

**Fase I - Identificação e proposição
de melhorias em segmentos críticos
da malha rodoviária federal do DNIT**

**Produto I - Metodologia para
identificação de segmentos Críticos**

Maio de 2009

ELABORAÇÃO DE AÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS DE SEGURANÇA
RODOVIÁRIA, POR MEIO DE IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS SEGMENTOS
CRÍTICOS DA MALHA VIÁRIA DO DNIT

Destaque Orçamentário - Portaria nº 1.282 de 31 de outubro de 2008 - DNIT / UFSC

FASE 1 – Identificação e Proposição de Melhorias em Segmentos Críticos da Malha
Rodoviária Federal do DNIT

Produto 1 - Metodologia para Identificação de Segmentos Críticos

Maio de 2009



Laboratório de Transportes e Logística



Universidade Federal de Santa Catarina



Núcleo de Estudos sobre Acidentes de Tráfego
em Rodovias

FICHA TÉCNICA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - DNIT

Luiz Antonio Pagot
Diretor Geral DNIT

Hideraldo Luiz Caron
Diretor de Infra-Estrutura Rodoviária

Luiz Cláudio dos Santos Varejão
Coordenador Geral de Operações Rodoviárias

João Batista Berreta Neto
Coordenador de Operações Rodoviárias

Elmar Pereira Mello
Engenheiro Responsável - IPR

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL - DNIT/SC

João José dos Santos
Superintendente Regional de Santa Catarina

Edemar Martins
Supervisor de Operações

Fernando Faustino de Souza
Área de Engenharia e Segurança de Trânsito

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

Alvaro Toubes Prata
Reitor

Carlos Alberto Justo da Silva
Vice-Reitor

Edison da Rosa
Diretor do Centro Tecnológico

Antonio Edésio Jungles
Chefe do Departamento de Engenharia Civil

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA - LABTRANS

Amir Mattar Valente, Dr.
Coordenador Técnico do Convênio

EQUIPE TÉCNICA - Rede NEA

Valter Zanela Tani, Dr.
Regina de Fátima Andrade, Dra.
Carolina Cannella Peña, Mestranda em Eng^a. Civil
Gustavo Garcia Otto, Engenheiro Civil
Flavio De Mori, Dr.
Luciano Kaesemodel, Analista de Sistemas
Cláudia Heusi Silveira, Analista de Sistemas
Alexandre Hering Coelho, Dr.-Ing.
Ricardo Rogério Reibinitz, Mestrando em Eng^a. Civil
Waldemar Fini Júnior, Consultor Técnico
Rubem Ferreira Queiroz, Consultor Técnico
Marco Túlio Peixoto Pimenta, Engenheiro de Tráfego
EQUIPE DE APOIO
Bárbara Constante Alves, Auxiliar Administrativa
Daniel Moura Aragão, Administrador
Fernando Rosa, Técnico de Apoio de informática
Maria Lucia Alves Silva, Programadora

Apresentação

Este relatório apresenta o conjunto de instruções que tratará e levará a termo a metodologia a ser utilizada na elaboração dos estudos de identificação de segmentos rodoviários considerados como críticos. O presente estudo está dividido em 5 (cinco) capítulos, onde, no primeiro capítulo, uma breve introdução do tema acidentes e identificação das áreas por ele afetadas é abordada. No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão da bibliografia atual que trata de metodologias de identificação de segmentos críticos. No capítulo seguinte, (Capítulo 3) apresentam-se atividades relacionadas à coleta dos dados necessários para identificação dos trechos. A metodologia para identificação dos segmentos críticos é então exposta no Capítulo 4 e nele destacam-se as informações e procedimentos necessários para o desenvolvimento das atividades relacionadas à identificação, como por exemplo: dados de acidentes, volume e composição do tráfego, características do meio ambiente e tipo de uso do solo marginal. Finalmente, no Capítulo 5, expõem-se as conclusões do presente relatório.

Este relatório é acompanhado por um CD-ROM contendo cópia digital do presente volume para utilização em meio eletrônico.

Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura da metodologia de identificação de segmentos críticos	12
Figura 2 – Fases do estudo de pontos negros	17
Figura 3 – Procedimentos de identificação de locais críticos	29
Figura 4 – Índices referenciais para a definição de categorias de pontos críticos	35
Figura 5 – Códigos de desagregação da rodovia	43
Figura 6 – Abreviaturas da situação física das rodovias cadastradas no PNV	44
Figura 7 – Visualização de Trechos de PNV através do SGV	45
Figura 8 – Divisão de áreas urbanas e rurais	47
Figura 9 – Visualização de áreas urbanas e rurais pelo SGV	47
Figura 10 – Designações para classificação do perfil da rodovia	49
Figura 11 – Visualização de mapa altimétrico pelo SGV	50
Figura 12 – Limites para classificação do perfil da rodovia	51
Figura 13 – Curva normal para $\alpha = 5\%$	57
Figura 14 – Curva normal para $\alpha = 0,5\%$	58
Figura 15 – Índices para categorização dos segmentos	59

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Valores do coeficiente k	20
Tabela 2 – Valores referenciais limites para a definição de pontos críticos	34
Tabela 3 – Valores do coeficiente k de acordo curva normal	57

Lista de Abreviaturas

CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
DRF	Distrito Rodoviário Federal
FHWA	Federal Highway Administration
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
LabTrans	Laboratório de Transportes e Logística
NEA	Núcleo de Estudos sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias
NET	Núcleo de Estudos de Tráfego
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
PNV	Plano Nacional de Viação
REV	Redutor Eletrônico de Velocidade
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
VMD	Volume Médio Diário
VMDa	Volume Médio Diário Anual

SUMÁRIO

Apresentação.....	4
Lista de Figuras	5
Lista de Tabelas	5
Lista de Abreviaturas	6
Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	10
1 Introdução	11
Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2 Revisão Bibliográfica	15
2.1 Metodologias Nacionais	16
2.1.1 Manual de Identificação, análise e tratamento de pontos negros - DENATRAN (1982)	16
2.1.2 Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias - DNER (1986).....	19
2.1.3 Nota técnica NR 210/ Técnica de análise de Conflitos - CET	21
2.1.4 Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo - DNER (1998)	23
2.1.5 Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos - MENESES (2001)	24
2.1.6 Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito – CEFTRU (2002).....	27
2.2 Metodologias Internacionais.....	30
2.2.1 Método da BAST para Identificação de Áreas Críticas - Identifikation Von Unfallstellen. Beseitigung von Unfallstellen - BRENNER (1978).....	30
2.2.2 Método da VSP - Untersuchungen an Unfalltypensteckkarten Meeves (1998).....	31
2.2.3 Metodologia da GDV/ISK	33
2.2.4 Transportation and Traffic Engineering Handbook (1976)	36
2.2.5 Traffic Engineering Handbook - Pline (1992)	37
Capítulo 3 – COLETA DE DADOS	40
3 Coleta e tratamento de Dados	41
3.1 Identificação do código correspondente ao PNV.....	41
3.1.1 Segmentação da Rodovia	42
3.1.1.1 Características da Pista de Rolamento	43
3.1.1.2 Uso do solo lindeiro	45
3.1.1.3 Perfil da rodovia.....	48

3.1.2	Extensão dos segmentos	51
3.1.3	Volume Médio Diário Anual – VMDa	51
3.1.4	Dados de Acidentes	52
CAPÍTULO 4 – IDENTIFICAÇÃO DE SEGMENTOS CRÍTICOS		54
4	Identificação de Segmentos Críticos.....	55
4.1	Conceitos Probabilísticos e Técnicas Estatísticas.....	56
4.1.1	Conceitos Iniciais.....	56
4.1.1.1	Teste de Hipóteses.....	56
4.1.1.2	Coeficiente k.....	57
4.1.2	Equações Finais	58
4.1.2.1	Índice de acidentes do segmento- I_j	58
4.1.2.2	Índice crítico anual de referência – λ	58
4.1.2.3	Índice crítico anual de um segmento – IC	58
4.1.3	Segmento Crítico.....	59
4.1.4	Categorização dos segmentos críticos.....	59
4.2	Série Histórica dos Segmentos	59
4.3	Listagem dos Segmentos Críticos	60
Capítulo 5 – CONCLUSÕES		62
5	Conclusões	63
Capítulo 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64
6	Referências Bibliográficas	65

