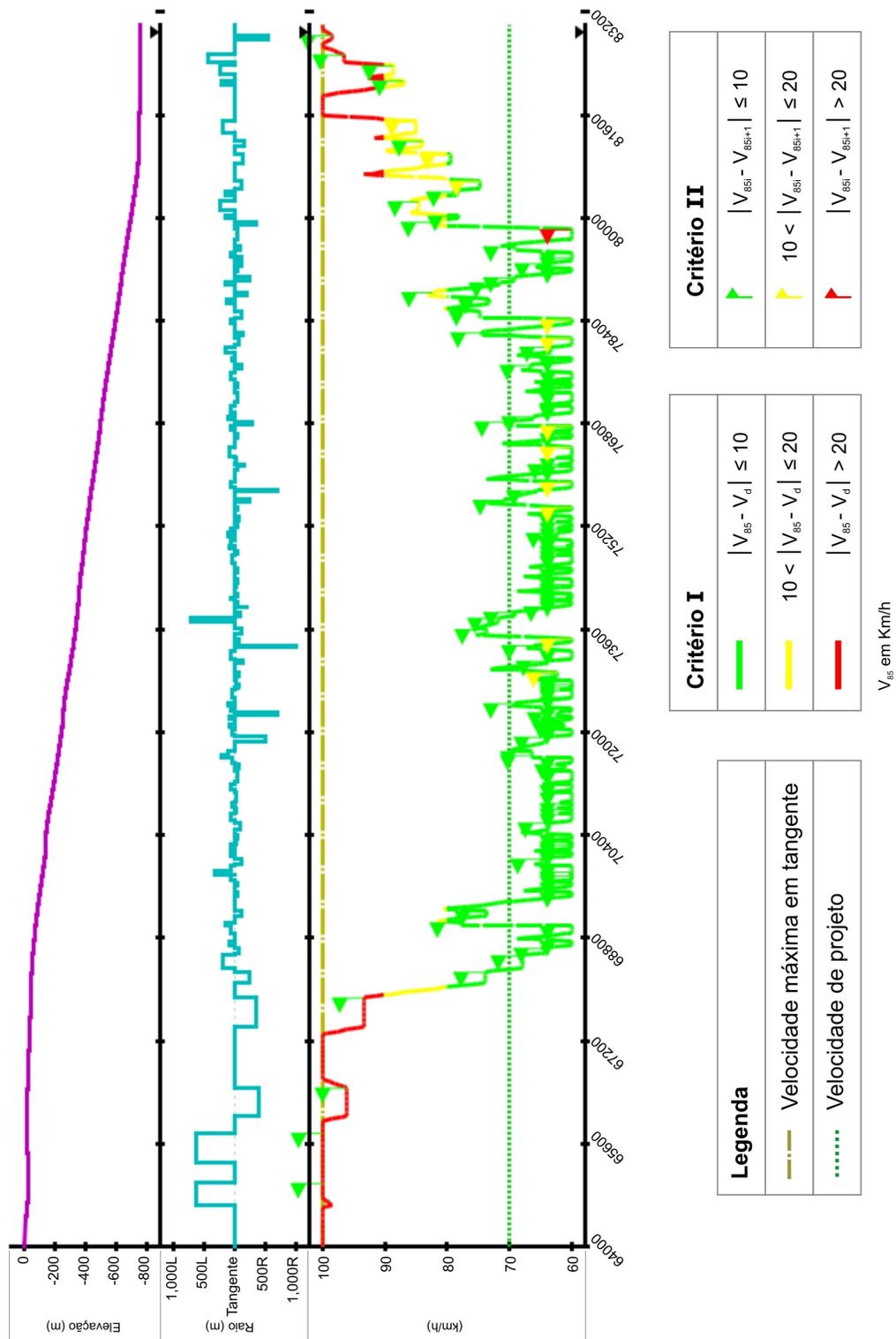


Figura 5.19 – Análise de consistência pelo IHSDM para a rodovia SP-99 – sentido decrescente

As análises de consistência são baseadas nos critérios de segurança I e II propostos por Lamm (1998), sendo uma primeira análise baseada nas diferenças de velocidade de operação e de projeto ao longo da rodovia, e o segundo critério avalia as diferenças de velocidade de operação entre sucessivos elementos do alinhamento horizontal.

Nas análises elaboradas pelo programa IHSDM, foram identificados quatro pontos de inconsistência no traçado da rodovia SP-99, segundo o critério II, que compara as velocidades de operação entre os sucessivos elementos geométricos. Na análise pelo critério II da SP-98, foram encontrados apenas seis pontos de inconsistência.

5.4 ANÁLISE CRÍTICA DOS MÉTODOS

Os critérios de segurança I e II, do módulo DCM, são baseados nos estudos do Lamm (1998), porém há diferenças na análise da consistência de traçado em cada um dos métodos, portanto os resultados obtidos apresentam algumas diferenças, evidenciadas através da análise dos gráficos apresentados nos itens anteriores.

Para melhor ilustrar os métodos propostos por Lamm (1998) e Fitzpatrick (2000), e analisar os resultados da equação que foi determinada para as condições das rodovias estudadas, seguem as Figuras 5.20 e 5.21, que sintetizam a comparação entre as velocidades de operação estimadas para cada uma das rodovias.

Para a elaboração do perfil de velocidades utilizando a equação 5.2, primeiramente são determinadas as velocidades de operação, através das taxas de mudança de curvatura (CCRs) para cada uma delas isoladamente. Baseado nos métodos propostos por Lamm (1998) e Fitzpatrick (2000), as tangentes são elementos dinâmicos do traçado, porém existe uma diferença nas taxas de aceleração e desaceleração para cada um deles, sendo necessárias pesquisas para as condições brasileiras. Portanto, para uma primeira aproximação, foi adotada a taxa de aceleração e desaceleração de $0,85 \text{ m/s}^2$, preconizada por Lamm et al (1998) para determinação das distâncias de aceleração e desaceleração.

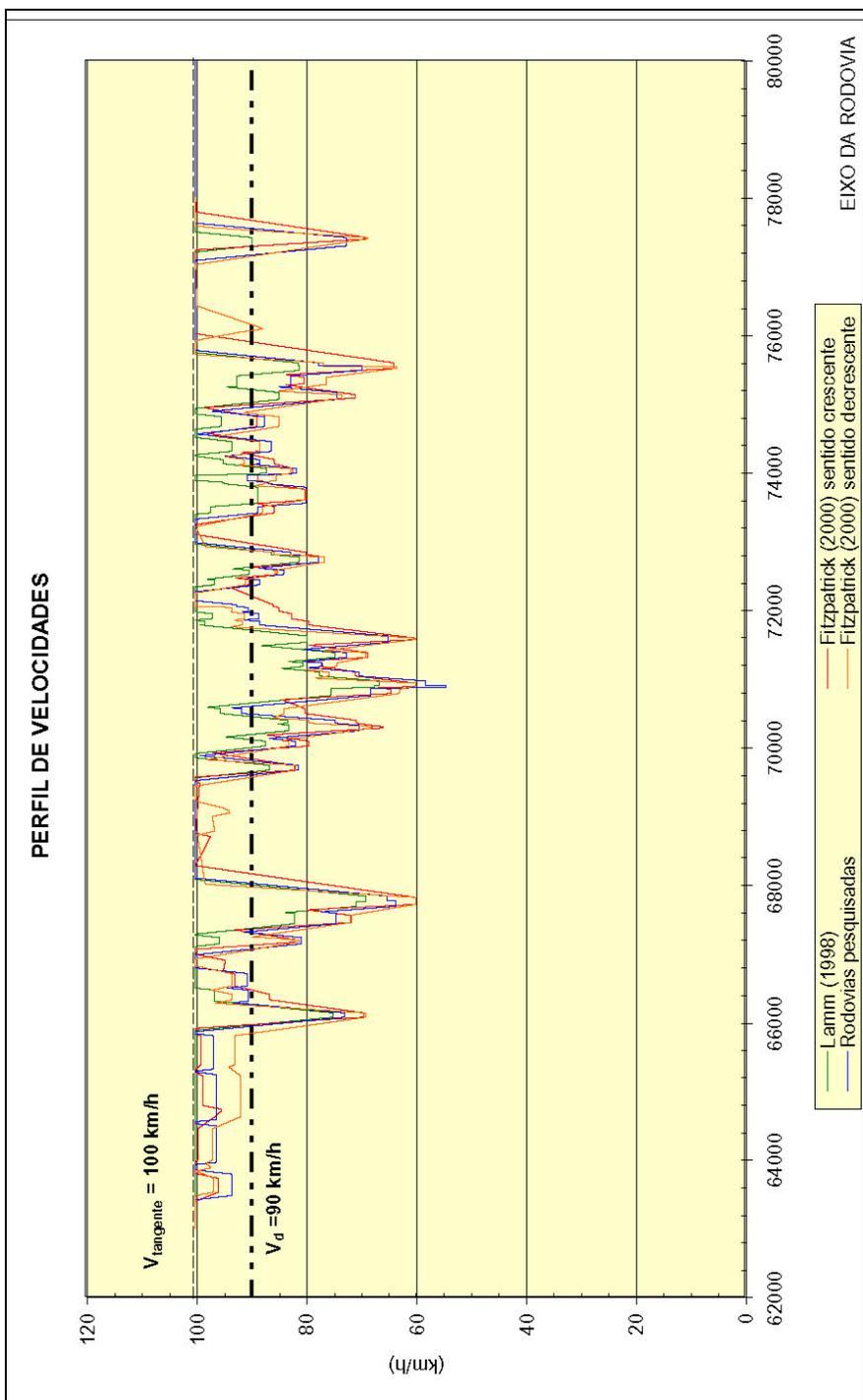


Figura 5.20 – Comparação entre os perfis de velocidade na rodovia SP-98

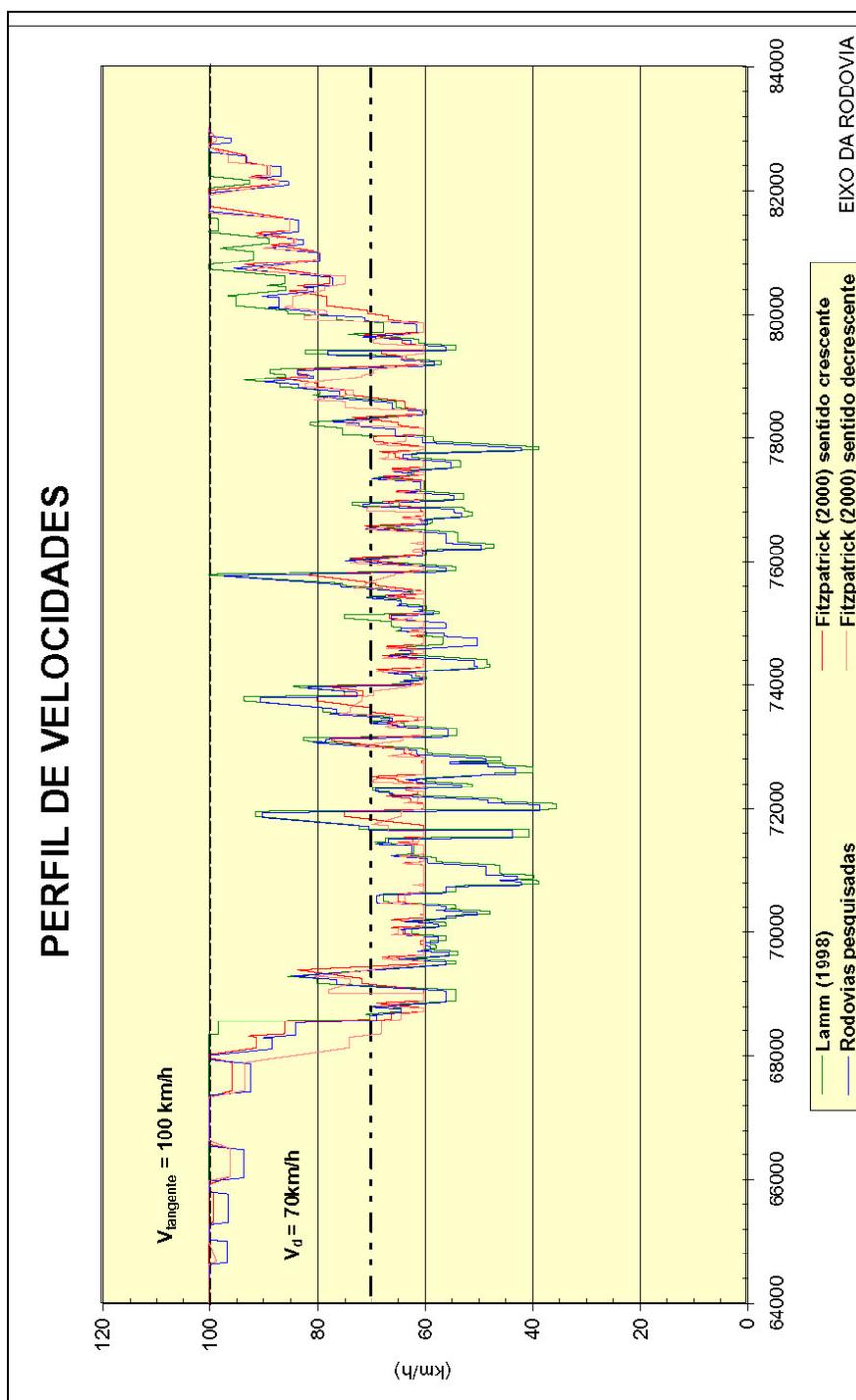


Figura 5.21 – Comparação entre os perfis de velocidade na rodovia SP-99

Uma grande diferença entre os métodos, ainda na elaboração do perfil de velocidades, é o tratamento de curvas espirais. No método proposto por Lamm (1998), as curvas espirais são utilizadas no cálculo da taxa de mudança de curvatura, que por sua vez, é contemplada na estimativa da velocidade de operação. No módulo DCM, do programa

IHSDM, as curvas de transição não são consideradas nas estimativas da velocidade de operação, pois segundo a conclusão dos estudos de Fitzpatrick (2000), a velocidade de operação nas curvas com e sem espiral são semelhantes e não resultam em diferenças significativas.

Pode-se notar, que no perfil de velocidades do módulo de consistência do programa IHSDM (Fitzpatrick, 2000) foi considerada a velocidade mínima de 60 km/h para curvas com raios menores de 80 m. Outra diferença é a consideração das taxas de aceleração e desaceleração para cada combinação dos alinhamentos vertical e horizontal no método proposto pela Fitzpatrick (2000), taxas essas cujo valor é considerado como constante no método do Lamm (1998).

Os critérios de segurança I e II, e os intervalos de diferença de velocidades para classificação do traçado no módulo de consistência do Programa IHSDM são baseados nos estudos do Lamm (1998), sendo portanto semelhante aos deste último método.

O método proposto pela Fitzpatrick (2000) apresenta uma divergência com o método original de Lamm (1998) quando comparado o critério de classificação de consistência do segmento pelo critério I. No módulo DCM são analisadas as diferenças entre as velocidades de operação e projeto nos segmentos em que a velocidade de operação é maior que a velocidade de projeto, de forma que, nos trechos em que as velocidades de operação são inferiores à velocidade de projeto, o traçado é considerado consistente. Esta mudança no critério de classificação dos segmentos estudados acarreta uma análise com poucos trechos com inconsistência, quando comparado com o método de Lamm.

No critério de segurança II de Lamm (1998), faz-se a comparação das velocidades de operação entre elementos sucessivos do alinhamento horizontal, em quanto no módulo de consistência do programa IHSDM são elaboradas duas análises, uma no sentido crescente e outra no sentido decrescente do estaqueamento da rodovia, pois o mesmo considera a combinação dos alinhamentos horizontal e vertical da rodovia.

Visando a aplicação do modelo de previsão de velocidades encontrado na pesquisa das rodovias SP-55, SP-99 e SP-360, foi feita a análise de consistência das rodovias SP-98 e SP-99 pelos critérios de segurança I e II do método proposto por Lamm (1998) utilizando a equação 5.2.

Os resultados pelo critério de segurança I, elaborados pela diferença das velocidades de operação em cada curva e as velocidades de projeto da Tabela 5.6, são apresentados nas figuras a seguir. Em seguida, as rodovias foram analisadas pelo critério de segurança II, baseado nas diferenças de velocidades de operação entre elementos sucessivos do alinhamento.

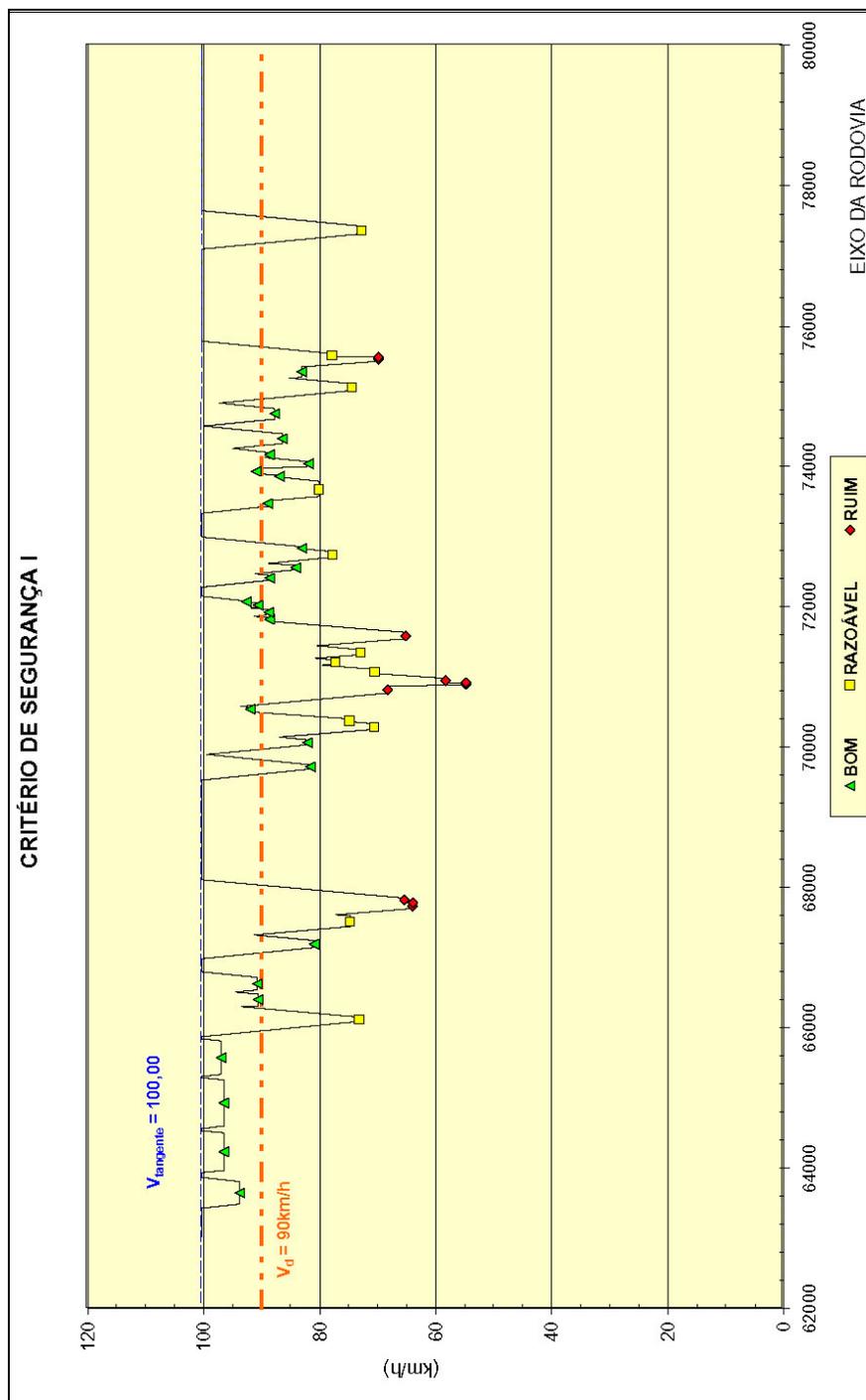


Figura 5.22 – Análise da SP-98 pelo Critério I utilizando a equação 5.2.

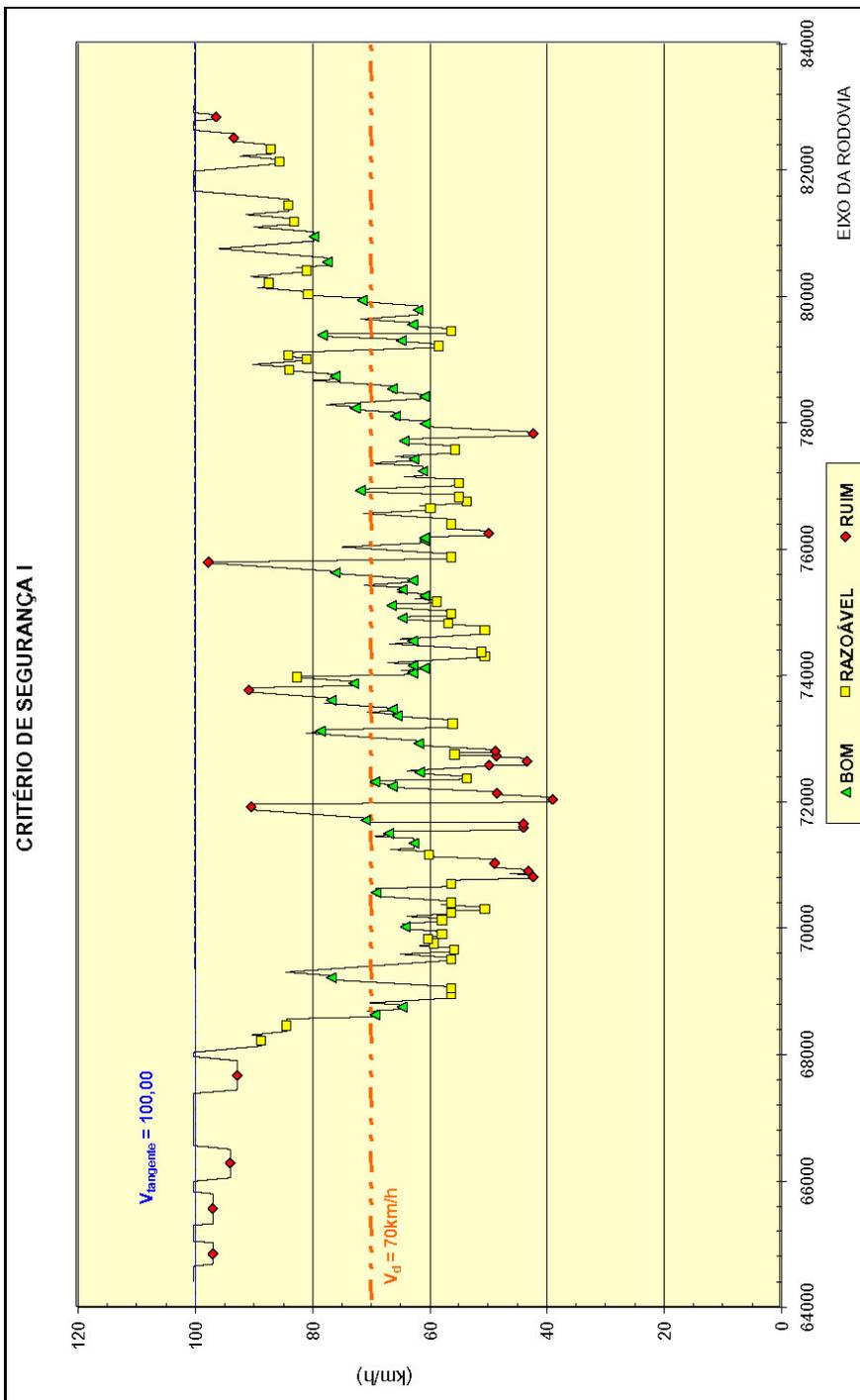


Figura 5.23 – Análise da SP-99 pelo Critério I utilizando a equação 5.2.

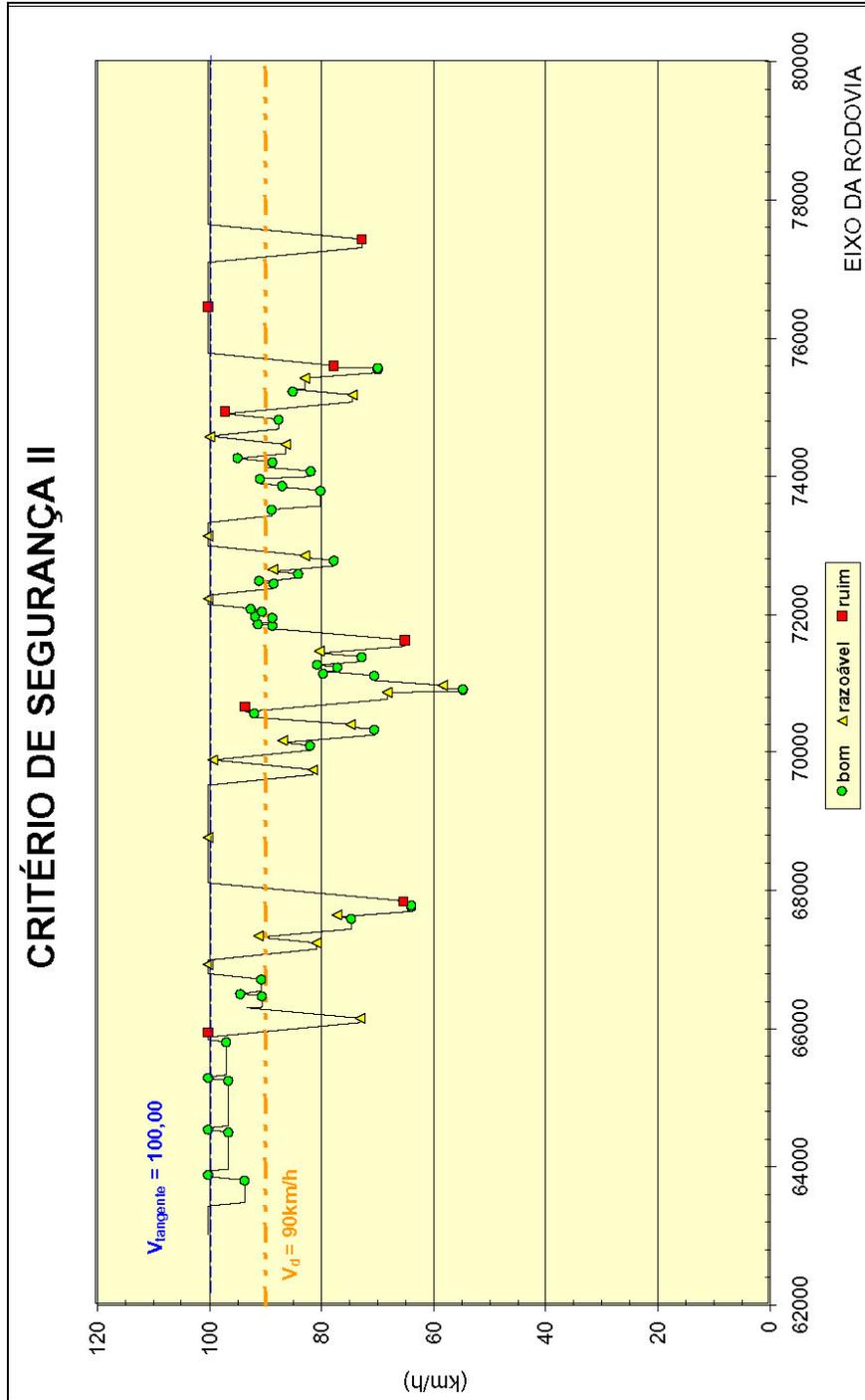


Figura 5.24 – Análise da SP-98 pelo Critério II utilizando a equação 5.2.