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1 Introdução

O crescimento das cidades e o conseqüente desenvolvimento dos sistemas de transporte, tendo em vista as necessidades de deslocamento de pessoas e cargas, têm provocado um acréscimo notável dos acidentes de trânsito. Dentro do tema segurança viária, podemos ressaltar ainda o avanço desordenado das zonas urbanas das cidades que tem contribuído para a proliferação de acidentes, aumentando, portanto, a necessidade de programas efetivos de segurança no trânsito.

Proceder com intervenções no sistema viário e promover, assim, melhorias na mobilidade e na qualidade de vida do cidadão, eliminando o número de vítimas graves e fatais e reduzindo os danos e perdas dos acidentes que não puderam ser evitados, têm sido um grande desafio da gestão e engenharia de transportes.

Além da perda de vidas, da incapacitação permanente ou temporária, dos ferimentos físicos e psicológicos e das conseqüências diretas na produção econômica nacional, os acidentes de trânsito também acarretam outro tipo de prejuízo, que diz respeito aos seus vultosos custos ao governo. Esse dinheiro certamente poderia ser aplicado na melhoria das condições de vida dos brasileiros e também na prevenção desses acidentes.

O estudo desses locais problemáticos é um meio apropriado de se estabelecer uma política de melhoramento dos níveis de segurança da rede rodoviária, permitindo uma definição de prioridades. Além disso, estudos da influência da rodovia e meio ambiente nos acidentes de trânsito podem ser usados como referência para a reestruturação e atualização das especificações e normas de projetos de segurança e engenharia rodoviária.

Apesar de existir um consenso generalizado a respeito da importância de análises e intervenções dessa natureza, as dificuldades apresentadas quando dos levantamentos e das investigações dos fenômenos dos acidentes de trânsito nas rodovias, contribuem para que continuem a existir, em muitos países, diversos métodos para identificação de locais e trechos problemáticos.

Desse modo, constata-se a importância de definir-se uma metodologia, ou plano de ação, que possibilite a identificação dos locais e/ou trechos rodoviários que apresentem problemas de segurança, permitindo assim que a rodovia esteja, efetivamente, fora dos fatores contribuintes aos acidentes.

O presente estudo objetiva apresentar os procedimentos metodológicos a serem adotados pelas Superintendências Regionais do DNIT, os quais terão suas estruturas delimitadas, em linhas gerais, conforme apresenta a Figura 1 e suas diretrizes expostas ao longo do relatório.

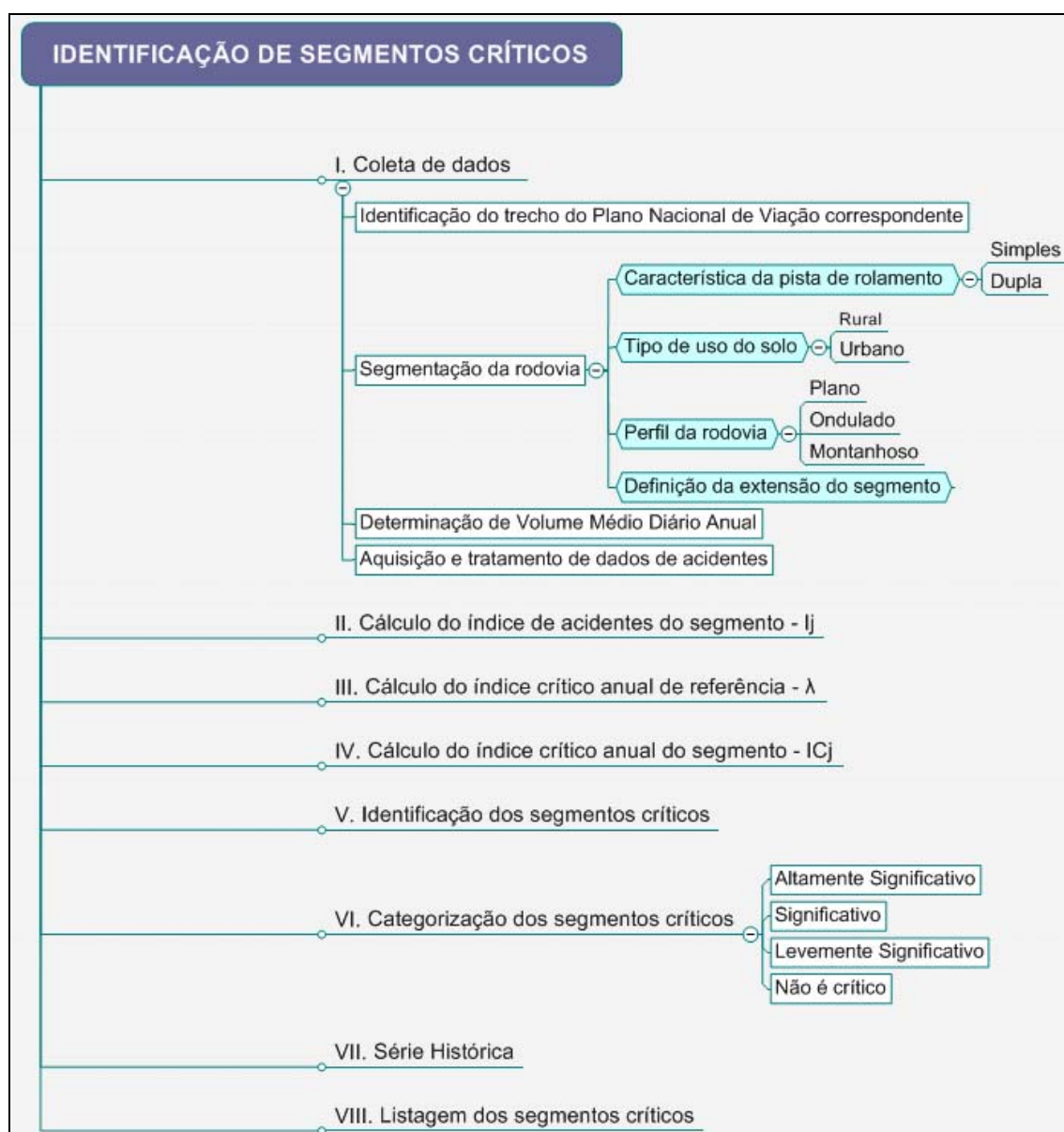


Figura 1 – Estrutura da metodologia de identificação de segmentos críticos

Dentro da primeira fase da metodologia realizam-se as coletas dos dados essenciais para a identificação dos segmentos críticos, onde são incluídas informações referentes à: identificação do trecho dentro do PNV - Plano Nacional de Viação; segmentação da rodovia através de sua característização de acordo pista, tipo de uso do solo lindeiro e perfil da rodovia; determinação do VMDa - Volume Médio Diário Anual e, finalmente, aquisição de dados de acidentes.

O tópico seguinte, apresenta as diretrizes que regem os procedimentos da metodologia proposta que está primariamente associada aos cálculos de probabilidade do segmento ter mais acidentes do que outros trechos com as mesmas características utilizadas em sua segmentação.

Os primeiro procedimentos matemáticos dizem respeito aos índices de acidentes e índices críticos do trecho que objetivam determinar valores acima dos quais os acidentes observados seriam provavelmente decorrentes de outros fatores, além dos associados meramente ao acaso. A busca de tais índices vai de encontro à uma análise comparativa, baseada em um teste de hipóteses, de forma que os segmentos que apresentarem índices de acidentes maiores que os índices críticos do trecho poderão ser considerados como segmentos críticos.

Juntamente com a identificação de cada segmento crítico dentro do ano correspondente aos dados de acidentes coletados, propõe-se o estabelecimento de uma evolução histórica dos segmentos identificados. Tomando-se como evolução histórica a elaboração de uma série regressiva, a partir do ano base, na qual deverá ser verificada a permanência ou não do segmento como crítico.