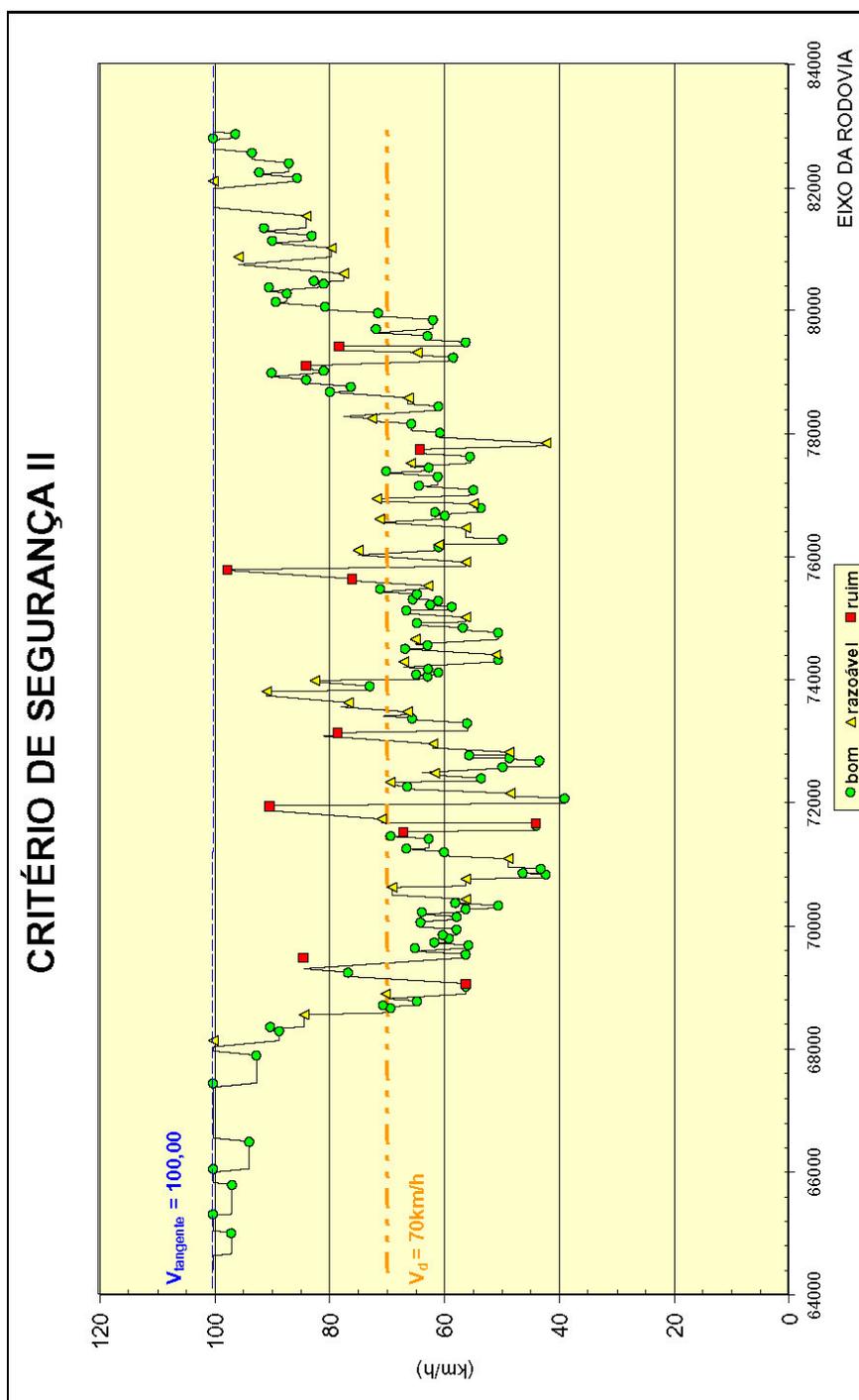


Figura 5.25 – Análise da SP-99 pelo Critério II utilizando a equação 5.2.

Após uma comparação e análise de sensibilidade entre as análises pelas equações de previsão de velocidade aplicadas nas rodovias SP-98 e SP-99, foram selecionados os locais que apresentam classificação ruim em cada uma das análises apresentadas.

Tabela 5.7 – Comparação da análise da SP-98 pelo critério de segurança I

Local	Utilizando a Equação 5.2	Utilizando a equação proposta por Lamm	Utilizando a equação proposta pela Fitzpatrick
curva_10	ruim	Razoável	bom
curva_11	ruim	Ruim	bom
curva_12	ruim	ruim	bom
curva_18	ruim	razoável	bom
curva_19	ruim	ruim	bom
curva_20	ruim	ruim	bom
curva_21	ruim	ruim	bom
curva_25	ruim	razoável	bom
curva_44	ruim	bom	bom
curva_45	ruim	bom	bom

Tabela 5.8 – Comparação da análise da SP-98 pelo critério de segurança II

Local	Utilizando a Equação 5.2	Utilizando a equação proposta por Lamm	Utilizando a equação proposta pela Fitzpatrick	Utilizando a equação proposta pela Fitzpatrick
			(crescente)	(decrecente)
tangente_5	ruim	ruim	-	-
curva_5	razoável	ruim	ruim	ruim
curva_9	bom	bom	ruim	bom
curva_12	ruim	ruim	bom	ruim
curva_15	bom	bom	ruim	razoável
tangente_18	ruim	ruim	-	-
curva_18	razoável	bom	ruim	bom
curva_25	ruim	razoável	razoável	ruim
tangente_42	ruim	razoável	-	-
curva_42	razoável	bom	ruim	razoável
curva_46	ruim	razoável	bom	ruim
tangente_47	ruim	razoável	-	-
curva_47	ruim	razoável	ruim	ruim

Tabela 5.9 – Comparação da análise da SP-99 pelo critério de segurança I

Local	Utilizando a Equação 5.2	Utilizando a equação proposta por Lamm	Utilizando a equação proposta pela Fitzpatrick
curva_1	ruim	ruim	ruim
curva_2	ruim	ruim	ruim
curva_3	ruim	ruim	ruim
curva_4	ruim	ruim	ruim
curva_5	razoável	ruim	ruim
curva_6	razoável	ruim	razoável
curva_24	ruim	ruim	bom
curva_25	ruim	ruim	bom
curva_26	ruim	ruim	bom
curva_30	ruim	ruim	bom
curva_31	ruim	ruim	bom
curva_33	ruim	ruim	bom
curva_34	ruim	ruim	bom
curva_35	ruim	ruim	bom
curva_40	ruim	ruim	bom
curva_41	ruim	ruim	bom
curva_42	ruim	ruim	bom
curva_44	ruim	ruim	bom
curva_51	ruim	ruim	bom
curva_57	razoável	ruim	bom
curva_58	razoável	ruim	bom
curva_70	ruim	ruim	razoável
curva_74	ruim	ruim	bom
curva_85	ruim	ruim	bom
curva_103	razoável	ruim	bom
curva_106	bom	ruim	bom
curva_108	razoável	ruim	razoável
curva_109	razoável	ruim	razoável
curva_110	razoável	ruim	razoável
curva_111	ruim	ruim	ruim
curva_112	ruim	ruim	ruim

Tabela 5.10 – Comparação da análise da SP-99 pelo critério de segurança II

Local	Utilizando a Equação 5.2	Utilizando a equação proposta por Lamm	Utilizando a equação proposta pela Fitzpatrick (crescente)	Utilizando a equação proposta pela Fitzpatrick (decrecente)
curva_6	razoável	ruim	bom	bom
curva_10	ruim	ruim	bom	bom
tangente_12	ruim	ruim	-	-
curva_12	bom	bom	ruim	bom
tangente_21	bom	bom	-	-
curva_29	ruim	ruim	bom	bom
curva_31	ruim	ruim	bom	bom
curva_33	ruim	ruim	bom	bom
curva_35	razoável	ruim	bom	bom
curva_45	razoável	ruim	bom	razoável
curva_46	ruim	ruim	bom	bom
curva_53	razoável	ruim	bom	bom
curva_69	ruim	ruim	bom	bom
curva_70	ruim	ruim	bom	bom
curva_71	razoável	razoável	ruim	razoável
curva_78	razoável	ruim	bom	bom
curva_79	razoável	ruim	bom	bom
curva_84	ruim	ruim	bom	bom
curva_88	razoável	ruim	bom	bom
curva_94	ruim	ruim	bom	bom
curva_97	ruim	ruim	bom	bom
curva_100	bom	bom	razoável	ruim

Utilizando a equação 5.2 resultante das pesquisas de velocidade nas rodovias SP-55, SP-99 e SP-360, No método de Lamm, o perfil de velocidades feito com a equação 5.2, apresenta um resultado intermediário entre os métodos do IHSDM e de Lamm elaborado com a equação da Alemanha.

O método do IHSDM, ao limitar a velocidade em 60 km/h, para os raios menores de 80 m, acarreta em melhores resultados quando comparados com o método do Lamm com as equações da Alemanha e das rodovias pesquisadas.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da década de 70, a Suíça incorporou em seus manuais de projeto um método para elaborar o perfil de velocidades para identificar indesejáveis variações de velocidade ao longo do trecho. Na mesma época, a Alemanha também implementou a utilização da taxa de mudança de curvatura CCR, relacionando a com as velocidades de operação e limitando a variação das mesmas entre elementos sucessivos do traçado.

Portanto, a maioria dos modelos existentes para avaliar a consistência do projeto geométrico são baseados na elaboração do perfil de velocidades. Também foram propostos métodos para avaliar a consistência utilizando a carga de trabalho do motorista, analisando os tempos de resposta dos motoristas às mudanças no traçado.

A maior parte da malha rodoviária do Brasil é constituída de rodovias de pista simples, grande parte delas implementadas nas décadas de 60 e 70, e nas quais têm se verificado o mais elevado índices de acidentes em trechos localizados ou em extensões mais abrangentes.

Atualmente, os projetos elaborados no Brasil, não se fazem estudos da consistência do traçado, como uma metodologia para auxiliar a definição de propostas de melhorias nas rodovias, ou mesmo, para a construção de novas rodovias.

Inicialmente, foram conceituados os métodos existentes para a análise de consistência de traçado e descritos os dois principais métodos de análise de consistência de traçado, os Critérios de Segurança estabelecido por Lamm et al. (1998), e o proposto pela Fitzpatrick et al (2000), que foi incorporado no programa de computador IHSDM (*Interactive Highway Safety Design Model*) pelo módulo DCM (*Design Consistency Module*), desenvolvido pela FHWA (*Federal Highway Administration*).

Considerando que os modelos de previsão de velocidade de cada um dos métodos foram determinados para as situações de outros países, o presente trabalho focou a

necessidade de adaptações às condições brasileiras. Inicialmente, foram pesquisadas as velocidades de operação em catorze curvas e em uma tangente da Rodovia dos Tamoios (SP-99), objetivando o estabelecimento, em caráter preliminar, de uma equação de previsão de velocidades. Na finalidade de obter uma equação que represente as condições em outras rodovias do Estado de São Paulo foram adicionados os dados das pesquisas de velocidade elaboradas pela Tsu (2003) na rodovia SP-55, no trecho entre os kms 241,51 e 220,37, e Osório (2000) na rodovia SP-360, entre Jundiaí e Morungaba.

A partir da relação das velocidades estimadas pelas equações de previsão dos dois métodos e as velocidades pesquisadas nas rodovias, foi possível constatar que, nas curvas pesquisadas com taxa de mudança de curvatura até 650 gon/km, ou seja, com raios de curvatura maiores de 100 m, as velocidades praticadas pelos motoristas nas condições das rodovias pesquisadas são semelhantes às velocidades estimadas pela equação de Fitzpatrick (2000). Porém, nas situações com CCR maiores de 650 gon/km, ou seja, curvas com raios menores de 100 m, as velocidades pesquisadas estão mais próximas da equação elaborada por Lamm (1998) na Alemanha.

No estudo de caso buscou-se comparar os dois principais métodos, sendo aplicados nas rodovias SP-99 (Rodovia dos Tamoios), no trecho entre os km 64 e 83, e a SP-98 (Rodovia Dom Paulo Rolim Loureiro), entre os km 63 e 78.

Uma grande diferença entre os métodos, ainda na elaboração do perfil de velocidades, é o tratamento de curvas espirais. No método proposto por Lamm (1998), as curvas espirais são utilizadas no cálculo da taxa de mudança de curvatura, que por sua vez, é contemplada na estimativa da velocidade de operação. No módulo DCM, do programa IHSDM, as curvas de transição não são consideradas nas estimativas da velocidade de operação pois, conforme a conclusão dos estudos de Fitzpatrick (2000), a velocidade de operação nas curvas com e sem espiral são semelhantes e não resultam em diferenças significativas.

Os critérios de segurança I e II, do módulo DCM, são baseados nos estudos de Lamm (1998), porém há diferenças na análise da consistência de traçado em cada um dos métodos. No critério de segurança I de Lamm (1998), a velocidade de operação da

curva é comparada com a velocidade de projeto da via, analisando-se a consistência do traçado pela variação entre as mesmas. O método proposto pela Fitzpatrick (2000) apresenta uma divergência com o método original de Lamm (1998), pois somente são consideradas as diferenças entre as velocidades de operação e projeto nos segmentos em que a velocidade de operação é maior que a velocidade de projeto, de forma que, nos trechos em que as velocidades de operação são inferiores à velocidade de projeto, o traçado é considerado consistente.

Os intervalos de diferença de velocidades para classificação do traçado no método proposto pela Fitzpatrick (2000) foram baseados nos estudos de Lamm (1998), sendo, portanto semelhantes aos deste último método.

No módulo DCM de análise de consistência do programa IHSDM não são realizadas considerações acerca dos fatores de atrito assumido e demandado na curva, conforme o critério de segurança III proposto por Lamm (1998) e aplicado para os estudos de casos das rodovias SP-99 e SP-98. Através dos resultados obtidos, verifica-se que este critério é o que acaba se constituindo em forte indicador dos casos de inconsistência no traçado.

A análise dos resultados do estudo de caso permitiu concluir que, nos projetos desenvolvidos no Brasil para raios maiores de 100 m, pode-se utilizar com algumas ressalvas em relação ao limite legal da velocidade, a análise de consistência de traçado através do módulo DCM, do programa IHSDM. O estudo de caso também pode ser tomado como um exemplo a ser utilizado para ser determinada a equação de previsão de velocidades para as condições específicas de uma certa rodovia para a qual se pretende efetuar o estudo de consistência de traçado através da aplicação de qualquer dos dois métodos analisados no presente trabalho. No caso de impossibilidade da realização de medições de velocidade, pode-se então utilizar, conforme já mencionado, a equação de previsão de velocidades do módulo DCM para curvas com raios maiores de 100 m.

Seria de grande valia para o programa IHSDM a utilização do critério de segurança III proposto por Lamm (1998), incorporando equações de previsão dos fatores de atrito assumido e demandado.

Em ambos os métodos, a tangente é um elemento dinâmico do traçado, porém ocorre uma diferença nas taxas de aceleração e desaceleração, também sendo necessárias pesquisas para o estabelecimento de valores compatíveis com as condições brasileiras.

Uma recomendação final acerca do tema tratado no presente trabalho seria o desenvolvimento de estudos que verificassem a validade dos intervalos de diferenças de velocidades preconizadas nos dois métodos, visando a classificação do traçado, através da consideração de índices e tipos de acidentes ocorridos em diferentes condições de geometria de rodovias brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) - A Policy on Geometric Design of Highways and Streets - Washington D.C., 2001.
- DNER. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro, 1999a. 195 p.
- _____.Instruções para o Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro, fevereiro – 1979.
- Fitzpatrick, K., Elefteriadou, L. Harwood, D. Collins, J., McFadden, J., Anderson, I.B., Krammes, R.A., Irizarry, N., Parma, K., Bauer, K. and Passeti, K., - Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways – Report FHWA-RD-99-171 - Washington D.C., 2000.
- Fitzpatrick, K., Wooldridge , M., Tsimhoni, O., Collins, J., Green, P., Bauer, K., - Alternative Design Consistency Rating Methods for Two-Lane Rural Highways – Report FHWA-RD-99-172 - Washington D.C., 2000.
- _____. Evaluation of Design Consistency Methods for Two-Lane Rural Highways, Executive Summary – Report FHWA-RD-99-173 - Washington D.C., 2000.
- Transportation Research Board - Highway Capacity Manual, 3rd ed. - Special Report 209, Washington D.C. - Transportation Research Board, 1994.
- Apostila contendo as Notas de Aula da Disciplina PTR-5725, ministrada pelo Prof. Dr. Felipe Issa Kabbach Junior.
- Lamm, R., Psarianos, B., Mailaender, T. “Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook”,

1998.

- Lamm, R., Choueiri, E. M. "Recomendations for Evaluating Horizontal Design Consistency Based on Investigations in the State of New York." Transportation Research Record 1122, pg 68-78, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1987.
- Lamm, R., Choueiri, E. M., Hayward, J. C. "Tangent as an Independent Design Element." Transportation Research Record 1195, pg 123-131, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1988.
- Lamm, R., Choueiri, E. M., Hayward, J. C., Paluri, A. "Possible Design Procedure to Promote Design Consistency in Highway Geometric Design on Two-Lane Rural Roads." Transportation Research Record 1195, pg 111-122, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1988.
- Lamm, R., Hayward, J. C., Cargin, J. "Comparison of Different Procedures for Evaluating Speed Consistency." Transportation Research Record 1100, pg 10-20, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1986.
- Lamm, R., Psarianos, B., Soilemezoglou, G., Kanellaidis, G. "Driving Dynamic Aspects and Related Safety Issues for Modern Geometric Design of Non-Built-Up Roads." Transportation Research Record 1523, pg 34-45, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996.
- Lamm, R., Choueiri, E., Mailaender, T. "Side Friction Demand Versus Side Friction Assumend for Curve Design on Two-Lane Rural Highways." Transportation Research Record 1303, pg 11-21, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1991.

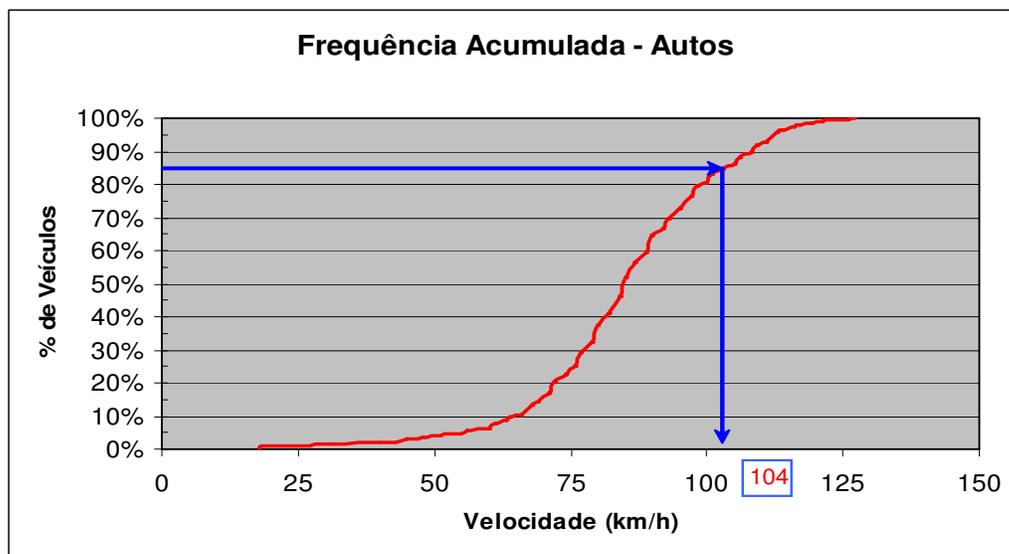
- Lamm, R., Choueiri, E. M., Mailaender, T. "Comparison of Operating Speeds on Dry and Wet Pavements of Two-Lane Rural Highways." Transportation Research Record 1280, pg 199-207, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990.
- Lamm, R., Guenther, A. K., Choueiri, E. M. "Safety Module for Highway Geometric Design." Transportation Research Record 1512, pg 7-15, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1995.
- Lamm, R., Smith, B. L. "Curvilinear Alinement: an Important Issue for More Consistent and Safer Road Characteristic." Transportation Research Record 1445, pg 12-21, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1994.
- Lamm, R., Steffen, H., Guenther, A. K. "Procedure for Detecting Errors in Alinement Design and Consequences for Safer Redesign." Transportation Research Record 1445, pg 64-72, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1994.
- National Association of Australian State Road Authorities. Interim Guide to the Design of Rural Roads. (NAASRA) Sydney, 1980.
- National Cooperative Highway Research Program Report 502 - Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roadways - Transportation Research Board, 2003.
- OSORIO, C.A.A.C. Avaliação da consistência de traçado em rodovias com duas faixas de tráfego. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2000.
- Tsu, B.S.A., O estabelecimento de limites legais de velocidade em rodovias de pista simples. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003.
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration - Manual on Uniform Control Devices - Washington D.C., U.S. Government Printing Office - 1988.