A próxima etapa da metodologia trata do controle do coeficiente de variação estatística dos dados, originando assim uma categorização de acordo significância da criticidade do segmento através das designações: altamente significativo, significativo, levemente significativo e segmento não crítico.

Finalizando a metodologia, elabora-se uma listagem dos segmentos críticos resultantes dos procedimentos recomendados e que é composta basicamente por sete blocos de dados, cujas referências são: rodovia, unidade de federação e código de PNV correspondentes, referências quilométricas (limites do segmento através de quilômetros inicial e final), dados de acidentes, volume médio diário anual e extensão do segmento.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2 Revisão Bibliográfica

Os métodos e procedimentos para identificação de trechos críticos ou segmentos críticos quanto à segurança, utilizados em diversos países, podem considerar-se divididos em dois grandes grupos: os métodos “a posteriori” que requerem o uso de registros de acidentes ocorridos em um dado período de tempo e, em determinados casos, utilizam dados relativos ao volume de tráfego e/ou características físicas de uma rodovia (ou de um trecho) e os métodos “a priori” que não se baseiam diretamente nos dados históricos de acidentes, mas sim em fatores que se supõe estarem relacionados com a ocorrência destes (NEA, 2006).

Os estudos dos locais e trechos críticos de um sistema viário podem ainda ser subdivididos em estudos direcionados a meios urbanos e meios rurais. Em muitos casos, seus conceitos (urbano e rural) são confundidos pela dificuldade de caracterização do meio ambiente estudado. Por exemplo, o crescimento desordenado na faixa de domínio, em diversas rodovias, pode descaracterizar a rodovia como um meio rural e esse trecho pode ser tratado como um meio urbano, uma vez que variáveis como ciclistas e pedestres estão envolvidos nas análises.

Dessa forma, a primeira etapa de qualquer programa de melhoria na segurança rodoviária, associada à circulação de veículos, é a identificação e classificação dos locais problemáticos quanto à segurança.

Os métodos de identificação dos locais de acumulação de acidentes objetivam determinar os sítios que estejam associados a níveis de segurança viária que ponham em risco seus usuários, sejam eles motoristas, passageiros, pedestres, ciclistas ou veículos, ou ainda determinar trechos da rede de vias que apresentam padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência pré-estabelecida, trechos conhecidos como pontos, trechos ou segmentos críticos.

Com o intuito de aprofundar o conhecimento do tema em questão, a seguir são apresentadas algumas metodologias utilizadas hoje no mundo para a identificação de segmentos críticos.

2.1 Metodologias Nacionais

2.1.1 Manual de Identificação, análise e tratamento de pontos negros - DENATRAN (1982)

Trabalho desenvolvido pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN em convênio com a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, levando em consideração as opiniões e experiências de várias destacadas entidades responsáveis pelo trânsito no país.

Este estudo objetivou a colaboração no combate ao problema dos pontos negros, elaborando-se um programa dirigido à identificação e à eliminação de locais perigosos com relação à segurança viária através da apresentação de metodologia de identificação, análise e tratamento dos mesmos.

O manual destaca que são duas as maneiras de atacarem-se os problemas relacionados com os acidentes de trânsito: através de programas abrangentes de educação, fiscalização, etc. – nível macro - e por meio de estudos específicos em situações localizadas – nível micro. O estudo aborda especificamente o segundo caso.

O documento trata do estudo de determinados locais nas áreas urbanas – os pontos negros. Os pontos negros são definidos como locais que apresentam as maiores taxas de acidentes de trânsito, ou seja, pontos de alto risco. Normalmente estão relacionados a determinados locais como interseções, trechos em curvas ou trechos com visibilidade precária. Por vezes, esses locais perigosos tornam-se mais abrangentes englobando maiores extensões de vias – os trechos negros.

Sob outro ponto de vista, são conceituados pontos negros como sendo aqueles locais onde são registradas as taxas de acidentes mais elevadas quando consideradas em relação a uma taxa de referência. As fases de um estudo de pontos negros são listadas na Figura 2 abaixo.