APÊNDICE A PESQUISA DE VELOCIDADES

CURVA 1

LOCAL: km 65,5

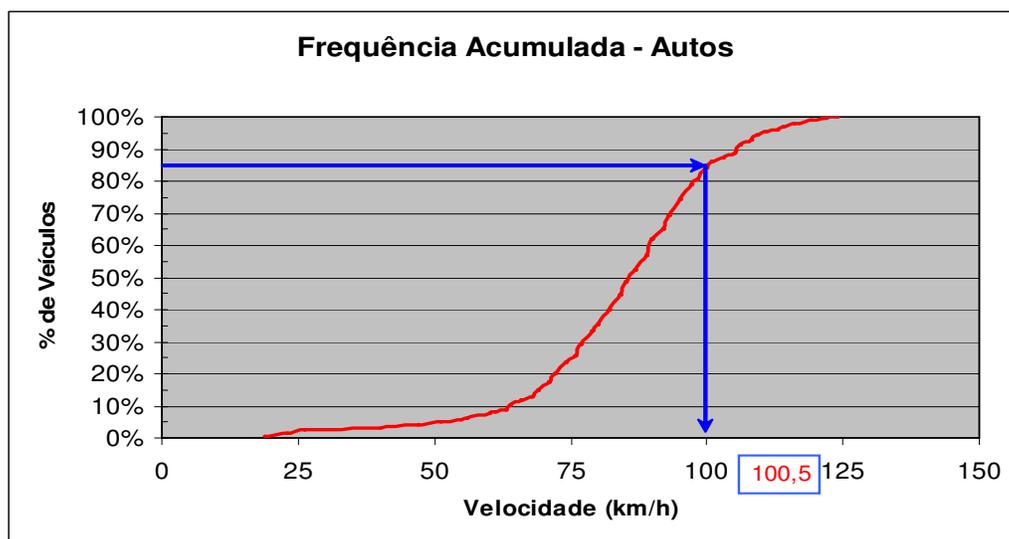
SENTIDO: LITORAL



CURVA 1

LOCAL: km 65,5

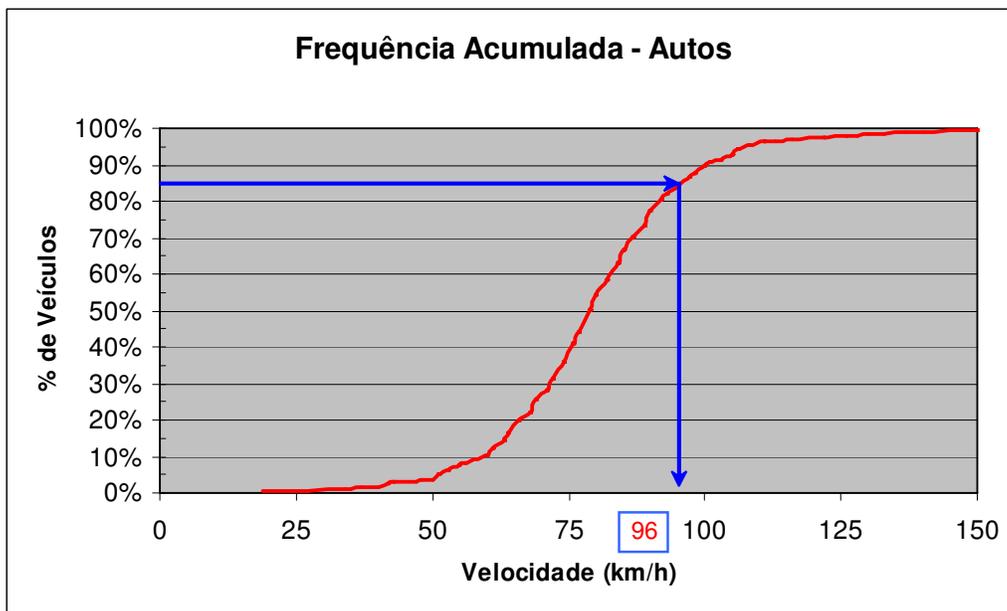
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 2

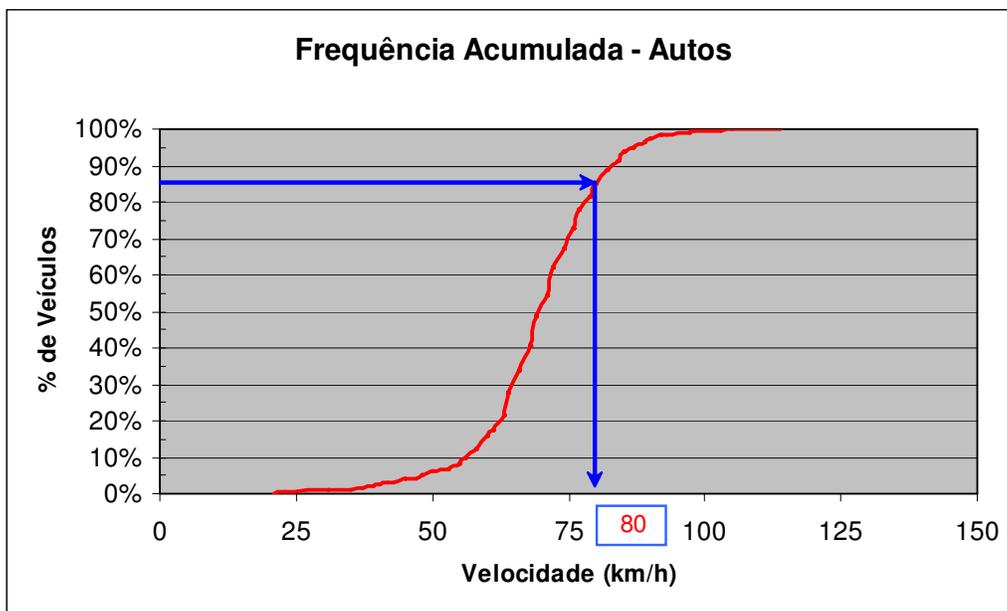
LOCAL: km 66,3

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 3**

LOCAL: km 68,4

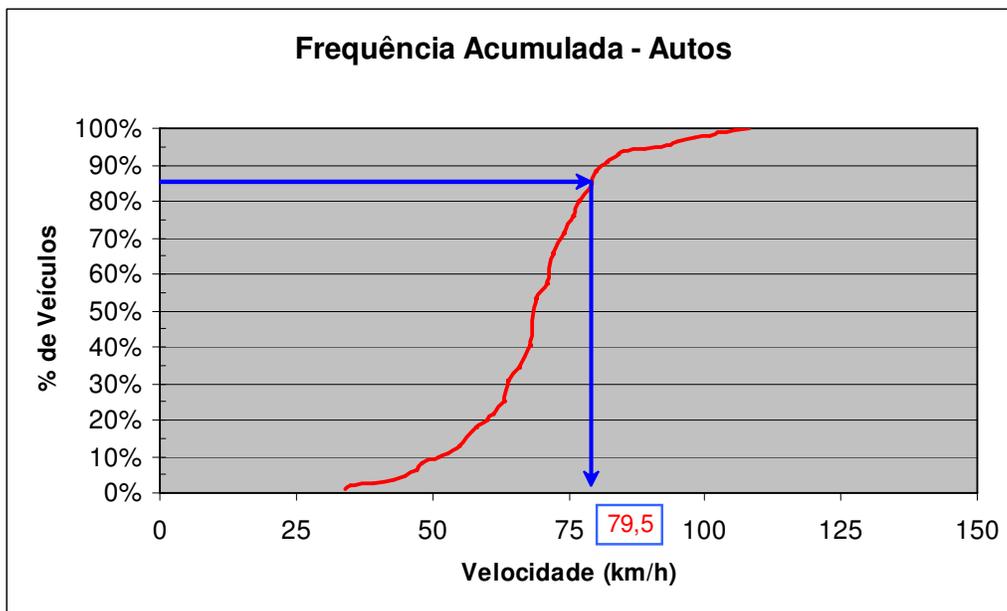
SENTIDO: LITORAL



CURVA 3

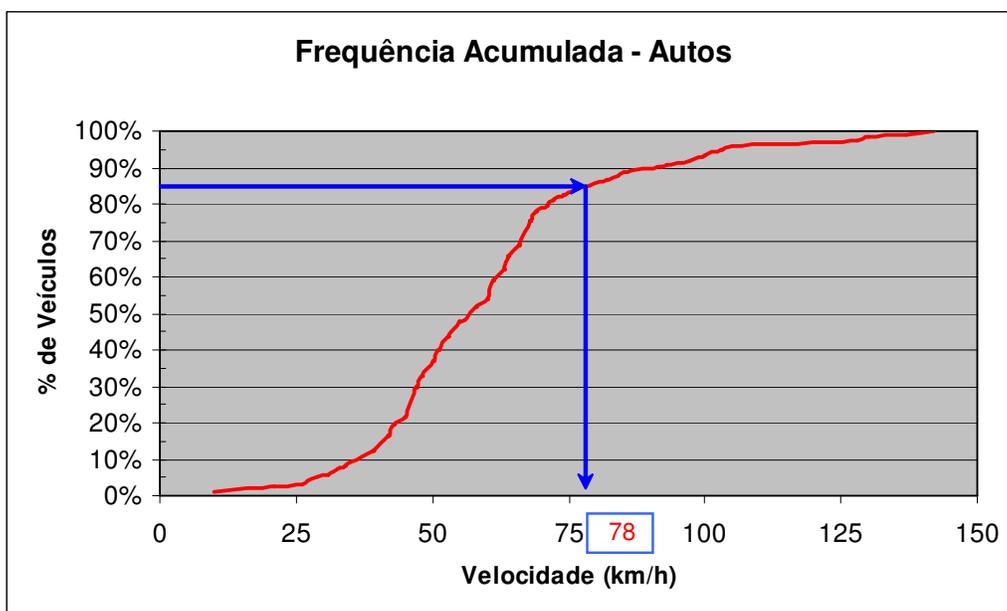
LOCAL: km 68,4

SENTIDO: INTERIOR

**CURVA 4**

LOCAL: km 69,2

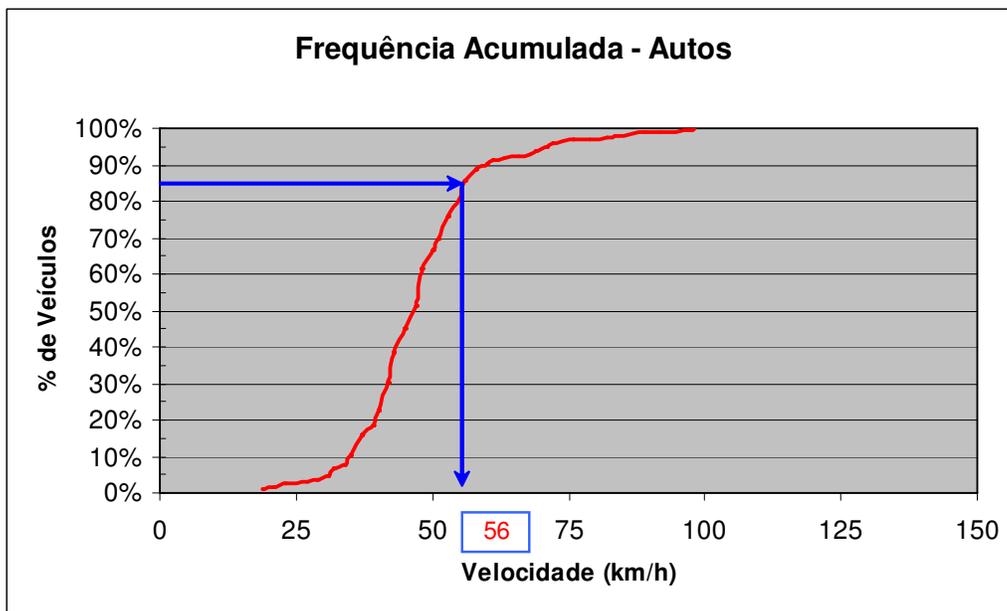
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 5

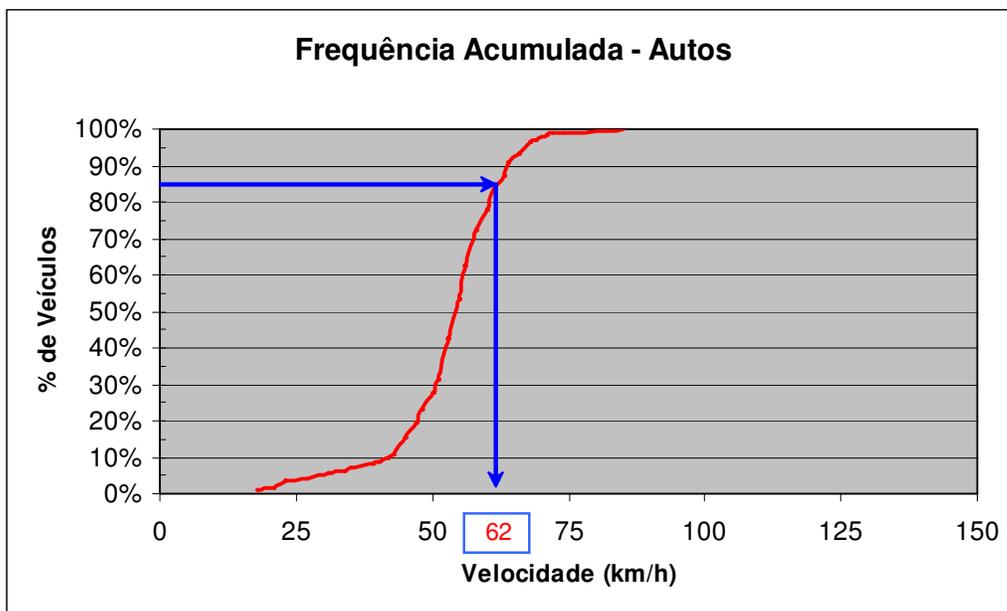
LOCAL: km 69,5

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 5**

LOCAL: km 69,5

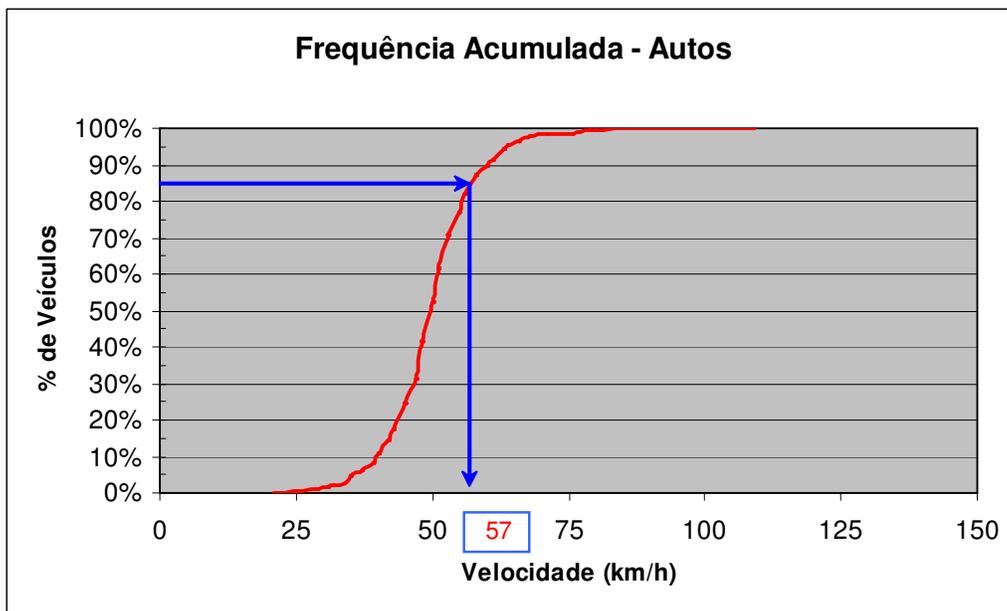
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 6

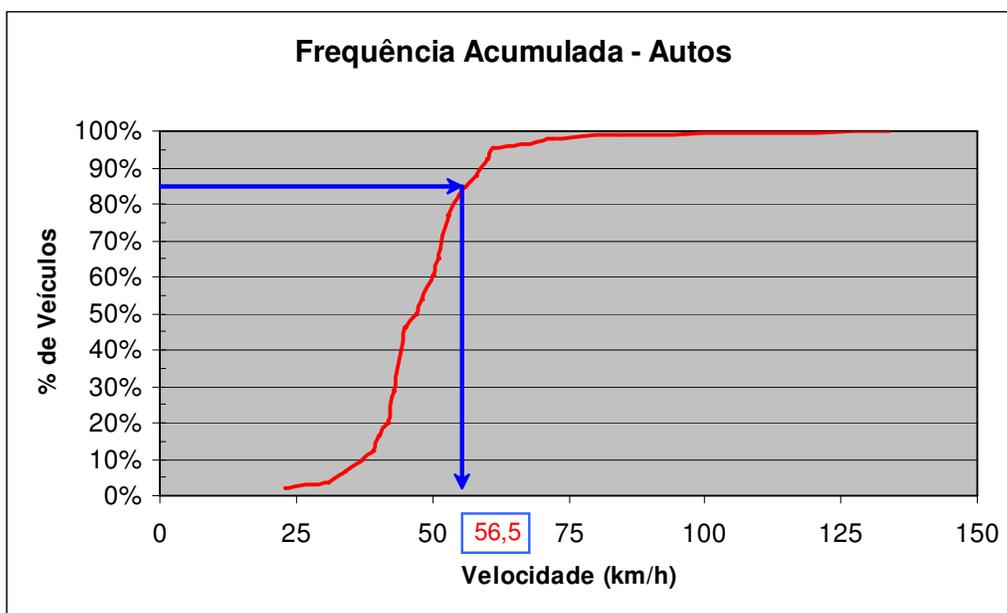
LOCAL: km 70,0

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 6**

LOCAL: km 70,0

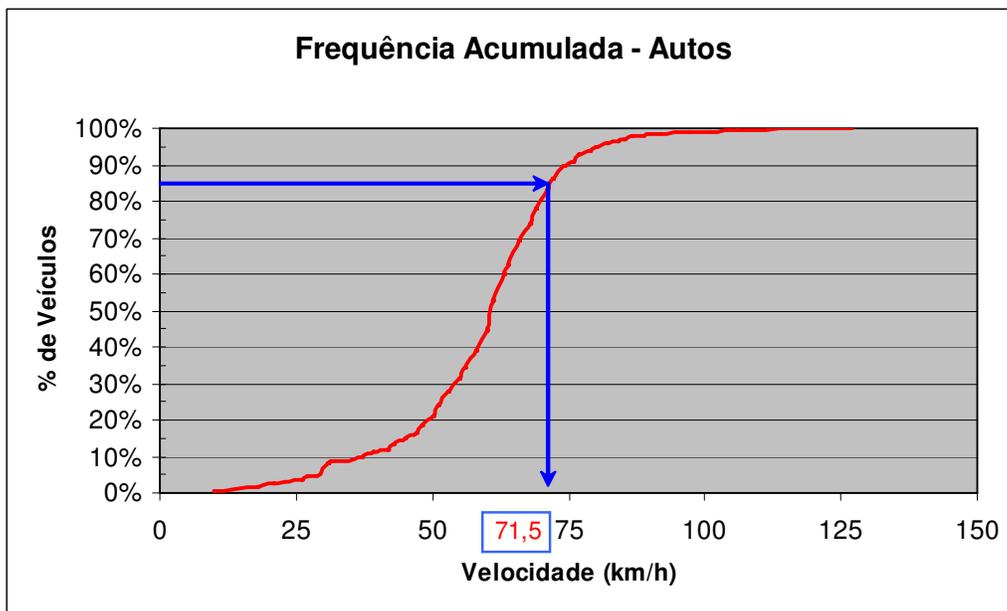
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 7

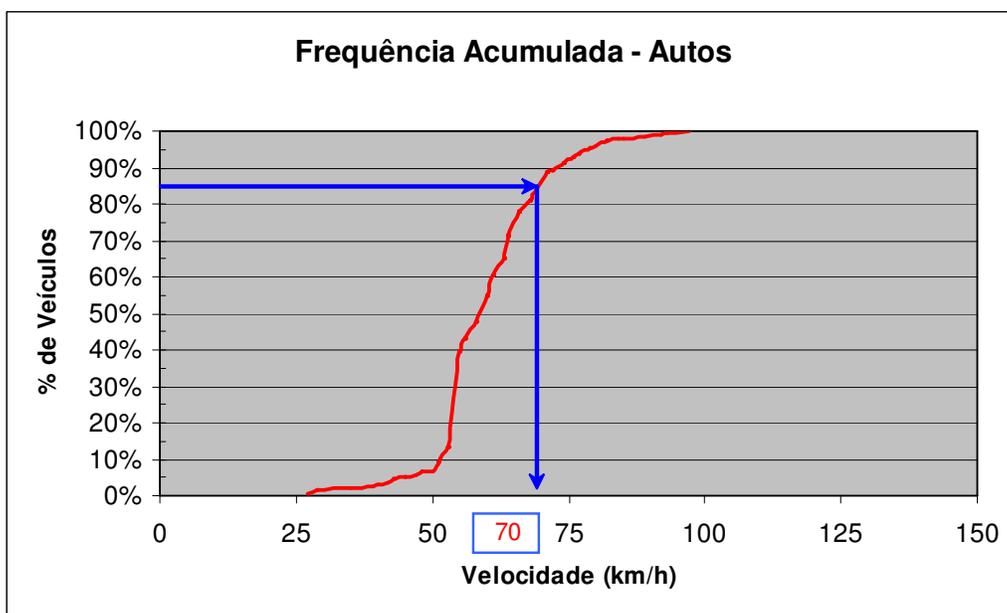
LOCAL: km 77,9

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 7**

LOCAL: km 77,9

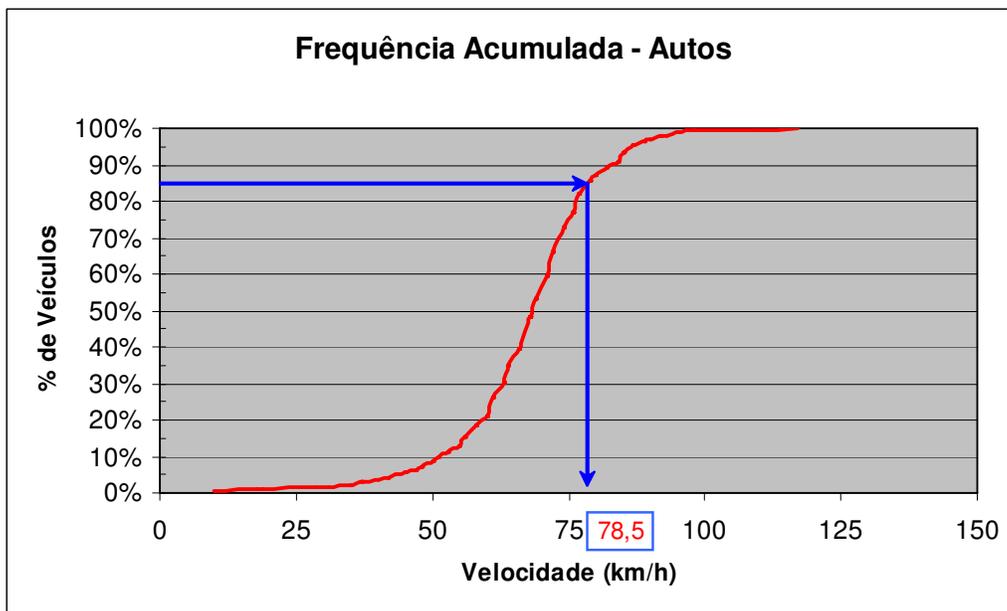
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 8

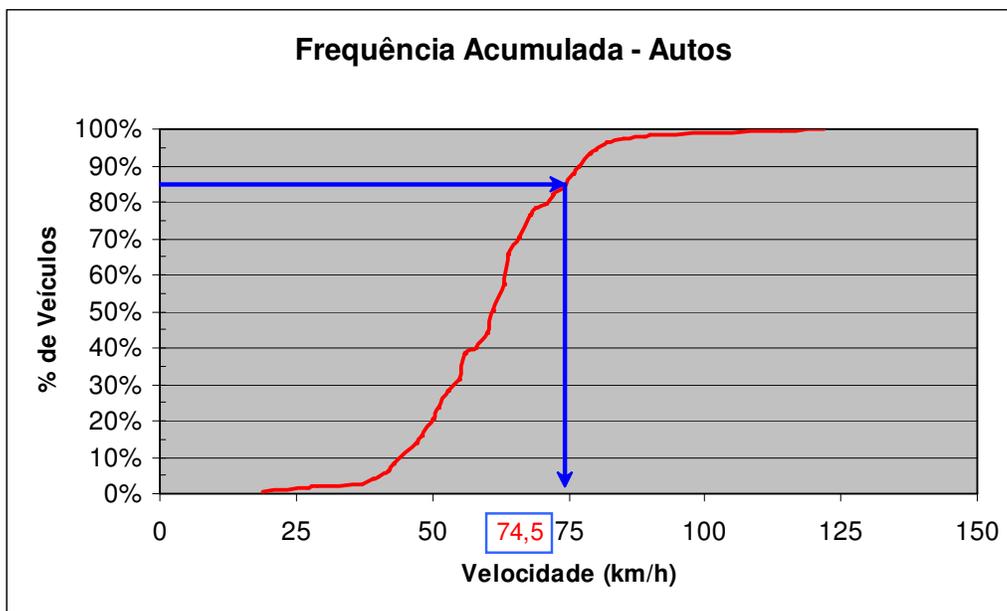
LOCAL: km 80,2

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 8**

LOCAL: km 80,2

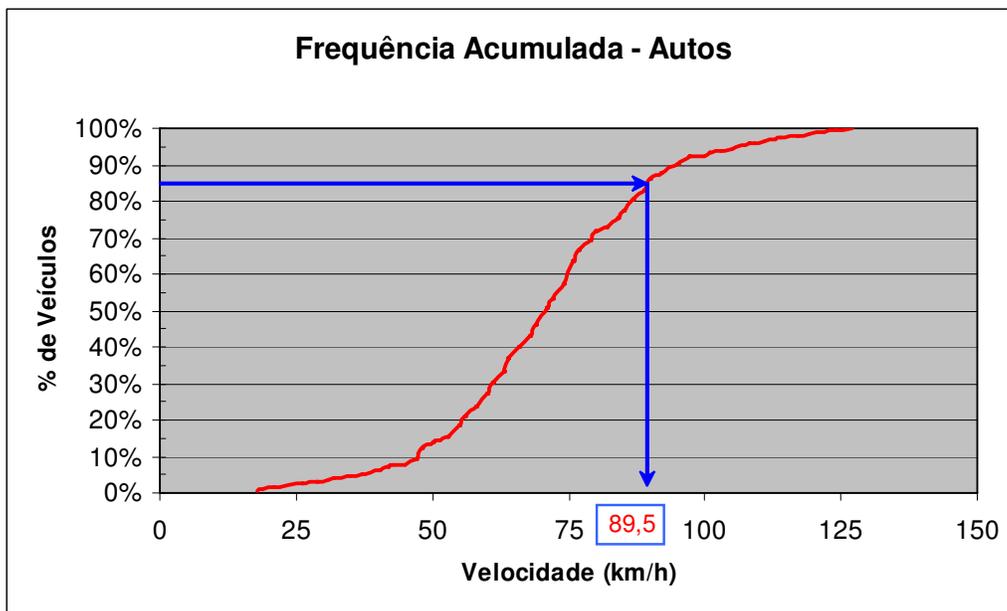
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 9

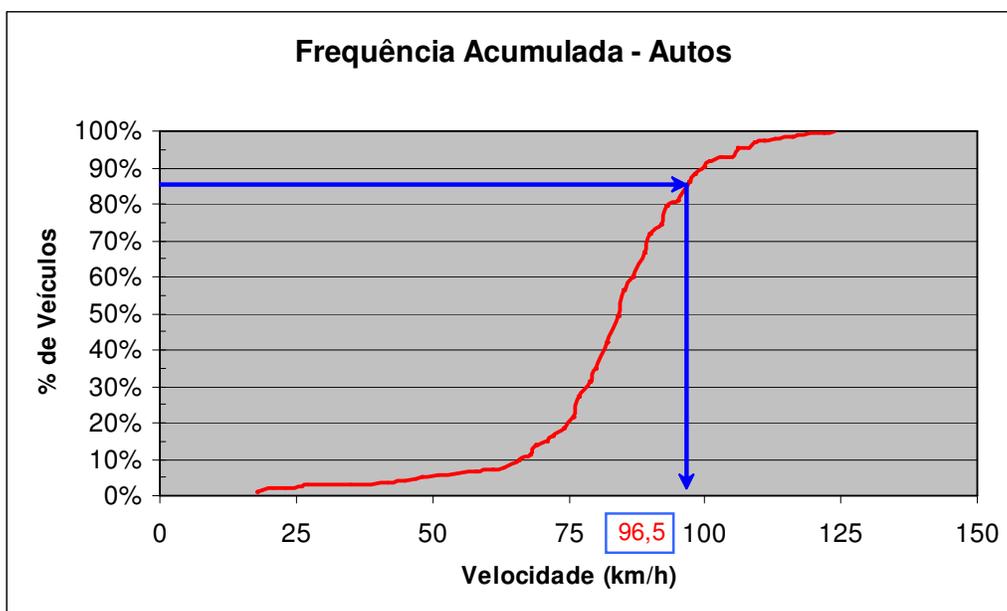
LOCAL: km 67,6

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 9**

LOCAL: km 67,6

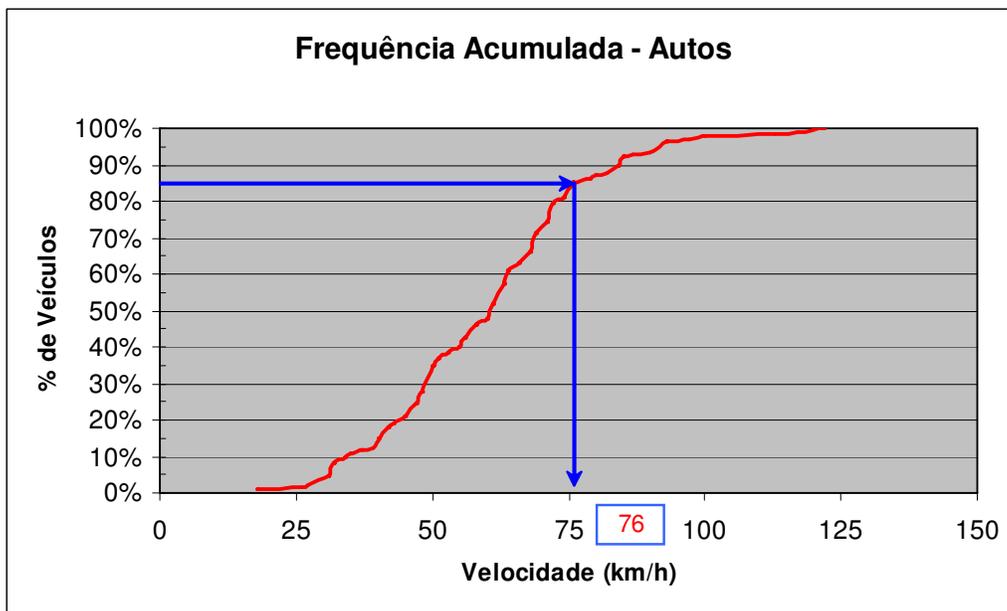
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 10

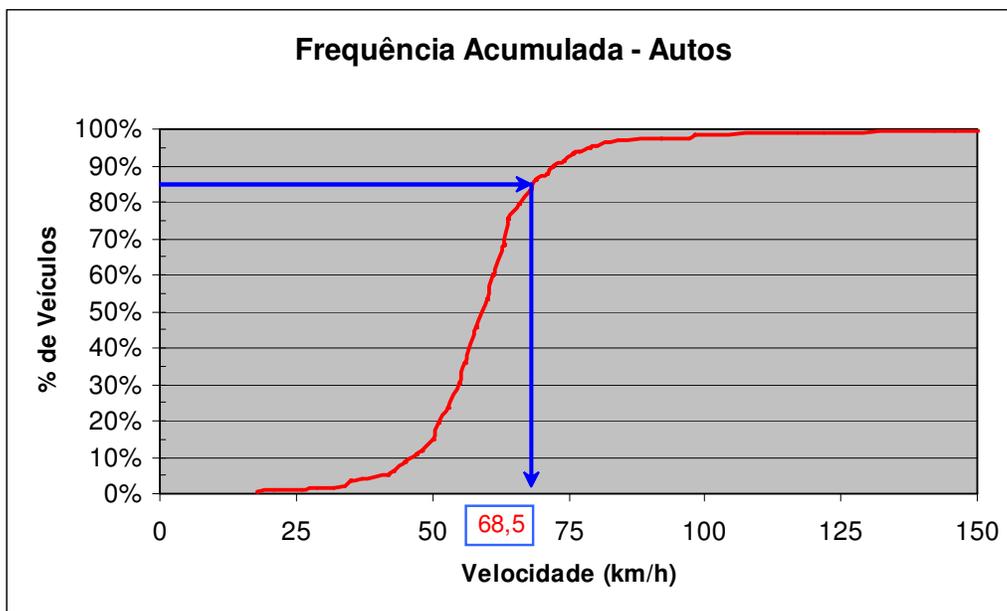
LOCAL: km 68,6

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 10**

LOCAL: km 68,6

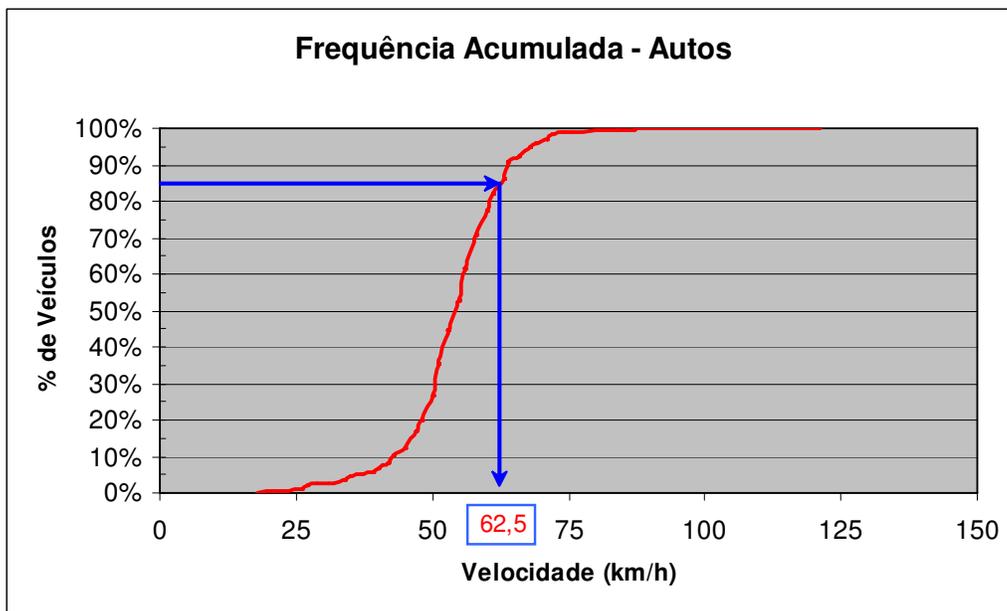
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 11

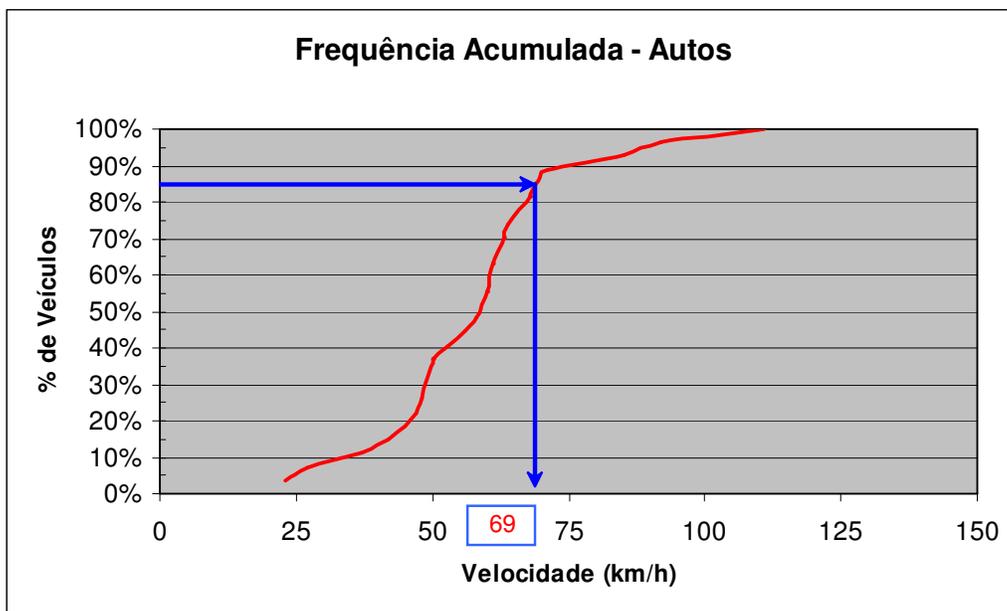
LOCAL: km 68,7

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 11**

LOCAL: km 68,7

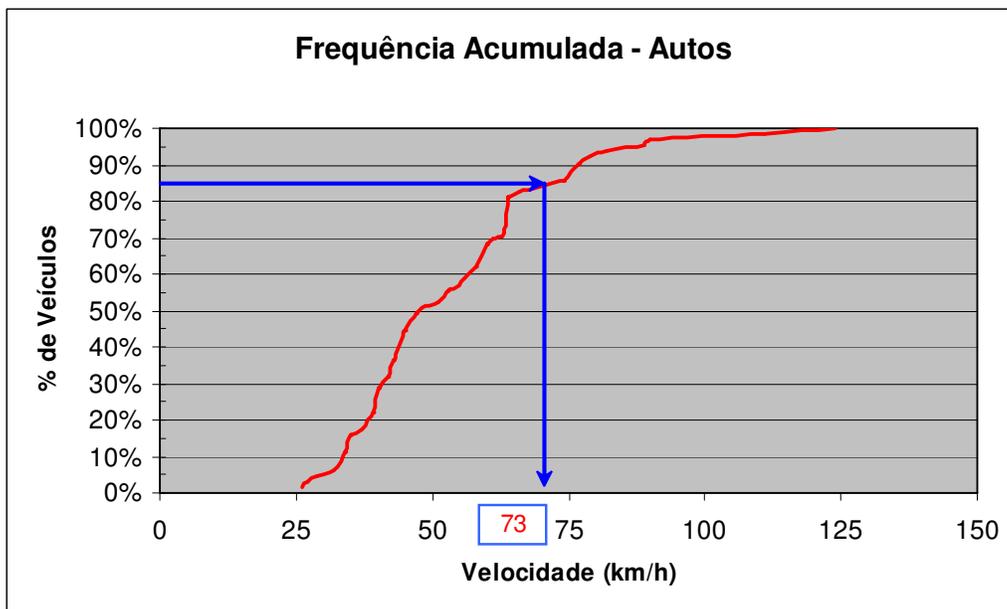
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 12

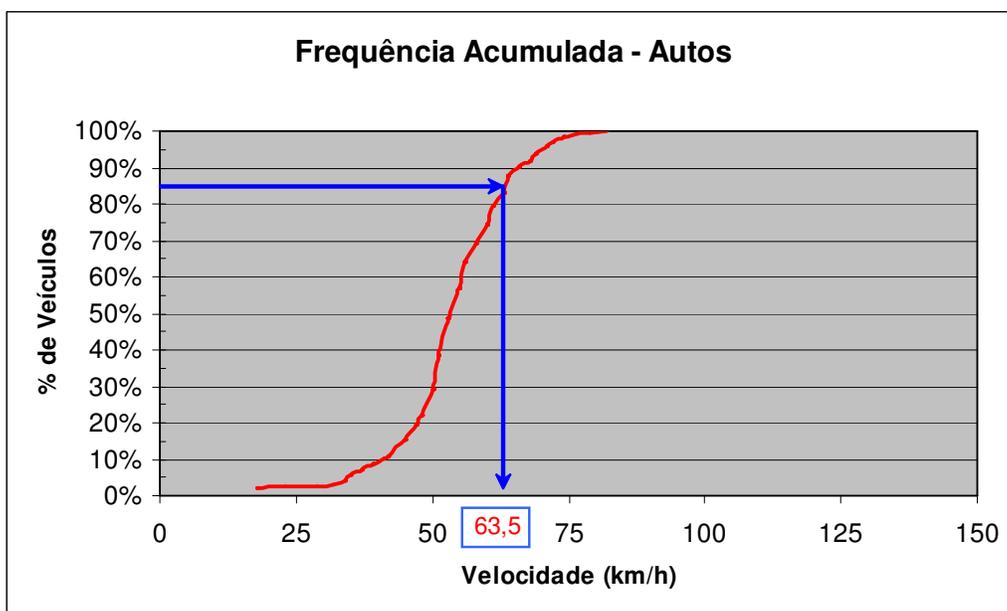
LOCAL: km 70,5

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 12**

LOCAL: km 70,5

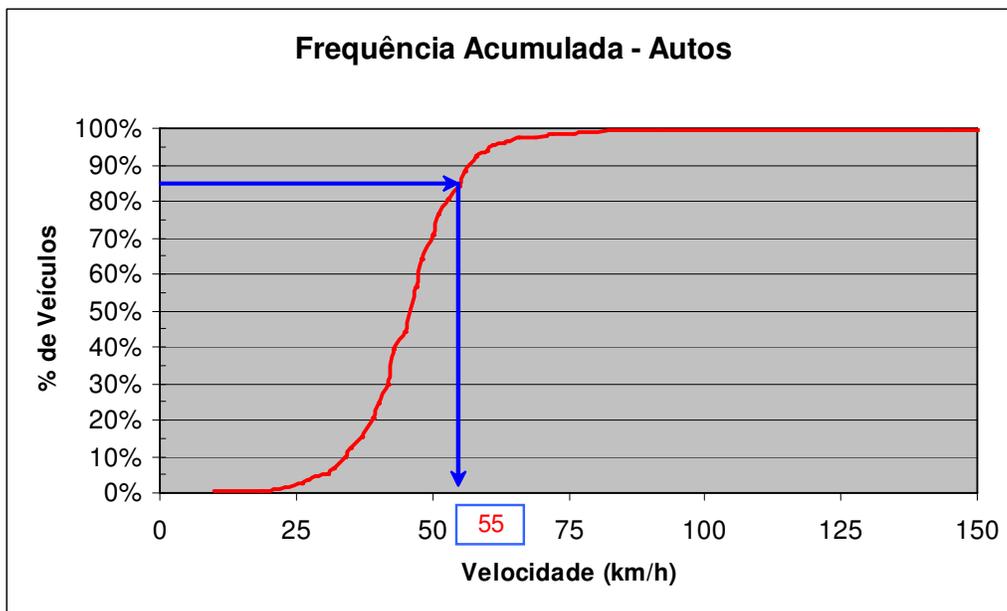
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 13

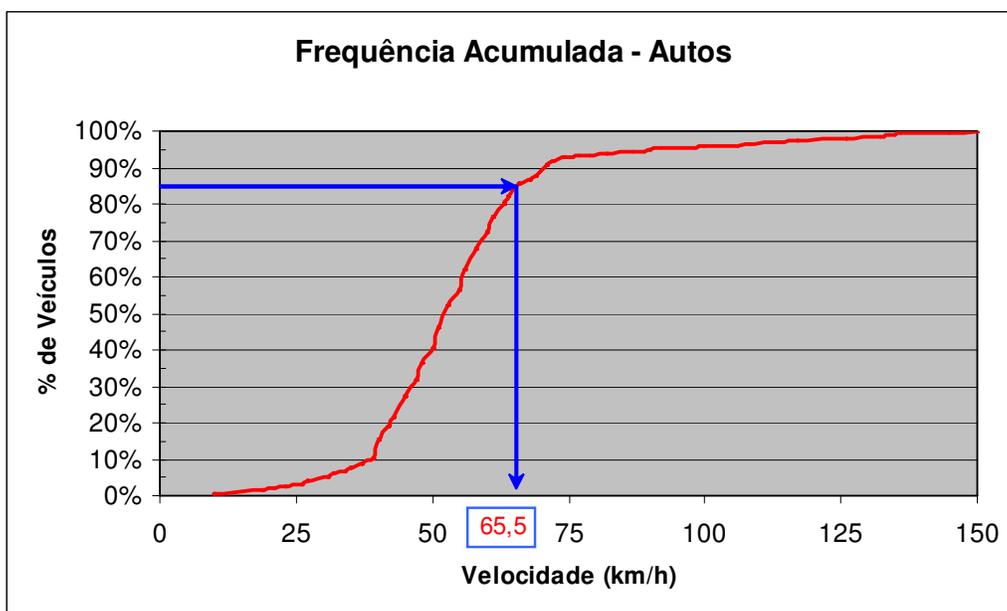
LOCAL: km 72,1

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 13**

LOCAL: km 72,1

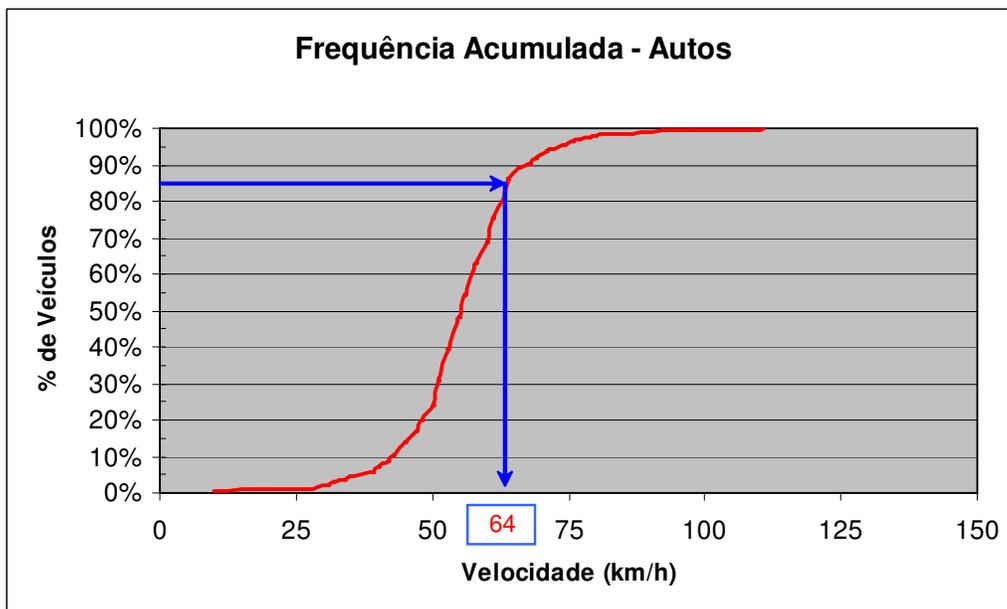
SENTIDO: INTERIOR



CURVA 14

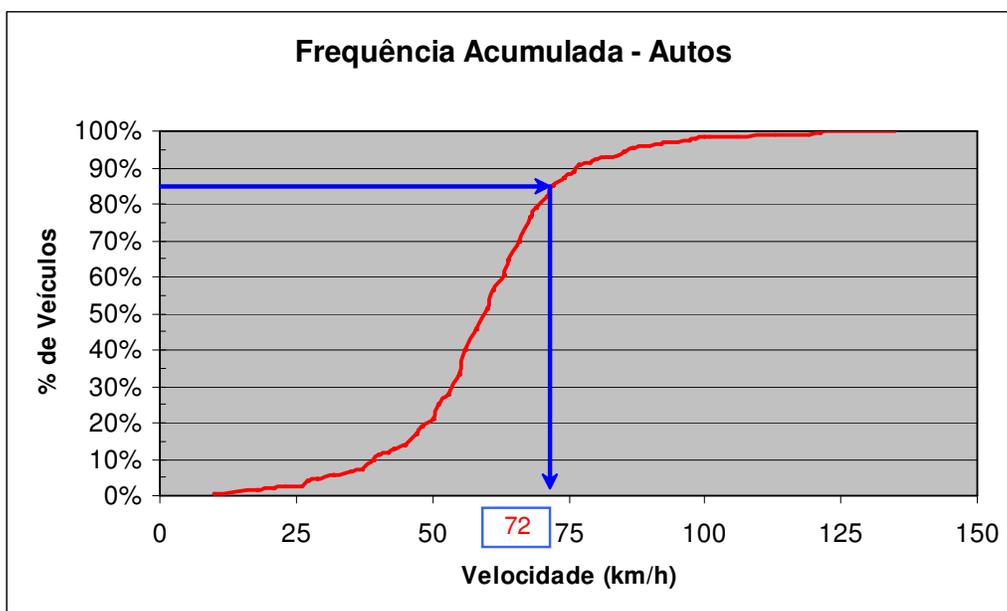
LOCAL: km 72,3

SENTIDO: LITORAL

**CURVA 14**

LOCAL: km 72,3

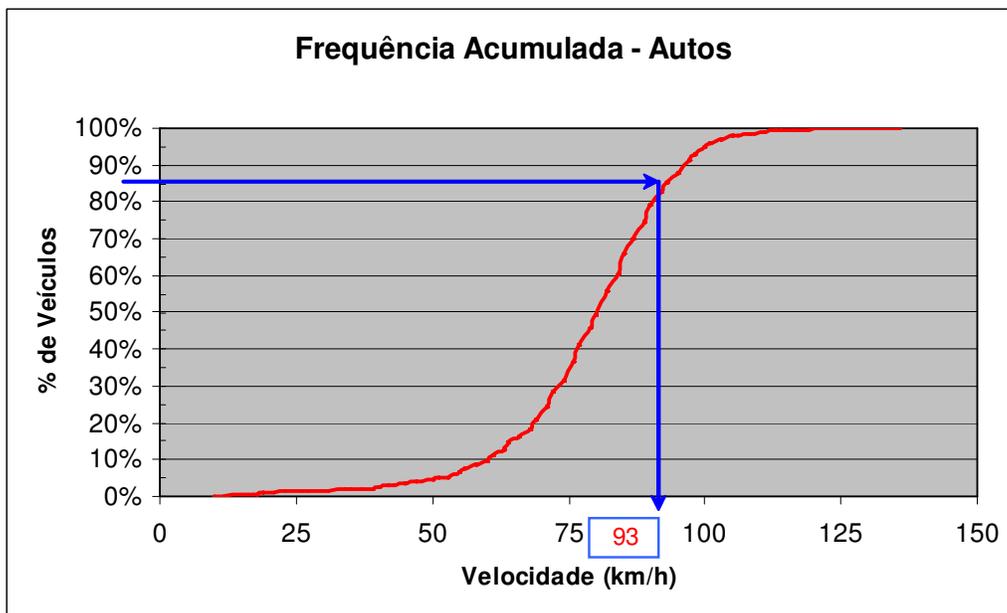
SENTIDO: INTERIOR



TANGENTE

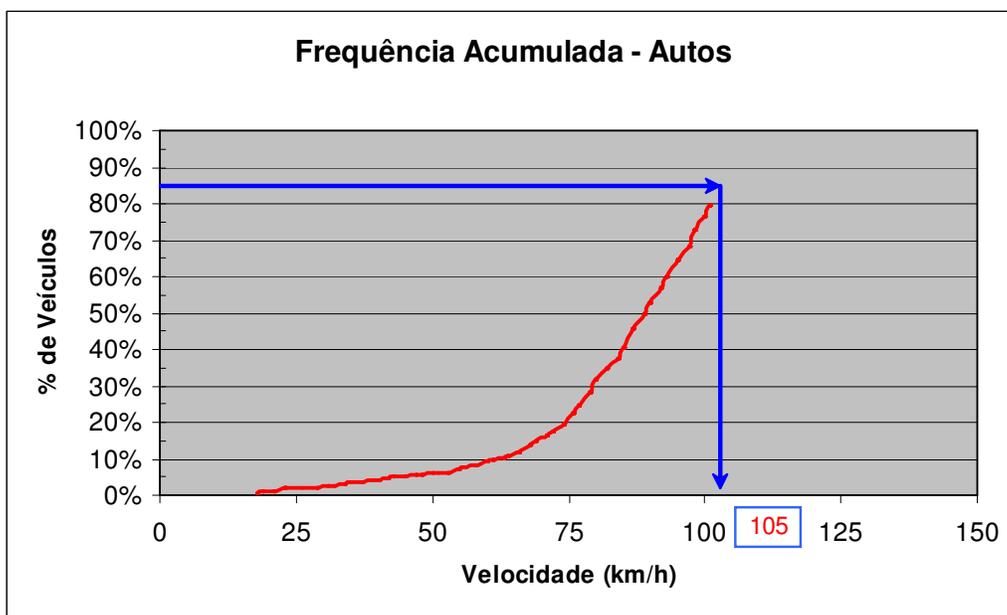
LOCAL: km 65,0

SENTIDO: LITORAL

**TANGENTE**

LOCAL: km 65,0

SENTIDO: INTERIOR



APÊNDICE B ANÁLISE DA RODOVIA SP-98 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA

PERFIL DE VELOCIDADE

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_1	63.469,59	63.524,56	63.721,70	63.786,62	54,97	197,14	64,92	399,470	129,31	100,00
curva_2	63.951,18	63.989,69	64.444,66	64.483,77	38,51	454,96	39,12	571,930	103,26	100,00
curva_3	64.578,19	64.616,68	65.209,40	65.234,23	38,48	592,73	24,83	572,620	105,88	100,00
curva_4	65.314,02	65.374,02	-	65.793,63	60,00	419,61	-	615,108	97,08	100,00
curva_5	66.071,28	-	-	66.128,70	-	57,42	-	100,499	633,84	74,92
curva_6	66.295,92	66.320,84	66.396,04	66.460,23	24,92	75,20	64,20	293,140	158,37	96,42
curva_7	66.522,93	-	-	66.696,38	-	173,46	-	296,169	215,08	100,00
curva_8	67.130,15	67.163,17	67.189,19	67.221,98	33,01	26,02	32,79	149,955	272,59	95,66
curva_9	67.426,86	67.441,34	67.543,13	67.579,48	14,49	101,79	36,35	108,373	489,90	82,01
curva_10	67.682,10	67.711,88	-	67.749,34	29,78	37,47	-	67,609	733,58	70,69
curva_11	67.749,34	-	-	67.772,43	-	23,08	-	82,000	776,83	69,00
curva_12	67.772,43	-	67.810,71	67.832,11	-	38,29	21,40	71,799	728,15	69,00
curva_13	69.665,49	-	-	69.726,59	-	61,10	-	155,410	409,88	86,56
curva_14	70.013,59	-	-	70.084,48	-	70,89	-	159,870	398,45	87,25
curva_15	70.236,52	70.271,74	70.297,60	70.316,39	35,22	25,86	18,79	89,730	469,89	83,10
curva_16	70.344,50	-	-	70.387,62	-	43,11	-	135,828	468,98	83,15
curva_17	70.487,10	-	-	70.553,91	-	66,81	-	500,796	127,20	95,42
curva_18	70.752,60	70.774,74	70.834,97	70.853,89	22,14	60,23	18,92	81,312	624,62	75,34
curva_19	70.867,40	70.885,85	-	70.890,87	18,44	5,02	-	47,107	820,87	67,36
curva_20	70.890,87	-	-	70.901,44	-	10,57	-	82,218	774,77	67,36
curva_21	70.901,44	-	70.925,17	70.956,15	-	23,73	30,99	54,118	843,79	66,54
curva_22	71.027,04	-	-	71.092,00	-	64,96	-	132,431	481,01	77,39
curva_23	71.168,34	-	-	71.220,02	-	51,67	-	122,764	518,88	80,47
curva_24	71.300,51	-	-	71.370,24	-	69,73	-	99,385	640,94	74,60
curva_25	71.524,13	71.566,03	71.583,27	71.612,75	41,89	17,24	29,48	71,022	535,70	79,61
curva_26	71.776,99	-	-	71.826,97	-	49,98	-	269,838	236,07	98,42
curva_27	71.870,11	-	-	71.939,45	-	69,34	-	250,720	254,07	97,04
curva_28	71.974,05	-	-	72.028,38	-	54,34	-	292,987	217,42	100,00
curva_29	72.045,21	-	-	72.064,46	-	19,25	-	1515,460	42,03	100,00
curva_30	72.358,09	-	-	72.431,39	-	73,30	-	245,886	259,06	96,66
curva_31	72.508,24	-	-	72.567,23	-	58,99	-	180,849	352,23	90,16
curva_32	72.687,38	-	-	72.765,41	-	78,03	-	126,198	504,76	81,21
curva_33	72.803,70	-	-	72.833,39	-	29,69	-	186,854	340,91	86,25
curva_34	73.410,88	-	-	73.498,27	-	87,40	-	253,419	251,36	97,24
curva_35	73.549,93	73.592,74	73.749,80	73.776,38	42,81	157,07	26,58	143,457	376,01	88,64
curva_36	73.828,39	-	-	73.848,54	-	20,15	-	280,963	226,72	94,88
curva_37	73.880,03	-	-	73.948,70	-	68,67	-	300,903	211,70	100,00
curva_38	73.981,28	-	-	74.052,42	-	71,14	-	158,414	402,11	87,03