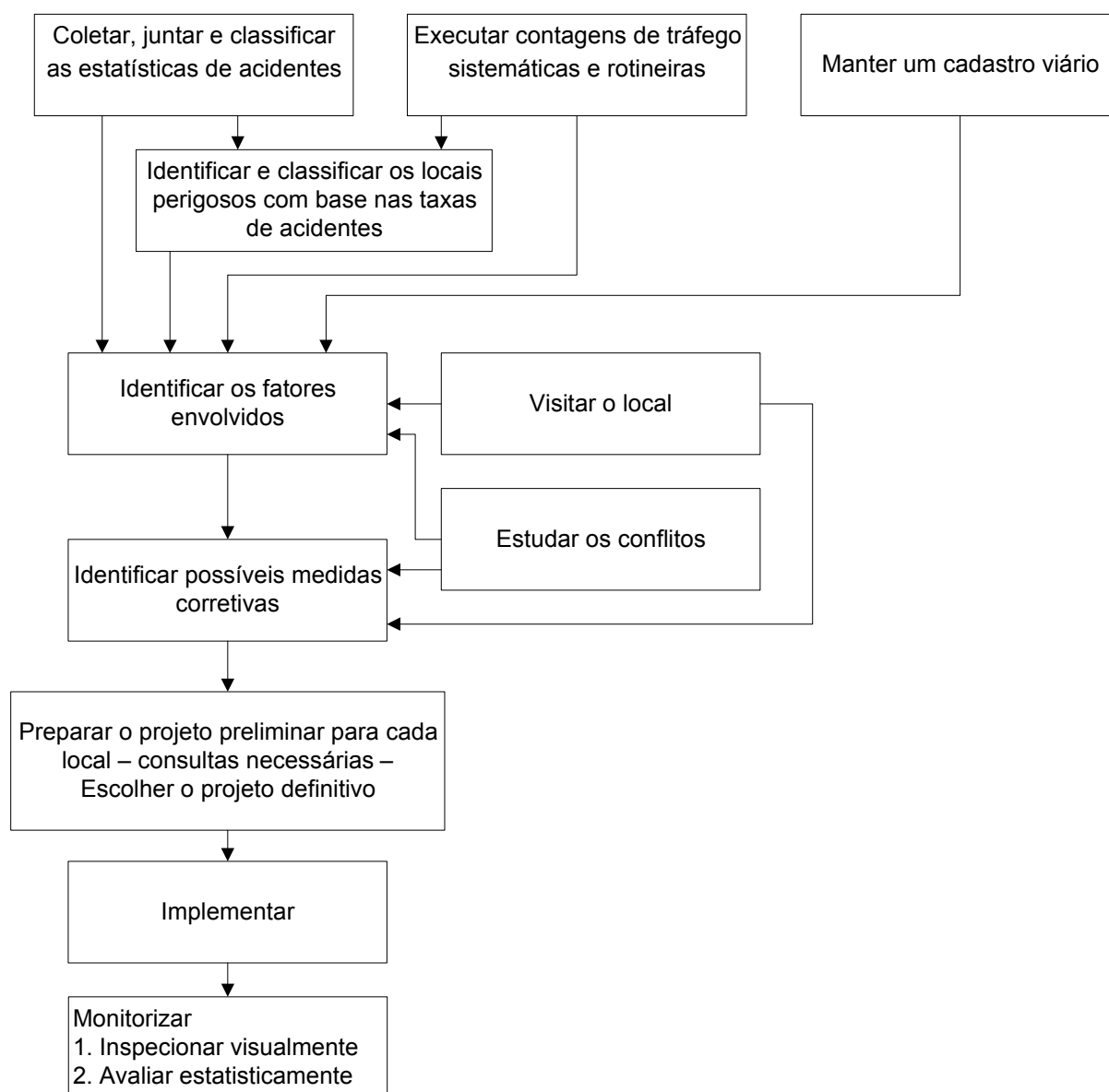


Figura 2 – Fases do estudo de pontos negros (DENATRAN, 1982)

Para o estudo, a identificação de pontos negros numa via acarreta no levantamento das seguintes informações sobre os acidentes de trânsito:

- *Registro dos acidentes e coleta de dados:* através dos boletins de ocorrência;
- *Arquivo e análise dos dados de acidentes de trânsito:* facilidade de visualização das áreas através de listagens;
- *Dados sobre volumes de tráfego:* em horários de pico e fora deles desde que sejam horários típicos utilizando contagens manuais e mecânicas;

- *Taxas de acidentes e Unidade Padrão de Severidade (UPS):* a quantificação dos acidentes é feita através da Unidade Padrão de Severidade, cujo valor, expresso em UPS, é resultado da aplicação da seguinte fórmula:

$$UPS = A.S.V. + A.C.V. \times 5 + A.C.O. \times 13 \quad (1)$$

Onde,

A.S.V. - Número de acidentes sem vítimas (somente com danos materiais);

A.C.V. - Número de acidentes com vítima/feridos;

A.C.O. - Número de acidentes com óbito.

Esta metodologia apresenta como vantagem a neutralização da influência do volume veicular no nível de acidentes já que, locais com elevados volumes de tráfego tendem a possuir maior número de acidentes. As taxas de acidentes são normalmente expressas em acidentes por milhões de veículos que entram em uma interseção ou acidentes por milhões de veículos x km em um trecho de via, podendo ser calculadas da seguinte forma:

- **Para interseções**

$$T = (n^{\circ} UPS \times 10^6) / (V \times P) \quad (2)$$

Onde,

T = número de acidentes por milhões de veículos

P = período do estudo, em dias (geralmente 365 dias)

- **Para trechos viários**

$$T = (n^{\circ} UPS \times 10^6) / (V \times P \times E) \quad (3)$$

Onde,

T = acidentes por milhões de veículos x km

P = período do estudo, em dias (geralmente 365 dias)

V = volume médio diário de veículos passando no trecho

E = extensão do trecho (em km)

2.1.2 Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias - DNER (1986)

Este documento elaborado pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER apresenta os procedimentos matemáticos que indicam como a variável ‘número de acidentes’ num determinado segmento servirá para distinguir, numa dada amostra, aqueles segmentos de rodovia que se reconhecerão como críticos.

No trabalho são apresentados alguns conceitos estatísticos normalmente considerados quando se pretende estudar questões que envolvem acidentes de trânsito. Todos os resultados obtidos estão fundamentados na probabilidade de ocorrência de um acidente em um determinado segmento, tendo como base para comparação, uma amostra estudada. Assim, se a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento for maior do que a probabilidade de ocorrência da amostra, o segmento é considerado como crítico.

A consideração do segmento como crítico ou não é feita a partir de um teste de hipóteses. Assim supõe-se que, sendo:

λ : probabilidade (estimada) de ocorrer um acidente na amostra A durante um intervalo de tempo Δt .

P_s : probabilidade de ocorrer um acidente num segmento s, durante um intervalo de tempo Δt .

$$H_0: P_s \leq \lambda$$

$$H_1: P_s > \lambda$$

A determinação da aceitação ou não de H_0 é em função da denominada razão crítica ($r_{1-\alpha}$).

$$r_{1-\alpha} = \lambda + k_{1-\alpha} \sqrt{\frac{\lambda}{m} - \frac{0,5}{m}} \quad (4)$$

A razão crítica é embasada no nível de significância (α) através da utilização do coeficiente k, que, por sua vez, é o valor da probabilidade tolerável de incorrer do

erro de rejeitar H_0 , quando H_0 é verdadeira e tem seus valores apresentados no quadro na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Valores do coeficiente k

α	k
0,100 = 10,0%	1,282
0,050 = 5,0%	1,645
0,010 = 1,0%	2,330
0,005 = 0,5%	2,576
0,001 = 0,1%	3,000

Assim, quando:

(Número de acidentes observados em s) / m > $r_{1-\alpha}$ rejeita-se H_0 , então segmento é crítico e (Número de acidentes observados em s) / m < $r_{1-\alpha}$ não se rejeita H_0 , então segmento não é crítico.

Nesta equação, percebem-se duas coisas, a primeira é a utilização do valor m, o qual representa o volume médio diário VMD do segmento analisado. E a segunda, é a incorporação do valor 0,5 na equação, o qual está vinculado a uma correção estatística, decorrente da necessidade de transformar a variável aleatória x, distribuída binomialmente, em uma variável contínua x, normalmente distribuída.