Continua

Conclusão

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_39	74.117,60	-	-	74.183,69	-	66,09	-	250,053	254,75	94,92
curva_40	74.306,12	-	-	74.442,78	-	136,66	-	209,950	303,41	93,46
curva_41	74.660,26	-	-	74.801,29	-	141,04	-	230,531	276,32	95,39
curva_42	75.058,41	75.075,64	75.126,22	75.162,47	17,23	50,58	36,25	107,400	440,70	84,75
curva_43	75.252,76	75.281,86	75.383,88	75.403,49	29,10	102,01	19,61	168,913	316,18	92,57
curva_44	75.481,49	75.510,32	-	75.528,74	28,84	18,42	-	87,092	508,24	81,03
curva_45	75.528,74	-	-	75.548,69	-	19,94	-	354,790	179,54	81,03
curva_46	75.548,69	-	-	75.587,53	-	38,84	-	126,399	503,96	81,26
curva_47	77.294,54	77.396,05	-	77.409,62	101,51	13,57	-	99,258	358,72	89,74

CRITÉRIO DE SEGURANÇA I

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -Vd	classificação
curva_1	100,00	90,00	10,00	bom
curva_2	100,00	90,00	10,00	bom
curva_3	100,00	90,00	10,00	bom
curva_4	100,00	90,00	10,00	bom
curva_5	74,92	90,00	15,08	razoável
curva_6	96,42	90,00	6,42	bom
curva_7	100,00	90,00	10,00	bom
curva_8	95,66	90,00	5,66	bom
curva_9	82,01	90,00	7,99	bom
curva_10	70,69	90,00	19,31	razoável
curva_11	69,00	90,00	21,00	ruim
curva_12	69,00	90,00	21,00	ruim
curva_13	86,56	90,00	3,44	bom
curva_14	87,25	90,00	2,75	bom
curva_15	83,10	90,00	6,90	bom
curva_16	83,15	90,00	6,85	bom
curva_17	95,42	90,00	5,42	bom
curva_18	75,34	90,00	14,66	razoável
curva_19	67,36	90,00	22,64	ruim
curva_20	67,36	90,00	22,64	ruim
curva_21	66,54	90,00	23,46	ruim
curva_22	77,39	90,00	12,61	razoável
curva_23	80,47	90,00	9,53	bom
curva_24	74,60	90,00	15,40	razoável
curva_25	79,61	90,00	10,39	razoável
curva_26	98,42	90,00	8,42	bom
curva_27	97,04	90,00	7,04	bom
curva_28	100,00	90,00	10,00	bom
curva_29	100,00	90,00	10,00	bom
curva_30	96,66	90,00	6,66	bom
curva_31	90,16	90,00	0,16	bom

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -Vd	classificação
curva_32	81,21	90,00	8,79	bom
curva_33	86,25	90,00	3,75	bom
curva_34	97,24	90,00	7,24	bom
curva_35	88,64	90,00	1,36	bom
curva_36	94,88	90,00	4,88	bom
curva_37	100,00	90,00	10,00	bom
curva_38	87,03	90,00	2,97	bom
curva_39	94,92	90,00	4,92	bom
curva_40	93,46	90,00	3,46	bom
curva_41	95,39	90,00	5,39	bom
curva_42	84,75	90,00	5,25	bom
curva_43	92,57	90,00	2,57	bom
curva_44	81,03	90,00	8,97	bom
curva_45	81,03	90,00	8,97	bom
curva_46	81,26	90,00	8,74	bom
curva_47	89,74	90,00	0,26	bom

CRITÉRIO DE SEGURANÇA II

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85,i} -V _{85,i+1}	classificação
curva_1	100,00	0,00	bom
tangente_2	100,00	0,00	bom
curva_2	100,00	0,00	bom
tangente_3	100,00	0,00	bom
curva_3	100,00	0,00	bom
tangente_4	100,00	0,00	bom
curva_4	100,00	0,00	bom
tangente_5	100,00	25,08	ruim
curva_5	74,92	21,50	ruim
curva_6	96,42	3,58	bom
tangente_7	100,00	0,00	bom
curva_7	100,00	0,00	bom
tangente_8	100,00	4,34	bom
curva_8	95,66	4,34	bom
tangente_9	100,00	17,99	razoável
curva_9	82,01	1,61	bom
tangente_10	83,62	12,92	razoável
curva_10	70,69	1,69	bom
curva_11	69,00	0,00	bom
curva_12	69,00	31,00	ruim
tangente_13	100,00	13,44	razoável
curva_13	86,56	13,44	razoável
tangente_14	100,00	12,75	razoável
curva_14	87,25	7,27	bom
tangente_15	94,52	11,42	razoável
curva_15	83,10	1,87	bom

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
tangente_16	84,97	1,82	bom
curva_16	83,15	12,27	razoável
curva_17	95,42	2,45	bom
tangente_18	97,88	22,54	ruim
curva_18	75,34	7,98	bom
curva_19	67,36	0,00	bom
curva_20	67,36	0,82	bom
curva_21	66,54	10,85	razoável
curva_22	77,39	6,85	bom
tangente_23	84,24	3,77	bom
curva_23	80,47	2,64	bom
tangente_24	83,11	8,51	bom
curva_24	74,60	13,32	razoável
tangente_25	87,92	8,31	bom
curva_25	79,61	19,65	razoável
tangente_26	99,26	0,85	bom
curva_26	98,42	1,58	bom
tangente_27	100,00	2,96	bom
curva_27	97,04	2,96	bom
tangente_28	100,00	0,00	bom
curva_28	100,00	0,00	bom
tangente_29	100,00	0,00	bom
curva_29	100,00	0,00	bom
tangente_30	100,00	3,34	bom
curva_30	96,66	1,23	bom
tangente_31	97,89	7,73	bom
curva_31	90,16	3,04	bom
tangente_32	93,20	11,98	razoável
curva_32	81,21	5,04	bom
curva_33	86,25	13,75	razoável
tangente_34	100,00	2,76	bom
curva_34	97,24	8,61	bom
curva_35	88,64	6,24	bom
tangente_36	94,88	0,00	bom
curva_36	94,88	5,12	bom
curva_37	100,00	12,97	razoável
curva_38	87,03	7,89	bom
curva_39	94,92	5,08	bom
tangente_40	100,00	6,54	bom
curva_40	93,46	6,54	bom
tangente_41	100,00	4,61	bom
curva_41	95,39	4,61	bom
tangente_42	100,00	15,25	razoável
curva_42	84,75	9,58	bom
tangente_43	94,33	1,76	bom
curva_43	92,57	11,54	razoável
curva_44	81,03	0,00	bom
curva_45	81,03	0,23	bom
curva_46	81,26	18,74	razoável
tangente_47	100,00	10,26	razoável
curva_47	89,74	10,26	razoável
tangente_48	100,00	100,00	ruim

CRITÉRIO DE SEGURANÇA III

Local	Critério III			classificação
	f_{RA}	f_{RD}	diferença	
curva_1	0,1086	0,0821	0,0265	bom
curva_2	0,1032	0,0696	0,0336	bom
curva_3	0,1038	0,0709	0,0329	bom
curva_4	0,1018	0,0666	0,0352	bom
curva_5	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_6	0,1133	0,0955	0,0178	bom
curva_7	0,1203	0,1202	0,0001	razoável
curva_8	0,1255	0,1436	-0,0181	razoável
curva_9	0,1374	0,2199	-0,0825	ruim
curva_10	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_11	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_12	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_13	0,1339	0,1937	-0,0598	ruim
curva_14	0,1334	0,1898	-0,0565	ruim
curva_15	0,1366	0,2135	-0,0769	ruim
curva_16	0,1366	0,2132	-0,0767	ruim
curva_17	0,1082	0,0811	0,0271	bom
curva_18	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_19	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_20	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_21	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_22	0,1370	0,2171	-0,0800	ruim
curva_23	0,1385	0,2289	-0,0904	ruim
curva_24	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_25	0,1391	0,2340	-0,0949	ruim
curva_26	0,1224	0,1289	-0,0066	razoável
curva_27	0,1240	0,1363	-0,0123	razoável
curva_28	0,1205	0,1212	-0,0007	razoável
curva_29	0,0825	0,0384	0,0442	bom
curva_30	0,1244	0,1383	-0,0139	razoável
curva_31	0,1309	0,1736	-0,0427	ruim
curva_32	0,1380	0,2245	-0,0866	ruim
curva_33	0,1302	0,1695	-0,0393	razoável
curva_34	0,1237	0,1352	-0,0114	razoável
curva_35	0,1322	0,1820	-0,0498	ruim
curva_36	0,1215	0,1251	-0,0036	razoável
curva_37	0,1199	0,1188	0,0011	razoável
curva_38	0,1335	0,1911	-0,0575	ruim
curva_39	0,1240	0,1365	-0,0125	razoável
curva_40	0,1278	0,1555	-0,0278	razoável
curva_41	0,1258	0,1451	-0,0193	razoável
curva_42	0,1353	0,2040	-0,0687	ruim
curva_43	0,1286	0,1603	-0,0317	razoável
curva_44	0,1381	0,2256	-0,0875	ruim
curva_45	0,1162	0,1049	0,0113	bom
curva_46	0,1379	0,2243	-0,0864	ruim
curva_47	0,1312	0,1759	-0,0447	ruim

ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

Local	Critério I	Critério II	Critério III	Classificação Ponderada
curva_1	bom	bom	bom	bom
tangente_2	-	bom	-	bom
curva_2	bom	bom	bom	bom
tangente_3	-	bom	-	bom
curva_3	bom	bom	bom	bom
tangente_4	-	bom	-	bom
curva_4	bom	bom	bom	bom
tangente_5	-	ruim	-	ruim
curva_5	razoável	ruim	N/A	ruim
curva_6	bom	bom	bom	bom
tangente_7	-	bom	-	bom
curva_7	bom	bom	razoável	bom
tangente_8	-	bom	-	bom
curva_8	bom	bom	razoável	bom
tangente_9	-	razoável	-	razoável
curva_9	bom	bom	ruim	bom
tangente_10	-	razoável	-	razoável
curva_10	razoável	bom	N/A	bom
curva_11	ruim	bom	N/A	bom
curva_12	ruim	ruim	N/A	ruim
tangente_13	-	razoável	-	razoável
curva_13	bom	razoável	ruim	razoável
tangente_14	-	razoável	-	razoável
curva_14	bom	bom	ruim	bom
tangente_15	-	razoável	-	razoável
curva_15	bom	bom	ruim	bom
tangente_16	-	bom	-	bom
curva_16	bom	razoável	ruim	razoável
curva_17	bom	bom	bom	bom
tangente_18	-	ruim	-	ruim
curva_18	razoável	bom	N/A	bom
curva_19	ruim	bom	N/A	bom
curva_20	ruim	bom	N/A	bom
curva_21	ruim	razoável	N/A	razoável
curva_22	razoável	bom	ruim	razoável
tangente_23	-	bom	-	bom
curva_23	bom	bom	ruim	bom
tangente_24	-	bom	-	bom
curva_24	razoável	razoável	N/A	razoável
tangente_25	-	bom	-	bom
curva_25	razoável	razoável	ruim	razoável
tangente_26	-	bom	-	bom
curva_26	bom	bom	razoável	bom
tangente_27	-	bom	-	bom
curva_27	bom	bom	razoável	bom
tangente_28	-	bom	-	bom
curva_28	bom	bom	razoável	bom

Continua

Conclusão

Local	Critério I	Critério II	Critério III	Classificação Ponderada
tangente_29	-	bom	-	bom
curva_29	bom	bom	bom	bom
tangente_30	-	bom	-	bom
curva_30	bom	bom	razoável	bom
tangente_31	-	bom	-	bom
curva_31	bom	bom	ruim	bom
tangente_32	-	razoável	-	razoável
curva_32	bom	bom	ruim	bom
curva_33	bom	razoável	razoável	razoável
tangente_34	-	bom	-	bom
curva_34	bom	bom	razoável	bom
curva_35	bom	bom	ruim	bom
tangente_36	-	bom	-	bom
curva_36	bom	bom	razoável	bom
curva_37	bom	razoável	razoável	razoável
curva_38	bom	bom	ruim	bom
curva_39	bom	bom	razoável	bom
tangente_40	-	bom	-	bom
curva_40	bom	bom	razoável	bom
tangente_41	-	bom	-	bom
curva_41	bom	bom	razoável	bom
tangente_42	-	razoável	-	razoável
curva_42	bom	bom	ruim	bom
tangente_43	-	bom	-	bom
curva_43	bom	razoável	razoável	razoável
curva_44	bom	bom	ruim	bom
curva_45	bom	bom	bom	bom
curva_46	bom	razoável	ruim	razoável
tangente_47	-	razoável	-	razoável
curva_47	bom	razoável	ruim	razoável

APÊNDICE C ANÁLISE DA RODOVIA SP-99 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA

PERFIL DE VELOCIDADE

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_1	64656,45	64726,45	64930,70	65000,70	70,00	204,25	70,00	620,00	81,85	100,00
curva_2	65306,33	65386,33	65698,67	65778,67	80,00	312,33	80,00	615,00	86,03	100,00
curva_3	66032,42	66112,35	66401,37	66481,37	79,94	289,02	80,00	410,00	127,69	100,00
curva_4	67425,24	67505,24	67803,97	67883,97	80,00	298,73	80,00	360,00	146,09	100,00
curva_5	68116,57	68176,57	68222,58	68282,58	60,00	46,01	60,00	250,00	162,71	100,00
curva_6	68343,07	68403,07	68480,77	68540,77	60,00	77,70	60,00	185,00	239,82	98,13
curva_7	68575,32			68657,60	-	82,28	-	85,00	749,41	70,06
curva_8	68702,10			68764,46	-	62,36	-	70,00	910,00	64,27
curva_9	68877,20			68998,32	-	121,12	-	50,00	1274,00	54,13
curva_10	68998,32			69051,85	-	53,53	-	145,28	438,46	54,13
curva_11	69159,05			69230,39	-	71,34	-	120,00	530,83	79,86
curva_12	69467,15			69520,69	-	53,54	-	50,00	1274,00	54,13
curva_13	69620,05			69674,59	-	54,54	-	49,00	1300,00	53,52
curva_14	69718,54			69784,58	-	66,04	-	56,00	1137,50	57,53
curva_15	69790,14			69844,06	-	53,92	-	322,95	197,24	58,59
curva_16	69844,06			69928,11	-	84,04	-	53,00	1201,89	55,87
curva_17	69962,80			70041,56	-	78,76	-	125,00	509,60	62,34
curva_18	70083,91			70135,16	-	51,25	-	53,00	1201,89	55,87
curva_19	70210,51			70262,51	-	52,00	-	50,00	1274,00	54,13
curva_20	70269,97			70314,13	-	44,16	-	40,00	1592,50	47,56
curva_21	70357,83			70414,14	-	56,31	-	50,00	1274,00	54,13
curva_22	70486,98			70605,12	-	118,14	-	90,00	707,78	67,34
curva_23	70636,38			70741,73	-	105,35	-	50,00	1274,00	54,13
curva_24	70768,09			70823,86	-	55,77	-	29,00	2196,55	38,66
curva_25	70851,80			70910,54	-	58,74	-	30,00	2123,33	39,56
curva_26	70934,07			71069,65	-	135,58	-	39,85	1598,49	45,65
curva_27	71117,55			71190,07	-	72,52	-	60,00	1061,67	57,51
curva_28	71248,25			71400,13	-	151,88	-	64,50	987,60	61,80
curva_29	71452,45			71512,81	-	60,36	-	77,00	827,27	67,13
curva_30	71539,93			71612,58	-	72,65	-	31,00	2054,84	40,44
curva_31	71612,58			71656,07	-	43,49	-	200,00	318,50	40,44
curva_32	71656,07			71716,71	-	60,64	-	91,00	700,00	72,06
curva_33	71859,76			71939,59	-	79,83	-	500,00	127,40	91,35
curva_34	71976,52			72056,76	-	80,24	-	25,32	2515,80	35,18
curva_35	72094,30			72141,57	-	47,28	-	77,50	821,94	45,44
curva_36	72207,83			72251,47	-	43,64	-	75,00	849,33	66,34
curva_37	72270,00			72320,56	-	50,56	-	700,00	91,00	69,35
curva_38	72338,34			72385,49	-	47,14	-	45,00	1415,56	51,00
curva_39	72428,00			72462,30	-	34,30	-	100,00	637,00	59,48
curva_40	72546,56			72564,28	-	17,72	-	38,94	1636,06	46,78

Continua

Continuação

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_41	72564,28			72665,98	-	101,70	-	30,25	2105,79	39,78
curva_42	72687,51			72715,96	-	28,45	-	47,50	1341,05	45,35
curva_43	72719,36			72758,55	-	39,19	-	82,00	776,83	53,31
curva_44	72758,55			72806,40	-	47,85	-	37,35	1705,31	45,60
curva_45	72872,01			72943,37	-	71,36	-	80,00	796,25	59,37
curva_46	73078,02			73122,80	-	44,79	-	132,25	481,66	82,45
curva_47	73156,98			73280,55	-	123,57	-	49,50	1286,87	53,83
curva_48	73332,96			73364,18	-	31,22	-	1000,00	63,70	63,66
curva_49	73419,56			73466,25	-	46,70	-	75,00	849,33	66,34
curva_50	73547,63			73614,81	-	67,18	-	120,00	530,83	78,70
curva_51	73722,09			73790,12	-	68,03	-	700,00	91,00	93,49
curva_52	73815,67			73880,98	-	65,31	-	100,00	637,00	74,78
curva_53	73949,06			73966,08	-	17,02	-	200,00	318,50	84,22
curva_54	73989,06			74044,57	-	55,51	-	65,00	980,00	62,04
curva_55	74077,73			74104,49	-	26,76	-	60,00	1061,67	59,62
curva_56	74114,79			74160,32	-	45,53	-	65,00	980,00	61,49
curva_57	74273,66			74316,25	-	42,59	-	40,00	1592,50	47,56
curva_58	74318,74			74393,35	-	74,61	-	63,00	1011,11	48,13
curva_59	74491,91			74549,48	-	57,57	-	65,00	980,00	62,04
curva_60	74637,53	74667,53	74725,28	74755,28	30,00	57,75	30,00	40,00	1186,77	56,26
curva_61	74785,47			74828,38	-	42,91	-	60,00	1061,67	59,62
curva_62	74863,30			74909,11	-	45,81	-	70,00	910,00	64,27
curva_63	74919,11	74949,11	74971,78	75001,78	30,00	22,66	30,00	50,00	811,64	65,96
curva_64	75058,72			75109,98	-	51,25	-	100,00	637,00	74,78
curva_65	75129,59			75175,29	-	45,70	-	55,00	1158,18	56,99
curva_66	75203,73			75269,60	-	65,86	-	60,00	1061,67	59,62
curva_67	75299,62			75372,07	-	72,45	-	70,00	910,00	64,27
curva_68	75461,43			75508,40	-	46,97	-	65,00	980,00	62,04
curva_69	75590,72			75623,95	-	33,23	-	250,00	254,80	75,25
curva_70	75758,97			75774,28	-	15,30	-	700,00	91,00	100,00
curva_71	75822,52			75897,53	-	75,01	-	50,00	1274,00	54,13
curva_72	76083,29			76145,01	-	61,73	-	60,00	1061,67	59,62
curva_73	76145,01			76177,26	-	32,24	-	170,00	374,71	59,62
curva_74	76194,60			76266,10	-	71,49	-	39,00	1633,33	46,83
curva_75	76296,53			76450,54	-	154,01	-	65,50	972,52	53,51
curva_76	76597,45			76656,53	-	59,08	-	57,50	1107,83	58,33
curva_77	76707,49			76777,67	-	70,17	-	45,00	1415,56	51,00
curva_78	76784,12			76841,65	-	57,54	-	300,00	212,33	52,37
curva_79	76884,10			76924,75	-	40,64	-	95,00	670,53	73,31
curva_80	76980,19			77077,87	-	97,68	-	47,50	1341,05	52,60
curva_81	77142,85			77287,63	-	144,78	-	60,50	1052,89	59,87
curva_82	77382,93			77429,64	-	46,71	-	64,50	987,60	61,80
curva_83	77504,76			77610,75	-	106,00	-	48,50	1313,40	53,22
curva_84	77658,40			77723,88	-	65,48	-	110,00	579,09	62,31
curva_85	77782,00			77831,28	-	49,28	-	29,00	2196,55	38,66
curva_86	77917,02			78006,43	-	89,41	-	143,00	445,45	58,17
curva_87	78035,28	78065,28	78113,01	78143,01	30,00	47,73	30,00	73,00	629,61	75,11
curva_88	78186,26			78229,33	-	43,07	-	150,00	424,67	81,21
curva_89	78367,08			78430,22	-	63,13	-	60,00	1061,67	59,62
curva_90	78461,53			78565,06	-	103,53	-	125,00	509,60	65,15
curva_91	78674,14			78749,83	-	75,70	-	117,00	544,44	79,17
curva_92	78805,94			78855,86	-	49,92	-	200,00	318,50	86,63

Continua

Conclusão

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_93	78974,64			79006,85	-	32,21	-	150,00	424,67	85,68
curva_94	79029,89			79086,71	-	56,82	-	250,00	254,80	88,59
curva_95	79170,52			79227,54	-	57,02	-	54,40	1170,96	56,66
curva_96	79262,89			79304,14	-	41,25	-	130,00	490,00	63,16
curva_97	79340,48			79400,11	-	59,63	-	130,00	490,00	82,00
curva_98	79400,11			79469,71	-	69,60	-	50,00	1274,00	54,13
curva_99	79505,31			79568,85	-	63,54	-	100,00	637,00	60,94
curva_100	79683,20	79713,20	79804,93	79834,93	30,00	91,73	30,00	62,50	817,69	67,48
curva_101	79892,36			79948,79	-	56,43	-	350,00	182,00	76,28
curva_102	79998,18			80045,59	-	47,40	-	148,00	430,41	85,34
curva_103	80124,97			80268,27	-	143,30	-	226,50	281,24	95,03
curva_104	80368,59			80420,79	-	52,20	-	150,00	424,67	85,68
curva_105	80471,93	80511,93	80586,88	80586,88	40,00	74,94	-	125,00	420,93	85,90
curva_106	80854,39	80894,39	80956,46	80996,46	40,00	62,07	40,00	140,00	326,89	91,84
curva_107	81125,05			81208,43	-	83,38	-	170,00	374,71	88,72
curva_108	81332,63	81392,63	81455,90	81515,90	60,00	63,27	60,00	180,00	238,03	98,26
curva_109	82083,59			82144,41	-	60,83	-	200,00	318,50	92,41
curva_110	82238,35	82298,35	82323,66	82383,66	60,00	25,31	60,00	220,00	169,99	100,00
curva_111	82436,11	82476,11	82511,06	82551,06	40,00	34,95	40,00	430,00	96,59	100,00
curva_112	82785,79			82851,58	-	65,78	-	562,000	113,35	100,00

CRITÉRIO DE SEGURANÇA I

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -Vd	classificação
curva_1	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_2	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_3	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_4	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_5	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_6	98,13	70,00	28,13	ruim
curva_7	70,06	70,00	0,06	bom
curva_8	64,27	70,00	5,73	bom
curva_9	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_10	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_11	79,86	70,00	9,86	bom
curva_12	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_13	53,52	70,00	16,48	razoável
curva_14	57,53	70,00	12,47	razoável
curva_15	58,59	70,00	11,41	razoável
curva_16	55,87	70,00	14,13	razoável
curva_17	62,34	70,00	7,66	bom
curva_18	55,87	70,00	14,13	razoável
curva_19	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_20	47,56	70,00	22,44	ruim

Continua

Continuação

Local	V ₈₅ (km/h)	V _d (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -V _d	classificação
curva_21	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_22	67,34	70,00	2,66	bom
curva_23	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_24	38,66	70,00	31,34	ruim
curva_25	39,56	70,00	30,44	ruim
curva_26	45,65	70,00	24,35	ruim
curva_27	57,51	70,00	12,49	razoável
curva_28	61,80	70,00	8,20	bom
curva_29	67,13	70,00	2,87	bom
curva_30	40,44	70,00	29,56	ruim
curva_31	40,44	70,00	29,56	ruim
curva_32	72,06	70,00	2,06	bom
curva_33	91,35	70,00	21,35	ruim
curva_34	35,18	70,00	34,82	ruim
curva_35	45,44	70,00	24,56	ruim
curva_36	66,34	70,00	3,66	bom
curva_37	69,35	70,00	0,65	bom
curva_38	51,00	70,00	19,00	razoável
curva_39	59,48	70,00	10,52	razoável
curva_40	46,78	70,00	23,22	ruim
curva_41	39,78	70,00	30,22	ruim
curva_42	45,35	70,00	24,65	ruim
curva_43	53,31	70,00	16,69	razoável
curva_44	45,60	70,00	24,40	ruim
curva_45	59,37	70,00	10,63	razoável
curva_46	82,45	70,00	12,45	razoável
curva_47	53,83	70,00	16,17	razoável
curva_48	63,66	70,00	6,34	bom
curva_49	66,34	70,00	3,66	bom
curva_50	78,70	70,00	8,70	bom
curva_51	93,49	70,00	23,49	ruim
curva_52	74,78	70,00	4,78	bom
curva_53	84,22	70,00	14,22	razoável
curva_54	62,04	70,00	7,96	bom
curva_55	59,62	70,00	10,38	razoável
curva_56	61,49	70,00	8,51	bom
curva_57	47,56	70,00	22,44	ruim
curva_58	48,13	70,00	21,87	ruim
curva_59	62,04	70,00	7,96	bom
curva_60	56,26	70,00	13,74	razoável
curva_61	59,62	70,00	10,38	razoável
curva_62	64,27	70,00	5,73	bom
curva_63	65,96	70,00	4,04	bom
curva_64	74,78	70,00	4,78	bom
curva_65	56,99	70,00	13,01	razoável
curva_66	59,62	70,00	10,38	razoável
curva_67	64,27	70,00	5,73	bom
curva_68	62,04	70,00	7,96	bom
curva_69	75,25	70,00	5,25	bom
curva_70	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_71	54,13	70,00	15,87	razoável

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	V _d (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -V _d	classificação
curva_72	59,62	70,00	10,38	razoável
curva_73	59,62	70,00	10,38	razoável
curva_74	46,83	70,00	23,17	ruim
curva_75	53,51	70,00	16,49	razoável
curva_76	58,33	70,00	11,67	razoável
curva_77	51,00	70,00	19,00	razoável
curva_78	52,37	70,00	17,63	razoável
curva_79	73,31	70,00	3,31	bom
curva_80	52,60	70,00	17,40	razoável
curva_81	59,87	70,00	10,13	razoável
curva_82	61,80	70,00	8,20	bom
curva_83	53,22	70,00	16,78	razoável
curva_84	62,31	70,00	7,69	bom
curva_85	38,66	70,00	31,34	ruim
curva_86	58,17	70,00	11,83	razoável
curva_87	75,11	70,00	5,11	bom
curva_88	81,21	70,00	11,21	razoável
curva_89	59,62	70,00	10,38	razoável
curva_90	65,15	70,00	4,85	bom
curva_91	79,17	70,00	9,17	bom
curva_92	86,63	70,00	16,63	razoável
curva_93	85,68	70,00	15,68	razoável
curva_94	88,59	70,00	18,59	razoável
curva_95	56,66	70,00	13,34	razoável
curva_96	63,16	70,00	6,84	bom
curva_97	82,00	70,00	12,00	razoável
curva_98	54,13	70,00	15,87	razoável
curva_99	60,94	70,00	9,06	bom
curva_100	67,48	70,00	2,52	bom
curva_101	76,28	70,00	6,28	bom
curva_102	85,34	70,00	15,34	razoável
curva_103	95,03	70,00	25,03	ruim
curva_104	85,68	70,00	15,68	razoável
curva_105	85,90	70,00	15,90	razoável
curva_106	91,84	70,00	21,84	ruim
curva_107	88,72	70,00	18,72	razoável
curva_108	98,26	70,00	28,26	ruim
curva_109	92,41	70,00	22,41	ruim
curva_110	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_111	100,00	70,00	30,00	ruim
curva_112	100,00	70,00	30,00	ruim

CRITÉRIO DE SEGURANÇA II

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_1	100,00	0,00	bom
tangente_2	100,00	0,00	bom
curva_2	100,00	0,00	bom
tangente_3	100,00	0,00	bom
curva_3	100,00	0,00	bom
tangente_4	100,00	0,00	bom
curva_4	100,00	0,00	bom
tangente_5	100,00	0,00	bom
curva_5	100,00	0,00	bom
tangente_6	100,00	1,87	bom
curva_6	98,13	28,06	ruim
curva_7	70,06	0,72	bom
tangente_8	70,78	6,51	bom
curva_8	64,27	4,81	bom
tangente_9	69,08	14,95	razoável
curva_9	54,13	0,00	bom
curva_10	54,13	25,73	ruim
curva_11	79,86	5,36	bom
tangente_12	85,22	31,09	ruim
curva_12	54,13	9,05	bom
tangente_13	63,18	9,66	bom
curva_13	53,52	6,40	bom
tangente_14	59,92	2,39	bom
curva_14	57,53	1,06	bom
curva_15	58,59	2,71	bom
curva_16	55,87	6,47	bom
curva_17	62,34	6,47	bom
curva_18	55,87	6,22	bom
tangente_19	62,10	7,97	bom
curva_19	54,13	6,57	bom
curva_20	47,56	8,09	bom
tangente_21	55,65	1,53	bom
curva_21	54,13	13,21	razoável
curva_22	67,34	13,21	razoável
curva_23	54,13	15,46	razoável
curva_24	38,66	4,28	bom
tangente_25	42,94	3,38	bom
curva_25	39,56	6,09	bom
curva_26	45,65	11,86	razoável
curva_27	57,51	7,55	bom
tangente_28	65,05	3,25	bom
curva_28	61,80	7,18	bom
tangente_29	68,99	1,86	bom
curva_29	67,13	26,69	ruim
curva_30	40,44	0,00	bom
curva_31	40,44	31,62	ruim
curva_32	72,06	19,29	razoável

Continua

Continuação

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_33	91,35	56,16	ruim
curva_34	35,18	10,26	razoável
curva_35	45,44	20,90	ruim
curva_36	66,34	3,01	bom
curva_37	69,35	18,35	razoável
curva_38	51,00	8,48	bom
curva_39	59,48	12,69	razoável
curva_40	46,78	7,00	bom
curva_41	39,78	5,57	bom
curva_42	45,35	7,95	bom
curva_43	53,31	7,71	bom
curva_44	45,60	13,77	razoável
curva_45	59,37	23,08	ruim
curva_46	82,45	28,63	ruim
curva_47	53,83	9,83	bom
curva_48	63,66	2,69	bom
curva_49	66,34	12,36	razoável
curva_50	78,70	14,79	razoável
curva_51	93,49	18,71	razoável
curva_52	74,78	9,43	bom
curva_53	84,22	22,18	ruim
curva_54	62,04	1,73	bom
tangente_55	63,77	4,15	bom
curva_55	59,62	1,87	bom
curva_56	61,49	3,86	bom
tangente_57	65,35	17,78	razoável
curva_57	47,56	0,57	bom
curva_58	48,13	17,12	razoável
tangente_59	65,25	3,22	bom
curva_59	62,04	4,87	bom
tangente_60	66,91	10,65	razoável
curva_60	56,26	4,57	bom
tangente_61	60,83	1,21	bom
curva_61	59,62	5,46	bom
tangente_62	65,07	0,80	bom
curva_62	64,27	1,69	bom
curva_63	65,96	8,87	bom
tangente_64	74,83	0,05	bom
curva_64	74,78	17,79	razoável
curva_65	56,99	4,02	bom
tangente_66	61,00	1,39	bom
curva_66	59,62	5,01	bom
tangente_67	64,63	0,35	bom
curva_67	64,27	6,25	bom
tangente_68	70,53	8,49	bom
curva_68	62,04	13,21	razoável
curva_69	75,25	24,75	ruim
curva_70	100,00	45,87	ruim
curva_71	54,13	19,65	razoável
tangente_72	73,78	14,16	razoável
curva_72	59,62	0,00	bom

Continua

Continuação

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_73	59,62	12,78	razoável
curva_74	46,83	6,68	bom
curva_75	53,51	16,21	razoável
tangente_76	69,72	11,39	razoável
curva_76	58,33	1,36	bom
tangente_77	59,69	8,69	bom
curva_77	51,00	1,37	bom
curva_78	52,37	20,94	ruim
curva_79	73,31	20,71	ruim
curva_80	52,60	10,11	razoável
tangente_81	62,71	2,84	bom
curva_81	59,87	9,27	bom
tangente_82	69,14	7,33	bom
curva_82	61,80	2,64	bom
tangente_83	64,45	11,23	razoável
curva_83	53,22	9,09	bom
curva_84	62,31	23,64	ruim
curva_85	38,66	19,51	razoável
curva_86	58,17	16,94	razoável
curva_87	75,11	6,09	bom
curva_88	81,21	21,59	ruim
curva_89	59,62	5,53	bom
curva_90	65,15	15,46	razoável
tangente_91	80,61	1,44	bom
curva_91	79,17	7,46	bom
curva_92	86,63	6,81	bom
tangente_93	93,44	7,76	bom
curva_93	85,68	2,91	bom
curva_94	88,59	31,93	ruim
curva_95	56,66	6,50	bom
curva_96	63,16	18,84	razoável
curva_97	82,00	27,87	ruim
curva_98	54,13	6,82	bom
curva_99	60,94	13,07	razoável
tangente_100	74,02	6,54	bom
curva_100	67,48	8,80	bom
curva_101	76,28	9,06	bom
curva_102	85,34	9,69	bom
tangente_103	95,04	0,00	bom
curva_103	95,03	1,36	bom
tangente_104	96,39	10,71	razoável
curva_104	85,68	3,34	bom
tangente_105	89,02	3,12	bom
curva_105	85,90	14,10	razoável
tangente_106	100,00	8,16	bom
curva_106	91,84	5,98	bom
tangente_107	97,82	9,10	bom
curva_107	88,72	11,28	razoável
tangente_108	100,00	1,74	bom
curva_108	98,26	1,74	bom
tangente_109	100,00	7,59	bom

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_109	92,41	7,59	bom
tangente_110	100,00	0,00	bom
curva_110	100,00	0,00	bom
tangente_111	100,00	0,00	bom
curva_111	100,00	0,00	bom
tangente_112	100,00	0,00	bom
curva_112	100,00	0,00	bom

CRITÉRIO DE SEGURANÇA III

Local	Critério III			classificação
	f _{RA}	f _{RD}	diferença	
curva_1	0,0977	0,0590	0,0387	bom
curva_2	0,0989	0,0611	0,0378	bom
curva_3	0,1083	0,0813	0,0269	bom
curva_4	0,1114	0,0899	0,0215	bom
curva_5	0,1139	0,0974	0,0165	bom
curva_6	0,1227	0,1305	-0,0078	razoável
curva_7	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_8	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_9	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_10	0,1352	0,2033	-0,0681	ruim
curva_11	0,1389	0,2325	-0,0936	ruim
curva_12	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_13	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_14	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_15	0,1183	0,1126	0,0057	razoável
curva_16	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_17	0,1381	0,2260	-0,0879	ruim
curva_18	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_19	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_20	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_21	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_22	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_23	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_24	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_25	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_26	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_27	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_28	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_29	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_30	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_31	0,1288	0,1612	-0,0324	razoável
curva_32	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_33	0,1082	0,0812	0,0270	bom

Continua

Continuação

Local	Critério III			classificação
	f_{RA}	f_{RD}	diferença	
curva_34	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_35	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_36	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_37	0,1002	0,0636	0,0367	bom
curva_38	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_39	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_40	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_41	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_42	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_43	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_44	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_45	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_46	0,1371	0,2173	-0,0802	ruim
curva_47	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_48	0,0918	0,0498	0,0421	bom
curva_49	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_50	0,1389	0,2325	-0,0936	ruim
curva_51	0,1002	0,0636	0,0367	bom
curva_52	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_53	0,1288	0,1612	-0,0324	razoável
curva_54	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_55	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_56	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_57	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_58	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_59	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_60	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_61	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_62	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_63	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_64	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_65	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_66	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_67	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_68	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_69	0,1240	0,1365	-0,0125	razoável
curva_70	0,1002	0,0636	0,0367	bom
curva_71	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_72	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_73	0,1321	0,1816	-0,0495	ruim
curva_74	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_75	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_76	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_77	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_78	0,1200	0,1191	0,0009	razoável
curva_79	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_80	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_81	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_82	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_83	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_84	0,1405	0,2469	-0,1063	ruim

Continua

Conclusão

Local	Critério III			classificação
	f_{RA}	f_{RD}	diferença	
curva_85	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_86	0,1356	0,2056	-0,0701	ruim
curva_87	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_88	0,1346	0,1987	-0,0641	ruim
curva_89	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_90	0,1381	0,2260	-0,0879	ruim
curva_91	0,1394	0,2366	-0,0973	ruim
curva_92	0,1288	0,1612	-0,0324	razoável
curva_93	0,1346	0,1987	-0,0641	ruim
curva_94	0,1240	0,1365	-0,0125	razoável
curva_95	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_96	0,1374	0,2199	-0,0825	ruim
curva_97	0,1374	0,2199	-0,0825	ruim
curva_98	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_99	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_100	N/A	N/A	N/A	N/A
curva_101	0,1165	0,1060	0,0105	bom
curva_102	0,1349	0,2006	-0,0658	ruim
curva_103	0,1262	0,1470	-0,0208	razoável
curva_104	0,1346	0,1987	-0,0641	ruim
curva_105	0,1344	0,1975	-0,0630	ruim
curva_106	0,1293	0,1643	-0,0350	razoável
curva_107	0,1321	0,1816	-0,0495	ruim
curva_108	0,1225	0,1298	-0,0072	razoável
curva_109	0,1288	0,1612	-0,0324	razoável
curva_110	0,1150	0,1007	0,0142	bom
curva_111	0,1017	0,0663	0,0353	bom
curva_112	0,1055	0,0745	0,0310	bom

ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

Local	Critério I	Critério II	Critério III	Classificação Ponderada
curva_1	ruim	bom	bom	bom
tangente_2	-	bom	-	bom
curva_2	ruim	bom	bom	bom
tangente_3	-	bom	-	bom
curva_3	ruim	bom	bom	bom
tangente_4	-	bom	-	bom
curva_4	ruim	bom	bom	bom
tangente_5	-	bom	-	bom
curva_5	ruim	bom	bom	bom
tangente_6	-	bom	-	bom
curva_6	ruim	ruim	razoável	ruim
curva_7	bom	bom	N/A	bom

Continua

Continuação

Local	Critério I	Critério II	Critério III	Classificação Ponderada
tangente_8	-	bom	-	bom
curva_8	bom	bom	N/A	bom
tangente_9	-	razoável	-	razoável
curva_9	razoável	bom	N/A	bom
curva_10	razoável	ruim	ruim	ruim
curva_11	bom	bom	ruim	bom
tangente_12	-	ruim	-	ruim
curva_12	razoável	bom	N/A	bom
tangente_13	-	bom	-	bom
curva_13	razoável	bom	N/A	bom
tangente_14	-	bom	-	bom
curva_14	razoável	bom	N/A	bom
curva_15	razoável	bom	razoável	razoável
curva_16	razoável	bom	N/A	bom
curva_17	bom	bom	ruim	bom
curva_18	razoável	bom	N/A	bom
tangente_19	-	bom	-	bom
curva_19	razoável	bom	N/A	bom
curva_20	ruim	bom	N/A	bom
tangente_21	-	bom	-	bom
curva_21	razoável	razoável	N/A	razoável
curva_22	bom	razoável	N/A	razoável
curva_23	razoável	razoável	N/A	razoável
curva_24	ruim	bom	N/A	bom
tangente_25	-	bom	-	bom
curva_25	ruim	bom	N/A	bom
curva_26	ruim	razoável	N/A	razoável
curva_27	razoável	bom	N/A	bom
tangente_28	-	bom	-	bom
curva_28	bom	bom	N/A	bom
tangente_29	-	bom	-	bom
curva_29	bom	ruim	N/A	ruim
curva_30	ruim	bom	N/A	bom
curva_31	ruim	ruim	razoável	ruim
curva_32	bom	razoável	N/A	razoável
curva_33	ruim	ruim	bom	ruim
curva_34	ruim	razoável	N/A	razoável
curva_35	ruim	ruim	N/A	ruim
curva_36	bom	bom	N/A	bom
curva_37	bom	razoável	bom	bom
curva_38	razoável	bom	N/A	bom
curva_39	razoável	razoável	N/A	razoável
curva_40	ruim	bom	N/A	bom
curva_41	ruim	bom	N/A	bom
curva_42	ruim	bom	N/A	bom
curva_43	razoável	bom	N/A	bom
curva_44	ruim	razoável	N/A	razoável
curva_45	razoável	ruim	N/A	ruim
curva_46	razoável	ruim	ruim	ruim
curva_47	razoável	bom	N/A	bom
curva_48	bom	bom	bom	bom

Continua

Continuação

Local	Critério I	Critério II	Critério III	Classificação Ponderada
curva_49	bom	razoável	N/A	razoável
curva_50	bom	razoável	ruim	razoável
curva_51	ruim	razoável	bom	razoável
curva_52	bom	bom	N/A	bom
curva_53	razoável	ruim	razoável	razoável
curva_54	bom	bom	N/A	bom
tangente_55	-	bom	-	bom
curva_55	razoável	bom	N/A	bom
curva_56	bom	bom	N/A	bom
tangente_57	-	razoável	-	razoável
curva_57	ruim	bom	N/A	bom
curva_58	ruim	razoável	N/A	razoável
tangente_59	-	bom	-	bom
curva_59	bom	bom	N/A	bom
tangente_60	-	razoável	-	razoável
curva_60	razoável	bom	N/A	bom
tangente_61	-	bom	-	bom
curva_61	razoável	bom	N/A	bom
tangente_62	-	bom	-	bom
curva_62	bom	bom	N/A	bom
curva_63	bom	bom	N/A	bom
tangente_64	-	bom	-	bom
curva_64	bom	razoável	N/A	razoável
curva_65	razoável	bom	N/A	bom
tangente_66	-	bom	-	bom
curva_66	razoável	bom	N/A	bom
tangente_67	-	bom	-	bom
curva_67	bom	bom	N/A	bom
tangente_68	-	bom	-	bom
curva_68	bom	razoável	N/A	razoável
curva_69	bom	ruim	razoável	razoável
curva_70	ruim	ruim	bom	ruim
curva_71	razoável	razoável	N/A	razoável
tangente_72	-	razoável	-	razoável
curva_72	razoável	bom	N/A	bom
curva_73	razoável	razoável	ruim	razoável
curva_74	ruim	bom	N/A	bom
curva_75	razoável	razoável	N/A	razoável
tangente_76	-	razoável	-	razoável
curva_76	razoável	bom	N/A	bom
tangente_77	-	bom	-	bom
curva_77	razoável	bom	N/A	bom
curva_78	razoável	ruim	razoável	razoável
curva_79	bom	ruim	N/A	ruim
curva_80	razoável	razoável	N/A	razoável
tangente_81	-	bom	-	bom
curva_81	razoável	bom	N/A	bom
tangente_82	-	bom	-	bom
curva_82	bom	bom	N/A	bom
tangente_83	-	razoável	-	razoável
curva_83	razoável	bom	N/A	bom

Continua

Conclusão

Local	Critério I	Critério II	Critério III	Classificação Ponderada
curva_84	bom	ruim	ruim	ruim
curva_85	ruim	razoável	N/A	razoável
curva_86	razoável	razoável	ruim	razoável
curva_87	bom	bom	N/A	bom
curva_88	razoável	ruim	ruim	ruim
curva_89	razoável	bom	N/A	bom
curva_90	bom	razoável	ruim	razoável
tangente_91	-	bom	-	bom
curva_91	bom	bom	ruim	bom
curva_92	razoável	bom	razoável	razoável
tangente_93	-	bom	-	bom
curva_93	razoável	bom	ruim	razoável
curva_94	razoável	ruim	razoável	razoável
curva_95	razoável	bom	N/A	bom
curva_96	bom	razoável	ruim	razoável
curva_97	razoável	ruim	ruim	ruim
curva_98	razoável	bom	N/A	bom
curva_99	bom	razoável	N/A	razoável
tangente_100	-	bom	-	bom
curva_100	bom	bom	N/A	bom
curva_101	bom	bom	bom	bom
curva_102	razoável	bom	ruim	razoável
tangente_103	-	bom	-	bom
curva_103	ruim	bom	razoável	razoável
tangente_104	-	razoável	-	razoável
curva_104	razoável	bom	ruim	razoável
tangente_105	-	bom	-	bom
curva_105	razoável	razoável	ruim	razoável
tangente_106	-	bom	-	bom
curva_106	ruim	bom	razoável	razoável
tangente_107	-	bom	-	bom
curva_107	razoável	razoável	ruim	razoável
tangente_108	-	bom	-	bom
curva_108	ruim	bom	razoável	razoável
tangente_109	-	bom	-	bom
curva_109	ruim	bom	razoável	razoável
tangente_110	-	bom	-	bom
curva_110	ruim	bom	bom	bom
tangente_111	-	bom	-	bom
curva_111	ruim	bom	bom	bom
tangente_112	-	bom	-	bom
curva_112	ruim	bom	bom	bom

APÊNDICE D ANÁLISE DA RODOVIA SP-98 PELO MÉTODO DO PROGRAMA IHSDM

ANÁLISE PELO CRITÉRIO I

ESTACA		V ₈₅ - Vd (km/h)		Condição
Início	Final	Min.	Máx.	
63000.000	65962.900	0.0	10.0	1
65962.900	66452.301	(-20.7)	0.0	4
66452.301	67112.800	0.0	10.0	1
67112.800	67301.087	(-9.0)	0.0	4
67301.087	67348.684	0.0	2.7	1
67348.684	68153.647	(-30.0)	0.0	4
68153.647	69621.132	0.0	10.0	1
69621.132	69827.594	(-7.9)	0.0	4
69827.594	69955.840	0.0	7.0	1
69955.840	72202.156	(-30.0)	0.0	4
72202.156	72478.586	0.0	3.6	1
72478.586	72962.931	(-13.5)	0.0	4
72962.931	73358.539	0.0	10.0	1
73358.539	74253.595	(-9.9)	0.0	4
74253.595	74292.292	0.0	1.6	1
74292.292	74465.250	(-1.7)	0.0	4
74465.250	74647.492	0.0	7.7	1
74647.492	74817.990	(-1.2)	0.0	4
74817.990	74976.168	0.0	8.5	1
74976.168	75894.372	(-26.2)	0.0	4
75894.372	77285.641	0.0	10.0	1
77285.641	77665.204	(-21.2)	0.0	4
77665.204	78000.000	0.0	10.0	1

Critério I:

Condição 1: $0 \text{ km/h} \leq (V_{85} - Vd) \leq 10 \text{ km/h}$

Condição 2: $10 \text{ km/h} < (V_{85} - Vd) \leq 20 \text{ km/h}$

Condição 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85} - Vd)$

Condição 4: $(V_{85} - Vd) < 0 \text{ km/h}$

ANÁLISE PELO CRITÉRIO II

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
63000,000	100,0	63524,564	95,9	4,1	1
63794,246	100,0	63989,694	99,5	0,5	1
64444,656	99,5	64616,675	96,5	3,0	1
65261,294	100,0	65374,021	99,0	1,0	1
65829,872	100,0	66071,281	69,3	30,7	3
66320,839	86,5	66320,839	86,5	0,0	1
66509,547	93,5	66522,925	92,8	0,8	1
67003,075	100,0	67163,165	81,0	19,0	2
67334,867	92,7	67441,343	71,7	21,0	3
67627,617	79,6	67711,877	60,0	19,6	2
67749,344	60,0	67749,344	60,0	0,0	1
67772,426	60,0	67772,426	60,0	0,0	1
68267,958	100,0	69665,488	82,1	17,9	2
69917,562	97,0	70013,587	79,4	17,6	2
70173,095	86,9	70271,738	65,9	20,9	3
70344,503	70,7	70344,503	70,7	0,0	1
70487,101	80,0	70487,101	80,0	0,0	1
70683,047	84,3	70774,743	64,3	20,0	3
70859,102	66,8	70885,846	60,0	6,8	1
70890,870	60,0	70890,870	60,0	0,0	1
70901,435	60,0	70901,435	60,0	0,0	1
71027,042	70,9	71027,042	70,9	0,0	1
71164,889	77,8	71168,343	77,0	0,7	1
71249,899	79,7	71300,508	68,6	11,1	2
71482,980	79,3	71566,028	60,0	19,3	2
71776,990	79,4	71776,990	79,4	0,0	1
71870,113	82,4	71870,113	82,4	0,0	1
71974,045	84,7	71974,045	84,7	0,0	1
72045,210	85,8	72045,210	85,8	0,0	1
72320,232	93,6	72358,093	90,3	3,3	1
72462,581	92,7	72508,236	85,1	7,6	1
72621,332	89,4	72687,381	76,5	12,9	2
72803,702	79,9	72803,702	79,9	0,0	1
73091,476	100,0	73410,877	85,7	14,3	2
73547,113	88,9	73592,736	80,1	8,7	1
73828,388	86,7	73828,388	86,7	0,0	1
73880,032	88,7	73880,032	88,7	0,0	1
73948,698	88,7	73981,278	82,3	6,5	1
74105,723	86,7	74117,599	85,6	1,1	1
74279,144	91,6	74306,124	88,3	3,3	1
74568,242	97,7	74660,258	88,8	9,0	1
74931,705	98,5	75075,639	71,0	27,5	3
75265,338	83,6	75281,860	80,3	3,3	1
75420,809	83,5	75510,323	63,8	19,7	2
75528,741	63,8	75528,741	63,8	0,0	1
75548,685	63,8	75548,685	63,8	0,0	1
76011,381	100,0	77396,052	68,8	31,2	3

ANÁLISE PELO CRITÉRIO II (SENTIDO DECRESCENTE)

Estaca da $V_{85T_{max}}$ no elemento (n-1)	$V_{85T_{max}}$ do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
63818.958	99.7	63721.699	96.7	3	1
64444.656	96.8	64444.656	96.8	0	1
65343.583	93.9	65209.403	91.8	2.1	1
65793.634	93	65793.634	93	0	1
66268.345	96.4	66128.702	69.1	27.3	3
66460.214	97.1	66396.037	93.3	3.8	1
66811.116	100	66696.384	93.5	6.5	1
67235.128	89.7	67189.19	81	8.7	1
67560.408	75.6	67543.133	71.8	3.8	1
67749.344	60	67749.344	60	0	1
67772.426	60	67772.426	60	0	1
68217.43	100	67810.711	60	40	3
69816.837	98.1	69726.592	81.8	16.3	2
70092.116	84.3	70084.481	82.9	1.5	1
70344.503	79.4	70297.599	67.8	11.6	2
70420.907	86	70387.615	79.4	6.5	1
70553.911	83.8	70553.911	83.8	0	1
70843.012	64.8	70834.972	62.8	2	1
70890.87	60	70890.87	60	0	1
70901.435	60	70901.435	60	0	1
71002.236	78.1	70925.167	60	18.1	2
71109.738	79.5	71092.001	75.8	3.7	1
71227.838	75.9	71220.015	74.2	1.7	1
71404.721	76.5	71370.24	68.9	7.7	1
71742.751	93.6	71583.268	60	33.6	3
71843.722	92.8	71826.969	91.6	1.2	1
71968.801	93.6	71939.451	91.2	2.4	1
72045.21	100	72028.382	93.3	6.7	1
72064.464	100	72064.464	100	0	1
72435.342	91.2	72431.389	90.9	0.3	1
72572.475	86.4	72567.231	85.5	0.9	1
72803.702	85.7	72765.41	76.5	9.2	1
73109.825	100	72833.387	85.7	14.3	2
73498.272	87.8	73498.272	87.8	0	1
73798.797	89.3	73749.803	79.9	9.4	1
73848.539	87.4	73848.539	87.4	0	1
73948.698	85.4	73948.698	85.4	0	1
74102.906	92	74052.42	82.7	9.4	1
74224.556	94.6	74183.692	91.1	3.4	1
74509.883	96.3	74442.78	88.3	8	1
74865.378	91.3	74801.293	84.7	6.6	1
75181.628	84.8	75126.218	73.4	11.3	2
75383.875	76.1	75383.875	76.1	0	1
75528.741	63.4	75528.741	76.6	-13.2	1
75548.685	76.6	75548.685	76.6	0	1
75714.932	100	75587.527	76.6	23.4	3
77583.332	100	77409.623	68.6	31.4	3

Critério II:

Condição 1: $(V_{85n} - V_{85n+1}) \leq 10 \text{ km/h}$

Condição 2: $10 \text{ km/h} < (V_{85n} - V_{85n+1}) \leq 20 \text{ km/h}$

Condição 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85n} - V_{85n+1})$

APÊNDICE E ANÁLISE DA RODOVIA SP-99 PELO MÉTODO DO PROGRAMA IHSDM

ANÁLISE PELO CRITÉRIO I

ESTACA		V ₈₅ - V _d (km/h)		Condição
Início	Final	Min.	Máx.	
64000.000	68317.401	20.0	30.0	3
68317.401	68550.994	10.0	20.0	2
68550.994	68568.245	0.0	10.0	1
68568.245	69145.741	(-10.0)	0.0	4
69145.741	69325.344	0.0	10.0	1
69325.344	69378.608	10.0	13.4	2
69378.608	69422.879	0.0	10.0	1
69422.879	71813.052	(-10.0)	0.0	4
71813.052	71951.648	0.0	4.8	1
71951.648	73007.330	(-10.0)	0.0	4
73007.330	73136.914	0.0	7.0	1
73136.914	73617.196	(-10.0)	0.0	4
73617.196	73976.093	0.0	9.8	1
73976.093	75635.382	(-10.0)	0.0	4
75635.382	75742.860	0.0	10.0	1
75742.860	75777.643	10.0	11.5	2
75777.643	75800.082	0.0	10.0	1
75800.082	75992.974	(-10.0)	0.0	4
75992.974	76042.058	0.0	3.6	1
76042.058	76544.107	(-10.0)	0.0	4
76544.107	76557.029	0.0	1.0	1
76557.029	78280.163	(-10.0)	0.0	4
78280.163	78325.946	0.0	3.3	1
78325.946	78628.749	(-10.0)	0.0	4
78628.749	78859.566	0.0	10.0	1
78859.566	79099.310	10.0	17.2	2
79099.310	79134.915	0.0	10.0	1
79134.915	79626.630	(-10.0)	0.0	4
79626.630	79642.714	0.0	1.2	1
79642.714	79993.433	(-10.0)	0.0	4
79993.433	80292.933	0.0	10.0	1
80292.933	80459.430	10.0	15.0	2
80459.430	80617.600	7.5	10.0	1
80617.600	80739.646	10.0	20.0	2
80739.646	80798.279	20.0	23.3	3
80798.279	80851.620	10.0	20.0	2
80851.620	81002.686	9.5	10.0	1
81002.686	81281.616	10.0	20.0	2
81281.616	81302.973	20.0	21.2	3
81302.973	81582.480	15.0	20.0	2

Continua

Conclusão

ESTACA		V ₈₅ - Vd (km/h)		Condição
Início	Final	Min.	Máx.	
81582.480	82060.040	20.0	30.0	3
82060.040	82183.468	16.9	20.0	2
82183.468	82230.355	20.0	22.1	3
82230.355	82395.160	19.1	20.0	2
82395.160	83000.000	20.0	30.0	3

Critério I:

Condição 1: $0 \text{ km/h} \leq (V_{85} - Vd) \leq 10 \text{ km/h}$

Condição 2: $10 \text{ km/h} < (V_{85} - Vd) \leq 20 \text{ km/h}$

Condição 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85} - Vd)$

Condição 4: $(V_{85} - Vd) < 0 \text{ km/h}$

ANÁLISE PELO CRITÉRIO II (SENTIDO CRESCENTE)

Estaca da V _{85Tmax} no elemento (n-1)	V _{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
64000,000	100,0	64656,450	100,0	0,0	1
65000,836	100,0	65306,330	99,0	1,0	1
65814,946	100,0	66032,420	96,1	3,9	1
66549,959	100,0	67425,240	95,7	4,3	1
67959,906	100,0	68116,570	91,1	8,9	1
68301,250	92,6	68343,070	85,9	6,6	1
68540,770	85,9	68575,320	65,9	20,0	3
68672,670	67,5	68702,100	60,0	7,5	1
68843,189	68,6	68877,200	60,0	8,6	1
68998,320	60,0	68998,320	60,0	0,0	1
69159,050	71,4	69159,050	71,4	0,0	1
69363,386	83,4	69467,150	60,0	23,4	3
69590,075	67,6	69620,050	60,0	7,6	1
69705,281	63,5	69718,540	60,0	3,5	1
69790,140	60,6	69790,140	60,6	0,0	1
69844,060	60,6	69844,060	60,0	0,6	1
69962,800	63,9	69962,800	63,9	0,0	1
70060,669	66,0	70083,910	60,0	6,0	1
70187,779	65,9	70210,510	60,0	5,9	1
70267,719	60,6	70269,970	60,0	0,6	1
70344,647	63,5	70357,830	60,0	3,5	1
70477,802	67,0	70486,980	64,8	2,3	1
70614,153	65,7	70636,380	60,0	5,7	1
70760,138	62,1	70768,090	60,0	2,1	1
70843,371	62,2	70851,800	60,0	2,2	1
70926,972	61,9	70934,070	60,0	1,9	1

Continua

Continuação

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
71103,100	63,8	71117,550	60,0	3,8	1
71230,698	64,6	71248,250	60,0	4,6	1
71442,293	64,7	71452,450	62,1	2,6	1
71526,122	63,6	71539,930	60,0	3,6	1
71612,580	60,0	71612,580	60,0	0,0	1
71656,070	60,0	71656,070	60,0	0,0	1
71859,760	74,8	71859,760	74,8	0,0	1
71939,590	74,8	71976,520	60,0	14,8	2
72089,293	63,7	72094,300	62,4	1,3	1
72184,319	67,0	72207,830	61,1	5,9	1
72270,000	63,2	72270,000	63,2	0,0	1
72325,501	63,4	72338,340	60,0	3,4	1
72428,000	64,8	72428,000	64,8	0,0	1
72508,317	69,6	72546,560	60,0	9,6	1
72564,280	60,0	72564,280	60,0	0,0	1
72681,015	61,7	72687,510	60,0	1,7	1
72719,360	60,4	72719,360	60,4	0,0	1
72758,550	60,4	72758,550	60,0	0,4	1
72861,906	66,2	72872,010	63,6	2,5	1
73078,020	77,0	73078,020	77,0	0,0	1
73122,800	77,0	73156,980	60,0	17,0	2
73332,960	65,8	73332,960	65,8	0,0	1
73395,638	67,1	73419,560	61,1	6,0	1
73547,630	69,8	73547,630	69,8	0,0	1
73722,090	79,8	73722,090	79,8	0,0	1
73790,120	79,8	73815,670	71,3	8,5	1
73949,060	77,7	73949,060	77,7	0,0	1
73966,080	77,7	73989,060	60,0	17,7	2
74067,726	62,6	74077,730	60,0	2,6	1
74111,683	60,8	74114,790	60,0	0,8	1
74239,468	68,6	74273,660	60,0	8,6	1
74317,989	60,2	74318,740	60,0	0,2	1
74462,177	67,6	74491,910	60,0	7,6	1
74610,967	66,8	74637,530	60,0	6,8	1
74776,362	62,4	74785,470	60,0	2,4	1
74852,765	62,8	74863,300	60,0	2,8	1
74916,093	60,8	74919,110	60,0	0,8	1
75058,720	66,3	75058,720	66,3	0,0	1
75109,980	66,3	75129,590	60,0	6,3	1
75195,150	62,3	75203,730	60,0	2,3	1
75290,564	62,4	75299,620	60,0	2,4	1
75434,472	66,9	75461,430	60,0	6,9	1
75590,720	68,9	75590,720	68,9	0,0	1
75758,970	81,5	75758,970	81,5	0,0	1
75774,280	81,5	75822,520	60,0	21,5	3
76027,251	73,6	76083,290	60,0	13,6	2
76145,010	60,0	76145,010	60,0	0,0	1
76189,369	61,4	76194,600	60,0	1,4	1
76287,350	62,4	76296,530	60,0	2,4	1
76553,131	71,0	76597,450	60,0	11,0	2
76692,117	64,0	76707,490	60,0	4,0	1
76784,120	60,7	76784,120	60,7	0,0	1
76884,100	64,5	76884,100	64,5	0,0	1

Continua

Conclusão

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
76951,322	67,3	76980,190	60,0	7,3	1
77123,247	65,1	77142,850	60,0	5,1	1
77354,180	67,3	77382,930	60,0	7,3	1
77482,098	65,8	77504,760	60,0	5,8	1
77658,400	65,3	77658,400	65,3	0,0	1
77750,092	68,1	77782,000	60,0	8,1	1
77917,020	69,3	77917,020	69,3	0,0	1
78006,430	69,3	78035,280	60,0	9,3	1
78186,260	64,8	78186,260	64,8	0,0	1
78312,477	73,3	78367,080	60,0	13,3	2
78461,530	63,5	78461,530	63,5	0,0	1
78674,140	74,6	78674,140	74,6	0,0	1
78805,940	79,7	78805,940	79,7	0,0	1
78945,399	87,2	78974,640	81,6	5,6	1
79029,890	83,5	79029,890	83,5	0,0	1
79086,710	83,5	79170,520	60,0	23,5	3
79262,890	64,0	79262,890	64,0	0,0	1
79340,480	67,8	79340,480	67,8	0,0	1
79400,110	67,8	79400,110	60,0	7,8	1
79505,310	64,0	79505,310	64,0	0,0	1
79637,964	71,2	79683,200	60,0	11,2	2
79892,360	66,4	79892,360	66,4	0,0	1
79998,180	70,4	79998,180	70,4	0,0	1
80124,970	77,9	80124,970	77,9	0,0	1
80351,061	85,0	80368,590	81,6	3,4	1
80442,436	83,4	80471,930	77,5	5,9	1
80780,447	93,3	80854,390	79,5	13,9	2
81102,751	88,3	81125,050	84,2	4,2	1
81296,145	91,2	81332,630	85,0	6,2	1
81714,626	100,0	82083,590	86,9	13,1	2
82210,927	92,1	82238,350	89,1	3,0	1
82436,110	93,1	82436,110	93,1	0,0	1
82669,857	100,0	82785,790	99,4	0,6	1

ANÁLISE PELO CRITÉRIO II (SENTIDO DECRESCENTE)

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
65000.997	100.0	65000.700	100.0	0.0	1
65782.788	100.0	65778.670	99.9	0.1	1
66614.347	100.0	66481.370	96.1	3.9	1
67883.970	93.3	67883.970	93.3	0.0	1
68282.580	73.9	68282.580	73.9	0.0	1
68540.770	67.9	68540.770	67.9	0.0	1
68659.695	64.8	68657.600	64.2	0.5	1

Continua

Continuação

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
68798.471	68.6	68764.460	60.0	8.6	1
68998.320	60.0	68998.320	70.0	-10.0	1
69071.172	81.6	69051.850	77.7	3.9	1
69262.415	80.4	69230.390	73.7	6.7	1
69550.665	67.6	69520.690	60.0	7.6	1
69687.849	63.5	69674.590	60.0	3.5	1
69786.003	60.4	69784.580	60.0	0.4	1
69844.060	60.0	69844.060	60.0	0.0	1
69951.351	66.0	69928.110	60.0	6.0	1
70041.560	64.8	70041.560	64.8	0.0	1
70157.891	65.9	70135.160	60.0	5.9	1
70264.761	60.6	70262.510	60.0	0.6	1
70327.313	63.5	70314.130	60.0	3.5	1
70445.544	68.0	70414.140	60.0	8.0	1
70605.120	63.5	70605.120	63.5	0.0	1
70749.682	62.1	70741.730	60.0	2.1	1
70832.289	62.2	70823.860	60.0	2.2	1
70917.638	61.9	70910.540	60.0	1.9	1
71084.100	63.8	71069.650	60.0	3.8	1
71207.622	64.6	71190.070	60.0	4.6	1
71418.173	64.7	71400.130	60.0	4.7	1
71518.732	62.4	71512.810	60.9	1.6	1
71612.580	60.0	71612.580	66.4	-6.4	1
71656.070	66.4	71656.070	66.4	0.0	1
71729.687	69.5	71716.710	66.4	3.1	1
71939.590	64.2	71939.590	64.2	0.0	1
72070.950	63.7	72056.760	60.0	3.7	1
72158.694	65.5	72141.570	61.1	4.4	1
72260.711	62.4	72251.470	60.0	2.4	1
72320.560	62.0	72320.560	62.0	0.0	1
72423.600	69.5	72385.490	60.0	9.5	1
72462.434	69.1	72462.300	69.1	0.0	1
72564.280	60.0	72564.280	60.0	0.0	1
72672.475	61.7	72665.980	60.0	1.7	1
72716.986	60.3	72715.960	60.0	0.3	1
72758.550	60.0	72758.550	60.0	0.0	1
72832.008	66.6	72806.400	60.0	6.6	1
72988.487	73.0	72943.370	62.2	10.8	2
73122.800	63.9	73122.800	63.9	0.0	1
73308.571	67.1	73280.550	60.0	7.1	1
73364.180	66.1	73364.180	66.1	0.0	1
73530.200	75.3	73466.250	60.0	15.3	2
73622.386	75.3	73614.810	73.7	1.6	1
73790.120	71.6	73790.120	71.6	0.0	1
73883.165	69.6	73880.980	69.1	0.5	1
73966.080	62.6	73966.080	62.6	0.0	1
74054.574	62.6	74044.570	60.0	2.6	1
74107.597	60.8	74104.490	60.0	0.8	1
74194.512	68.6	74160.320	60.0	8.6	1
74317.001	60.2	74316.250	60.0	0.2	1

Continua

Continuação

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
74423.083	67.6	74393.350	60.0	7.6	1
74576.043	66.8	74549.480	60.0	6.8	1
74764.388	62.4	74755.280	60.0	2.4	1
74838.915	62.8	74828.380	60.0	2.8	1
74912.127	60.8	74909.110	60.0	0.8	1
75024.873	65.9	75001.780	60.0	5.9	1
75109.980	62.2	75109.980	62.2	0.0	1
75183.870	62.3	75175.290	60.0	2.3	1
75278.656	62.4	75269.600	60.0	2.4	1
75399.028	66.9	75372.070	60.0	6.9	1
75563.627	73.4	75508.400	60.0	13.4	2
75623.950	70.8	75623.950	70.8	0.0	1
75774.280	65.4	75774.280	65.4	0.0	1
75953.569	73.6	75897.530	60.0	13.6	2
76145.010	60.0	76145.010	62.0	-2.0	1
76177.260	62.0	76177.260	62.0	0.0	1
76275.280	62.4	76266.100	60.0	2.4	1
76494.859	71.0	76450.540	60.0	11.0	2
76671.903	64.0	76656.530	60.0	4.0	1
76784.120	70.5	76777.670	60.0	10.5	2
76841.650	70.5	76841.650	70.5	0.0	1
76924.750	66.2	76924.750	66.2	0.0	1
77097.473	65.1	77077.870	60.0	5.1	1
77316.380	67.3	77287.630	60.0	7.3	1
77452.302	65.8	77429.640	60.0	5.8	1
77642.658	68.1	77610.750	60.0	8.1	1
77723.880	66.4	77723.880	66.4	0.0	1
77865.849	68.7	77831.280	60.0	8.7	1
78006.430	63.3	78006.430	63.3	0.0	1
78186.260	74.4	78143.010	60.0	14.4	2
78229.330	74.4	78229.330	74.4	0.0	1
78461.530	74.6	78430.220	60.0	14.6	2
78593.175	80.5	78565.060	74.6	5.9	1
78797.285	82.9	78749.830	73.1	9.9	1
78855.860	82.2	78855.860	82.2	0.0	1
79006.850	71.4	79006.850	71.4	0.0	1
79086.710	69.1	79086.710	69.1	0.0	1
79249.167	65.6	79227.540	60.0	5.6	1
79304.140	64.1	79304.140	64.1	0.0	1
79400.110	60.0	79400.110	60.0	0.0	1
79505.310	69.1	79469.710	60.0	9.1	1
79578.061	71.2	79568.850	69.1	2.1	1
79892.360	82.3	79834.930	60.0	22.3	3
79948.790	82.3	79948.790	82.3	0.0	1
80092.943	85.8	80045.590	78.0	7.7	1
80280.305	85.8	80268.270	84.5	1.3	1
80424.128	79.0	80420.790	78.3	0.7	1
80683.154	93.2	80586.880	74.6	18.6	2
81051.090	89.8	80996.460	79.3	10.5	2
81250.147	91.5	81208.430	83.8	7.7	1

Continua

Conclusão

Estaca da V_{85Tmax} no elemento (n-1)	V_{85Tmax} do elemento (n-1) (km/h)	Estaca inicial da Curva (n)	Velocidade na curva (n) (km/h)	Diferença de velocidade (km/h)	Condição
81608.861	100.0	81515.900	85.0	15.0	2
82186.264	92.6	82144.410	86.9	5.6	1
82436.110	96.5	82383.660	88.6	7.9	1
82682.435	100.0	82551.060	96.5	3.5	1
82972.221	100.0	82851.580	98.5	1.5	1

Critério II:

Condição 1: $(V_{85n} - V_{85n+1}) \leq 10$ km/h

Condição 2: $10 \text{ km/h} < (V_{85n} - V_{85n+1}) \leq 20$ km/h

Condição 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85n} - V_{85n+1})$

APÊNDICE F ANÁLISE DA RODOVIA SP-98 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA COM A EQUAÇÃO DETERMINADA NA PESQUISA

PERFIL DE VELOCIDADE

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_1	63.469,59	63.524,56	63.721,70	63.786,62	54,97	197,14	64,92	399,470	159,46	93,50
curva_2	63.951,18	63.989,69	64.444,66	64.483,77	38,51	454,96	39,12	571,930	111,38	96,28
curva_3	64.578,19	64.616,68	65.209,40	65.234,23	38,48	592,73	24,83	572,620	111,24	96,29
curva_4	65.314,02	65.374,02	-	65.793,63	60,00	419,61	-	615,108	103,56	96,75
curva_5	66.071,28	-	-	66.128,70	-	57,42	-	100,499	633,84	72,79
curva_6	66.295,92	66.320,84	66.396,04	66.460,23	24,92	75,20	64,20	293,140	217,30	90,37
curva_7	66.522,93	-	-	66.696,38	-	173,46	-	296,169	215,08	90,48
curva_8	67.130,15	67.163,17	67.189,19	67.221,98	33,01	26,02	32,79	149,955	424,79	80,67
curva_9	67.426,86	67.441,34	67.543,13	67.579,48	14,49	101,79	36,35	108,373	587,78	74,39
curva_10	67.682,10	67.711,88	-	67.749,34	29,78	37,47	-	67,609	942,18	63,63
curva_11	67.749,34	-	-	67.772,43	-	23,08	-	82,000	776,83	63,63
curva_12	67.772,43	-	67.810,71	67.832,11	-	38,29	21,40	71,799	887,20	65,09
curva_13	69.665,49	-	-	69.726,59	-	61,10	-	155,410	409,88	81,29
curva_14	70.013,59	-	-	70.084,48	-	70,89	-	159,870	398,45	81,78
curva_15	70.236,52	70.271,74	70.297,60	70.316,39	35,22	25,86	18,79	89,730	709,91	70,30
curva_16	70.344,50	-	-	70.387,62	-	43,11	-	135,828	468,98	74,57
curva_17	70.487,10	-	-	70.553,91	-	66,81	-	500,796	127,20	91,71
curva_18	70.752,60	70.774,74	70.834,97	70.853,89	22,14	60,23	18,92	81,312	783,40	68,04
curva_19	70.867,40	70.885,85	-	70.890,87	18,44	5,02	-	47,107	1352,24	54,51
curva_20	70.890,87	-	-	70.901,44	-	10,57	-	82,218	774,77	54,51
curva_21	70.901,44	-	70.925,17	70.956,15	-	23,73	30,99	54,118	1177,06	58,07
curva_22	71.027,04	-	-	71.092,00	-	64,96	-	132,431	481,01	70,24
curva_23	71.168,34	-	-	71.220,02	-	51,67	-	122,764	518,88	76,92
curva_24	71.300,51	-	-	71.370,24	-	69,73	-	99,385	640,94	72,55
curva_25	71.524,13	71.566,03	71.583,27	71.612,75	41,89	17,24	29,48	71,022	896,91	64,83
curva_26	71.776,99	-	-	71.826,97	-	49,98	-	269,838	236,07	88,44
curva_27	71.870,11	-	-	71.939,45	-	69,34	-	250,720	254,07	88,48
curva_28	71.974,05	-	-	72.028,38	-	54,34	-	292,987	217,42	90,36
curva_29	72.045,21	-	-	72.064,46	-	19,25	-	1515,460	42,03	92,39
curva_30	72.358,09	-	-	72.431,39	-	73,30	-	245,886	259,06	88,23
curva_31	72.508,24	-	-	72.567,23	-	58,99	-	180,849	352,23	83,81
curva_32	72.687,38	-	-	72.765,41	-	78,03	-	126,198	504,76	77,46
curva_33	72.803,70	-	-	72.833,39	-	29,69	-	186,854	340,91	82,73
curva_34	73.410,88	-	-	73.498,27	-	87,40	-	253,419	251,36	88,62
curva_35	73.549,93	73.592,74	73.749,80	73.776,38	42,81	157,07	26,58	143,457	444,04	79,87
curva_36	73.828,39	-	-	73.848,54	-	20,15	-	280,963	226,72	86,75
curva_37	73.880,03	-	-	73.948,70	-	68,67	-	300,903	211,70	90,66

Continua

Conclusão

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V ₈₅ (km/h)
curva_38	73.981,28	-	-	74.052,42	-	71,14	-	158,414	402,11	81,63
curva_39	74.117,60	-	-	74.183,69	-	66,09	-	250,053	254,75	88,45
curva_40	74.306,12	-	-	74.442,78	-	136,66	-	209,950	303,41	86,07
curva_41	74.660,26	-	-	74.801,29	-	141,04	-	230,531	276,32	87,38
curva_42	75.058,41	75.075,64	75.126,22	75.162,47	17,23	50,58	36,25	107,400	593,11	74,21
curva_43	75.252,76	75.281,86	75.383,88	75.403,49	29,10	102,01	19,61	168,913	377,12	82,71
curva_44	75.481,49	75.510,32	-	75.528,74	28,84	18,42	-	87,092	731,41	69,62
curva_45	75.528,74	-	-	75.548,69	-	19,94	-	354,790	179,54	69,62
curva_46	75.548,69	-	-	75.587,53	-	38,84	-	126,399	503,96	77,49
curva_47	77.294,54	77.396,05	-	77.409,62	101,51	13,57	-	99,258	641,76	72,53

ANÁLISE PELO CRITÉRIO I

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -Vd	classificação
curva_1	93,50	90,00	3,50	bom
curva_2	96,28	90,00	6,28	bom
curva_3	96,29	90,00	6,29	bom
curva_4	96,75	90,00	6,75	bom
curva_5	72,79	90,00	17,21	razoável
curva_6	90,37	90,00	0,37	bom
curva_7	90,48	90,00	0,48	bom
curva_8	80,67	90,00	9,33	bom
curva_9	74,39	90,00	15,61	razoável
curva_10	63,63	90,00	26,37	ruim
curva_11	63,63	90,00	26,37	ruim
curva_12	65,09	90,00	24,91	ruim
curva_13	81,29	90,00	8,71	bom
curva_14	81,78	90,00	8,22	bom
curva_15	70,30	90,00	19,70	razoável
curva_16	74,57	90,00	15,43	razoável
curva_17	91,71	90,00	1,71	bom
curva_18	68,04	90,00	21,96	ruim
curva_19	54,51	90,00	35,49	ruim
curva_20	54,51	90,00	35,49	ruim
curva_21	58,07	90,00	31,93	ruim
curva_22	70,24	90,00	19,76	razoável
curva_23	76,92	90,00	13,08	razoável
curva_24	72,55	90,00	17,45	razoável
curva_25	64,83	90,00	25,17	ruim
curva_26	88,44	90,00	1,56	bom
curva_27	88,48	90,00	1,52	bom
curva_28	90,36	90,00	0,36	bom
curva_29	92,39	90,00	2,39	bom
curva_30	88,23	90,00	1,77	bom

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ - Vd	classificação
curva_31	83,81	90,00	6,19	bom
curva_32	77,46	90,00	12,54	razoável
curva_33	82,73	90,00	7,27	bom
curva_34	88,62	90,00	1,38	bom
curva_35	79,87	90,00	10,13	razoável
curva_36	86,75	90,00	3,25	bom
curva_37	90,66	90,00	0,66	bom
curva_38	81,63	90,00	8,37	bom
curva_39	88,45	90,00	1,55	bom
curva_40	86,07	90,00	3,93	bom
curva_41	87,38	90,00	2,62	bom
curva_42	74,21	90,00	15,79	razoável
curva_43	82,71	90,00	7,29	bom
curva_44	69,62	90,00	20,38	ruim
curva_45	69,62	90,00	20,38	ruim
curva_46	77,49	90,00	12,51	razoável
curva_47	72,53	90,00	17,47	razoável

ANÁLISE PELO CRITÉRIO II

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_1	93,50	6,50	bom
tangente_2	100,00	3,72	bom
curva_2	96,28	3,72	bom
tangente_3	100,00	3,71	bom
curva_3	96,29	3,71	bom
tangente_4	100,00	3,25	bom
curva_4	96,75	3,25	bom
tangente_5	100,00	27,21	ruim
curva_5	72,79	17,57	razoável
curva_6	90,37	3,80	bom
tangente_7	94,17	3,69	bom
curva_7	90,48	9,52	bom
tangente_8	100,00	19,33	razoável
curva_8	80,67	10,31	razoável
tangente_9	90,98	16,59	razoável
curva_9	74,39	2,56	bom
tangente_10	76,96	13,32	razoável
curva_10	63,63	0,00	bom
curva_11	63,63	1,46	bom
curva_12	65,09	34,91	ruim
tangente_13	100,00	18,71	razoável
curva_13	81,29	17,84	razoável

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
tangente_14	99,13	17,35	razoável
curva_14	81,78	4,76	bom
tangente_15	86,54	16,25	razoável
curva_15	70,30	4,28	bom
curva_16	74,57	17,14	razoável
curva_17	91,71	1,61	bom
tangente_18	93,32	25,28	ruim
curva_18	68,04	13,53	razoável
curva_19	54,51	0,00	bom
curva_20	54,51	3,56	bom
curva_21	58,07	12,17	razoável
curva_22	70,24	9,13	bom
tangente_23	79,37	2,44	bom
curva_23	76,92	3,56	bom
tangente_24	80,48	7,93	bom
curva_24	72,55	7,63	bom
tangente_25	80,18	15,35	razoável
curva_25	64,83	23,61	ruim
curva_26	88,44	2,67	bom
tangente_27	91,11	2,63	bom
curva_27	88,48	3,08	bom
tangente_28	91,56	1,20	bom
curva_28	90,36	2,03	bom
curva_29	92,39	7,61	bom
tangente_30	100,00	11,77	razoável
curva_30	88,23	2,60	bom
tangente_31	90,84	7,02	bom
curva_31	83,81	4,71	bom
tangente_32	88,52	11,06	razoável
curva_32	77,46	5,27	bom
curva_33	82,73	17,27	razoável
tangente_34	100,00	11,38	razoável
curva_34	88,62	8,75	bom
curva_35	79,87	6,88	bom
curva_36	86,75	3,91	bom
curva_37	90,66	9,04	bom
curva_38	81,63	6,82	bom
curva_39	88,45	6,23	bom
tangente_40	94,68	8,61	bom
curva_40	86,07	13,68	razoável
tangente_41	99,75	12,37	razoável
curva_41	87,38	9,59	bom
tangente_42	96,97	22,76	ruim
curva_42	74,21	10,68	razoável
tangente_43	84,88	2,18	bom
curva_43	82,71	13,08	razoável
curva_44	69,62	0,00	bom
curva_45	69,62	7,87	bom
curva_46	77,49	22,51	ruim
tangente_47	100,00	27,47	ruim
curva_47	72,53	27,47	ruim

APÊNDICE G ANÁLISE DA RODOVIA SP-99 PELO MÉTODO DOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA COM A EQUAÇÃO DETERMINADA NA PESQUISA

PERFIL DE VELOCIDADE

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V85 (km/h)
curva_1	64656,45	64726,45	64930,70	65000,70	70,00	204,25	70,00	620,00	102,74	96,79
curva_2	65306,33	65386,33	65698,67	65778,67	80,00	312,33	80,00	615,00	103,58	96,74
curva_3	66032,42	66112,35	66401,37	66481,37	79,94	289,02	80,00	410,00	155,37	93,73
curva_4	67425,24	67505,24	67803,97	67883,97	80,00	298,73	80,00	360,00	176,94	92,53
curva_5	68116,57	68176,57	68222,58	68282,58	60,00	46,01	60,00	250,00	254,80	88,45
curva_6	68343,07	68403,07	68480,77	68540,77	60,00	77,70	60,00	185,00	344,32	84,17
curva_7	68575,32			68657,60	-	82,28	-	85,00	749,41	69,07
curva_8	68702,10			68764,46	-	62,36	-	70,00	910,00	64,48
curva_9	68877,20			68998,32	-	121,12	-	50,00	1274,00	56,04
curva_10	68998,32			69051,85	-	53,53	-	145,28	438,46	56,04
curva_11	69159,05			69230,39	-	71,34	-	120,00	530,83	76,47
curva_12	69467,15			69520,69	-	53,54	-	50,00	1274,00	56,04
curva_13	69620,05			69674,59	-	54,54	-	49,00	1300,00	55,53
curva_14	69718,54			69784,58	-	66,04	-	56,00	1137,50	58,94
curva_15	69790,14			69844,06	-	53,92	-	322,95	197,24	59,97
curva_16	69844,06			69928,11	-	84,04	-	53,00	1201,89	57,54
curva_17	69962,80			70041,56	-	78,76	-	125,00	509,60	63,83
curva_18	70083,91			70135,16	-	51,25	-	53,00	1201,89	57,54
curva_19	70210,51			70262,51	-	52,00	-	50,00	1274,00	56,04
curva_20	70269,97			70314,13	-	44,16	-	40,00	1592,50	50,29
curva_21	70357,83			70414,14	-	56,31	-	50,00	1274,00	56,04
curva_22	70486,98			70605,12	-	118,14	-	90,00	707,78	68,89
curva_23	70636,38			70741,73	-	105,35	-	50,00	1274,00	56,04
curva_24	70768,09			70823,86	-	55,77	-	29,00	2196,55	42,09
curva_25	70851,80			70910,54	-	58,74	-	30,00	2123,33	42,94
curva_26	70934,07			71069,65	-	135,58	-	39,85	1598,49	48,60
curva_27	71117,55			71190,07	-	72,52	-	60,00	1061,67	59,79
curva_28	71248,25			71400,13	-	151,88	-	64,50	987,60	62,48
curva_29	71452,45			71512,81	-	60,36	-	77,00	827,27	66,76
curva_30	71539,93			71612,58	-	72,65	-	31,00	2054,84	43,76
curva_31	71612,58			71656,07	-	43,49	-	200,00	318,50	43,76
curva_32	71656,07			71716,71	-	60,64	-	91,00	700,00	70,61
curva_33	71859,76			71939,59	-	79,83	-	500,00	127,40	90,21
curva_34	71976,52			72056,76	-	80,24	-	25,32	2515,80	38,75
curva_35	72094,30			72141,57	-	47,28	-	77,50	821,94	48,25
curva_36	72207,83			72251,47	-	43,64	-	75,00	849,33	66,14
curva_37	72270,00			72320,56	-	50,56	-	700,00	91,00	69,16
curva_38	72338,34			72385,49	-	47,14	-	45,00	1415,56	53,33

Continua

Continuação

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V85 (km/h)
curva_39	72428,00			72462,30	-	34,30	-	100,00	637,00	61,49
curva_40	72546,56			72564,28	-	17,72	-	38,94	1636,06	49,59
curva_41	72564,28			72665,98	-	101,70	-	30,25	2105,79	43,15
curva_42	72687,51			72715,96	-	28,45	-	47,50	1341,05	48,33
curva_43	72719,36			72758,55	-	39,19	-	82,00	776,83	55,41
curva_44	72758,55			72806,40	-	47,85	-	37,35	1705,31	48,52
curva_45	72872,01			72943,37	-	71,36	-	80,00	796,25	61,64
curva_46	73078,02			73122,80	-	44,79	-	132,25	481,66	78,36
curva_47	73156,98			73280,55	-	123,57	-	49,50	1286,87	55,79
curva_48	73332,96			73364,18	-	31,22	-	1000,00	63,70	65,32
curva_49	73419,56			73466,25	-	46,70	-	75,00	849,33	66,14
curva_50	73547,63			73614,81	-	67,18	-	120,00	530,83	76,47
curva_51	73722,09			73790,12	-	68,03	-	700,00	91,00	90,62
curva_52	73815,67			73880,98	-	65,31	-	100,00	637,00	72,69
curva_53	73949,06			73966,08	-	17,02	-	200,00	318,50	82,36
curva_54	73989,06			74044,57	-	55,51	-	65,00	980,00	62,67
curva_55	74077,73			74104,49	-	26,76	-	60,00	1061,67	60,68
curva_56	74114,79			74160,32	-	45,53	-	65,00	980,00	62,52
curva_57	74273,66			74316,25	-	42,59	-	40,00	1592,50	50,29
curva_58	74318,74			74393,35	-	74,61	-	63,00	1011,11	50,83
curva_59	74491,91			74549,48	-	57,57	-	65,00	980,00	62,67
curva_60	74637,53	74667,53	74725,28	74755,28	30,00	57,75	30,00	40,00	1592,50	50,29
curva_61	74785,47			74828,38	-	42,91	-	60,00	1061,67	56,52
curva_62	74863,30			74909,11	-	45,81	-	70,00	910,00	64,48
curva_63	74919,11	74949,11	74971,78	75001,78	30,00	22,66	30,00	50,00	1274,00	56,04
curva_64	75058,72			75109,98	-	51,25	-	100,00	637,00	66,30
curva_65	75129,59			75175,29	-	45,70	-	55,00	1158,18	58,48
curva_66	75203,73			75269,60	-	65,86	-	60,00	1061,67	60,68
curva_67	75299,62			75372,07	-	72,45	-	70,00	910,00	64,48
curva_68	75461,43			75508,40	-	46,97	-	65,00	980,00	62,67
curva_69	75590,72			75623,95	-	33,23	-	250,00	254,80	75,77
curva_70	75758,97			75774,28	-	15,30	-	700,00	91,00	97,51
curva_71	75822,52			75897,53	-	75,01	-	50,00	1274,00	56,04
curva_72	76083,29			76145,01	-	61,73	-	60,00	1061,67	60,68
curva_73	76145,01			76177,26	-	32,24	-	170,00	374,71	60,68
curva_74	76194,60			76266,10	-	71,49	-	39,00	1633,33	49,63
curva_75	76296,53			76450,54	-	154,01	-	65,50	972,52	55,98
curva_76	76597,45			76656,53	-	59,08	-	57,50	1107,83	59,60
curva_77	76707,49			76777,67	-	70,17	-	45,00	1415,56	53,33
curva_78	76784,12			76841,65	-	57,54	-	300,00	212,33	54,65
curva_79	76884,10			76924,75	-	40,64	-	95,00	670,53	71,57
curva_80	76980,19			77077,87	-	97,68	-	47,50	1341,05	54,73
curva_81	77142,85			77287,63	-	144,78	-	60,50	1052,89	60,88
curva_82	77382,93			77429,64	-	46,71	-	64,50	987,60	62,48
curva_83	77504,76			77610,75	-	106,00	-	48,50	1313,40	55,26
curva_84	77658,40			77723,88	-	65,48	-	110,00	579,09	64,06
curva_85	77782,00			77831,28	-	49,28	-	29,00	2196,55	42,09
curva_86	77917,02			78006,43	-	89,41	-	143,00	445,45	60,50
curva_87	78035,28	78065,28	78113,01	78143,01	30,00	47,73	30,00	73,00	872,60	65,49
curva_88	78186,26			78229,33	-	43,07	-	150,00	424,67	72,40

Continua

Conclusão

Local	PC = TE	EC	CE	PT = ET	Lcl1 (m)	Lcr (m)	Lcl2 (m)	R (m)	CCRs (gon/km)	V85 (km/h)
curva_89	78367,08			78430,22	-	63,13	-	60,00	1061,67	60,68
curva_90	78461,53			78565,06	-	103,53	-	125,00	509,60	66,12
curva_91	78674,14			78749,83	-	75,70	-	117,00	544,44	75,96
curva_92	78805,94			78855,86	-	49,92	-	200,00	318,50	83,71
curva_93	78974,64			79006,85	-	32,21	-	150,00	424,67	80,67
curva_94	79029,89			79086,71	-	56,82	-	250,00	254,80	83,76
curva_95	79170,52			79227,54	-	57,02	-	54,40	1170,96	58,20
curva_96	79262,89			79304,14	-	41,25	-	130,00	490,00	64,54
curva_97	79340,48			79400,11	-	59,63	-	130,00	490,00	78,03
curva_98	79400,11			79469,71	-	69,60	-	50,00	1274,00	56,04
curva_99	79505,31			79568,85	-	63,54	-	100,00	637,00	62,65
curva_100	79683,20	79713,20	79804,93	79834,93	30,00	91,73	30,00	62,50	1019,20	61,69
curva_101	79892,36			79948,79	-	56,43	-	350,00	182,00	71,22
curva_102	79998,18			80045,59	-	47,40	-	148,00	430,41	80,43
curva_103	80124,97			80268,27	-	143,30	-	226,50	281,24	87,14
curva_104	80368,59			80420,79	-	52,20	-	150,00	424,67	80,67
curva_105	80471,93	80511,93	80586,88	80586,88	40,00	74,94	-	125,00	509,60	77,28
curva_106	80854,39	80894,39	80956,46	80996,46	40,00	62,07	40,00	140,00	455,00	79,43
curva_107	81125,05			81208,43	-	83,38	-	170,00	374,71	82,81
curva_108	81332,63	81392,63	81455,90	81515,90	60,00	63,27	60,00	180,00	353,89	83,74
curva_109	82083,59			82144,41	-	60,83	-	200,00	318,50	85,36
curva_110	82238,35	82298,35	82323,66	82383,66	60,00	25,31	60,00	220,00	289,55	86,74
curva_111	82436,11	82476,11	82511,06	82551,06	40,00	34,95	40,00	430,00	148,14	93,16
curva_112	82785,79			82851,58	-	65,78	-	562,000	113,35	96,16

ANÁLISE PELO CRITÉRIO I

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -Vd	classificação
curva_1	96,79	70,00	26,79	ruim
curva_2	96,74	70,00	26,74	ruim
curva_3	93,73	70,00	23,73	ruim
curva_4	92,53	70,00	22,53	ruim
curva_5	88,45	70,00	18,45	razoável
curva_6	84,17	70,00	14,17	razoável
curva_7	69,07	70,00	0,93	bom
curva_8	64,48	70,00	5,52	bom
curva_9	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_10	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_11	76,47	70,00	6,47	bom
curva_12	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_13	55,53	70,00	14,47	razoável
curva_14	58,94	70,00	11,06	razoável
curva_15	59,97	70,00	10,03	razoável
curva_16	57,54	70,00	12,46	razoável
curva_17	63,83	70,00	6,17	bom
curva_18	57,54	70,00	12,46	razoável

Continua

Continuação

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	V ₈₅ -Vd	Critério I classificação
curva_19	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_20	50,29	70,00	19,71	razoável
curva_21	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_22	68,89	70,00	1,11	bom
curva_23	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_24	42,09	70,00	27,91	ruim
curva_25	42,94	70,00	27,06	ruim
curva_26	48,60	70,00	21,40	ruim
curva_27	59,79	70,00	10,21	razoável
curva_28	62,48	70,00	7,52	bom
curva_29	66,76	70,00	3,24	bom
curva_30	43,76	70,00	26,24	ruim
curva_31	43,76	70,00	26,24	ruim
curva_32	70,61	70,00	0,61	bom
curva_33	90,21	70,00	20,21	ruim
curva_34	38,75	70,00	31,25	ruim
curva_35	48,25	70,00	21,75	ruim
curva_36	66,14	70,00	3,86	bom
curva_37	69,16	70,00	0,84	bom
curva_38	53,33	70,00	16,67	razoável
curva_39	61,49	70,00	8,51	bom
curva_40	49,59	70,00	20,41	ruim
curva_41	43,15	70,00	26,85	ruim
curva_42	48,33	70,00	21,67	ruim
curva_43	55,41	70,00	14,59	razoável
curva_44	48,52	70,00	21,48	ruim
curva_45	61,64	70,00	8,36	bom
curva_46	78,36	70,00	8,36	bom
curva_47	55,79	70,00	14,21	razoável
curva_48	65,32	70,00	4,68	bom
curva_49	66,14	70,00	3,86	bom
curva_50	76,47	70,00	6,47	bom
curva_51	90,62	70,00	20,62	ruim
curva_52	72,69	70,00	2,69	bom
curva_53	82,36	70,00	12,36	razoável
curva_54	62,67	70,00	7,33	bom
curva_55	60,68	70,00	9,32	bom
curva_56	62,52	70,00	7,48	bom
curva_57	50,29	70,00	19,71	razoável
curva_58	50,83	70,00	19,17	razoável
curva_59	62,67	70,00	7,33	bom
curva_60	50,29	70,00	19,71	razoável
curva_61	56,52	70,00	13,48	razoável
curva_62	64,48	70,00	5,52	bom
curva_63	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_64	66,30	70,00	3,70	bom
curva_65	58,48	70,00	11,52	razoável
curva_66	60,68	70,00	9,32	bom
curva_67	64,48	70,00	5,52	bom
curva_68	62,67	70,00	7,33	bom

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Vd (km/h)	Critério I	
			V ₈₅ -Vd	classificação
curva_69	75,77	70,00	5,77	bom
curva_70	97,51	70,00	27,51	ruim
curva_71	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_72	60,68	70,00	9,32	bom
curva_73	60,68	70,00	9,32	bom
curva_74	49,63	70,00	20,37	ruim
curva_75	55,98	70,00	14,02	razoável
curva_76	59,60	70,00	10,40	razoável
curva_77	53,33	70,00	16,67	razoável
curva_78	54,65	70,00	15,35	razoável
curva_79	71,57	70,00	1,57	bom
curva_80	54,73	70,00	15,27	razoável
curva_81	60,88	70,00	9,12	bom
curva_82	62,48	70,00	7,52	bom
curva_83	55,26	70,00	14,74	razoável
curva_84	64,06	70,00	5,94	bom
curva_85	42,09	70,00	27,91	ruim
curva_86	60,50	70,00	9,50	bom
curva_87	65,49	70,00	4,51	bom
curva_88	72,40	70,00	2,40	bom
curva_89	60,68	70,00	9,32	bom
curva_90	66,12	70,00	3,88	bom
curva_91	75,96	70,00	5,96	bom
curva_92	83,71	70,00	13,71	razoável
curva_93	80,67	70,00	10,67	razoável
curva_94	83,76	70,00	13,76	razoável
curva_95	58,20	70,00	11,80	razoável
curva_96	64,54	70,00	5,46	bom
curva_97	78,03	70,00	8,03	bom
curva_98	56,04	70,00	13,96	razoável
curva_99	62,65	70,00	7,35	bom
curva_100	61,69	70,00	8,31	bom
curva_101	71,22	70,00	1,22	bom
curva_102	80,43	70,00	10,43	razoável
curva_103	87,14	70,00	17,14	razoável
curva_104	80,67	70,00	10,67	razoável
curva_105	77,28	70,00	7,28	bom
curva_106	79,43	70,00	9,43	bom
curva_107	82,81	70,00	12,81	razoável
curva_108	83,74	70,00	13,74	razoável
curva_109	85,36	70,00	15,36	razoável
curva_110	86,74	70,00	16,74	razoável
curva_111	93,16	70,00	23,16	ruim
curva_112	96,16	70,00	26,16	ruim

ANÁLISE PELO CRITÉRIO II

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_1	96,79	3,21	bom
tangente_2	100,00	3,26	bom
curva_2	96,74	3,26	bom
tangente_3	100,00	6,27	bom
curva_3	93,73	6,27	bom
tangente_4	100,00	7,47	bom
curva_4	92,53	7,47	bom
tangente_5	100,00	11,55	razoável
curva_5	88,45	1,67	bom
tangente_6	90,11	5,94	bom
curva_6	84,17	15,10	razoável
curva_7	69,07	1,32	bom
tangente_8	70,39	5,91	bom
curva_8	64,48	5,46	bom
tangente_9	69,94	13,89	razoável
curva_9	56,04	0,00	bom
curva_10	56,04	20,43	ruim
curva_11	76,47	7,80	bom
tangente_12	84,28	28,23	ruim
curva_12	56,04	8,81	bom
tangente_13	64,86	9,33	bom
curva_13	55,53	5,95	bom
tangente_14	61,48	2,54	bom
curva_14	58,94	1,03	bom
curva_15	59,97	2,43	bom
curva_16	57,54	6,30	bom
curva_17	63,83	6,30	bom
curva_18	57,54	6,15	bom
tangente_19	63,68	7,64	bom
curva_19	56,04	5,76	bom
curva_20	50,29	7,47	bom
tangente_21	57,76	1,71	bom
curva_21	56,04	12,84	razoável
curva_22	68,89	12,84	razoável
curva_23	56,04	13,96	razoável
curva_24	42,09	3,96	bom
tangente_25	46,05	3,11	bom
curva_25	42,94	5,66	bom
curva_26	48,60	11,19	razoável
curva_27	59,79	6,55	bom
tangente_28	66,34	3,86	bom
curva_28	62,48	6,64	bom
tangente_29	69,11	2,35	bom
curva_29	66,76	23,00	ruim
curva_30	43,76	0,00	bom
curva_31	43,76	26,85	ruim

Continua

Continuação

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_32	70,61	19,60	razoável
curva_33	90,21	51,46	ruim
curva_34	38,75	9,50	bom
curva_35	48,25	17,89	razoável
curva_36	66,14	3,02	bom
curva_37	69,16	15,83	razoável
curva_38	53,33	8,16	bom
curva_39	61,49	11,90	razoável
curva_40	49,59	6,45	bom
curva_41	43,15	5,19	bom
curva_42	48,33	7,07	bom
curva_43	55,41	6,88	bom
curva_44	48,52	13,12	razoável
curva_45	61,64	16,72	razoável
curva_46	78,36	22,58	ruim
curva_47	55,79	9,53	bom
curva_48	65,32	0,82	bom
curva_49	66,14	10,33	razoável
curva_50	76,47	14,15	razoável
curva_51	90,62	17,93	razoável
curva_52	72,69	9,67	bom
curva_53	82,36	19,70	razoável
curva_54	62,67	1,91	bom
tangente_55	64,57	3,90	bom
curva_55	60,68	1,84	bom
curva_56	62,52	4,32	bom
tangente_57	66,84	16,55	razoável
curva_57	50,29	0,54	bom
curva_58	50,83	15,76	razoável
tangente_59	66,59	3,92	bom
curva_59	62,67	2,12	bom
tangente_60	64,79	14,50	razoável
curva_60	50,29	6,23	bom
curva_61	56,52	7,96	bom
curva_62	64,48	8,44	bom
curva_63	56,04	10,26	razoável
curva_64	66,30	7,82	bom
curva_65	58,48	3,74	bom
tangente_66	62,22	1,54	bom
curva_66	60,68	4,56	bom
tangente_67	65,24	0,76	bom
curva_67	64,48	6,42	bom
tangente_68	70,90	8,23	bom
curva_68	62,67	13,10	razoável
curva_69	75,77	21,74	ruim
curva_70	97,51	41,46	ruim
curva_71	56,04	18,71	razoável
tangente_72	74,75	14,08	razoável
curva_72	60,68	0,00	bom
curva_73	60,68	11,04	razoável

Continua

Continuação

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_74	49,63	6,35	bom
curva_75	55,98	15,04	razoável
tangente_76	71,02	11,42	razoável
curva_76	59,60	1,71	bom
tangente_77	61,32	7,99	bom
curva_77	53,33	1,32	bom
curva_78	54,65	16,92	razoável
curva_79	71,57	16,84	razoável
curva_80	54,73	9,35	bom
tangente_81	64,08	3,19	bom
curva_81	60,88	8,96	bom
tangente_82	69,84	7,37	bom
curva_82	62,48	3,14	bom
tangente_83	65,62	10,36	razoável
curva_83	55,26	8,80	bom
curva_84	64,06	21,97	ruim
curva_85	42,09	18,41	razoável
curva_86	60,50	4,99	bom
curva_87	65,49	6,91	bom
curva_88	72,40	11,73	razoável
curva_89	60,68	5,44	bom
curva_90	66,12	13,54	razoável
tangente_91	79,66	3,69	bom
curva_91	75,96	7,74	bom
curva_92	83,71	6,10	bom
tangente_93	89,81	9,14	bom
curva_93	80,67	3,09	bom
curva_94	83,76	25,56	ruim
curva_95	58,20	6,34	bom
curva_96	64,54	13,49	razoável
curva_97	78,03	21,99	ruim
curva_98	56,04	6,61	bom
curva_99	62,65	8,94	bom
tangente_100	71,59	9,90	bom
curva_100	61,69	9,52	bom
curva_101	71,22	9,22	bom
curva_102	80,43	8,63	bom
tangente_103	89,06	1,92	bom
curva_103	87,14	3,17	bom
tangente_104	90,31	9,64	bom
curva_104	80,67	1,81	bom
tangente_105	82,48	5,20	bom
curva_105	77,28	18,41	razoável
tangente_106	95,69	16,26	razoável
curva_106	79,43	10,28	razoável
tangente_107	89,70	6,89	bom
curva_107	82,81	8,38	bom
tangente_108	91,20	7,46	bom
curva_108	83,74	16,26	razoável
tangente_109	100,00	14,64	razoável

Continua

Conclusão

Local	V ₈₅ (km/h)	Critério II	
		V _{85i} - V _{85i+1}	classificação
curva_109	85,36	6,58	bom
tangente_110	91,95	5,21	bom
curva_110	86,74	6,42	bom
curva_111	93,16	6,84	bom
tangente_112	100,00	3,84	bom
curva_112	96,16	3,84	bom