Como equações finais da presente metodologia têm-se:

- **Índice de acidentes**

$$I_j = \frac{10^6 \times N_j}{365(VMD)_j E_j} \quad (5)$$

- **Índice crítico anual de cada segmento**

$$\lambda = \frac{\sum_j N_j}{365 \sum_j (VMD)_j E_j} \quad (6)$$

Onde,

N_j = número anual de acidentes ocorridos no link, referente ao segmento j;

$(VMD)_j$ = volume médio diário, observado no segmento j;

E_j = extensão associada ao segmento j.

- **Índice crítico anual de um segmento**

$$IC_j = 10^6 \lambda + k \sqrt{\frac{10^6 \lambda}{10^{-6} m_j}} - \frac{0,5}{10^{-6} m_j} \quad (7)$$

$$IC_j = r_{1-\alpha} \times 10^6 \quad (8)$$

- **Segmento Crítico**

$$I_j \geq (IC)_j$$

2.1.3 Nota técnica NR 210/ Técnica de análise de Conflitos - CET

Publicação técnica da Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, a qual apresenta conceitos e resultados constantes no documento ‘Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations’ publicado pela Federal Highway Administration - FHWA com a agregação de outras análises e comentários pertinentes.

Primeiramente é importante definir que o termo ‘conflito’, de acordo nota técnica, significa um evento envolvendo a interação de dois ou mais usuários do sistema viário (motorista ou pedestre) onde pelo menos um dos envolvidos toma uma ação evasiva como frear e/ou desviar para evitar colisão gerando assim uma situação de ‘quase-acidente’.

Como vantagens da utilização podem ser enumeradas as seguintes:

- Ao contrário dos dados de acidentes, que levam longo tempo para serem acumulados, os conflitos são eventos de fácil observação direta.
- Um estudo de conflito pode ser feito imediatamente sem que seja necessário esperar que os acidentes ocorram.
- Em geral, os dados de acidentes não revelam nenhuma informação que possa indicar a provável causa do acidente, porque e como o acidente ocorreu, por não estar disponível o correspondente diagrama de colisão. Já o estudo de conflitos é extremamente útil para diagnosticar problemas

operacionais ou de segurança específicos através do qual é possível indicar o melhor tratamento. Para tanto, é indispensável a análise dos conflitos por tipo, pois é a tipologia do conflito que irá permitir diagnosticar o problema de segurança e indicar qual a medida corretiva a ser aplicada.

Em muitas situações, quando um motorista toma uma ação evasiva para evitar uma colisão, pode colocar um terceiro motorista em situação de risco. Esse tipo de evento é denominado, pelo estudo, de conflito secundário. Assim, um conflito é denominado secundário quando é causado por outro conflito. Normalmente, eles não são levados em conta nas pesquisas de conflito, computando-se apenas os conflitos que provocaram o conflito secundário.

Em geral, a análise de conflitos pode ser aplicada a qualquer local que se queira determinar e diagnosticar problemas de segurança, com a conseqüente proposição de medidas para corrigi-los. Entretanto, como as pesquisas de campo exigem consideráveis recursos humanos, não é prático conduzir estudos de conflito em todo e qualquer local. Em linhas gerais não se recomenda conduzir um estudo durante períodos de congestionamento ou em condições de movimento e parada constantes e também em locais com baixo volume de veículos, onde o total de veículos que entram no cruzamento é inferior a 1000 veículos por dia.

Segundo a FHWA, o nº de horas de pesquisa necessário para estimar o nº de conflitos de um determinado tipo (ou grupo) com uma precisão de $\pm p$ por cento e com um intervalo de confiança α pode ser calculado utilizando-se da seguinte expressão:

$$N = \left(100 \frac{t}{p}\right)^2 \frac{\sigma e^2}{Y^2} \quad (9)$$

Onde,

n = número de horas pesquisadas;

t = 1,65 (com nível de confiança α = 90%);

p = 50% (precisão estimativa);

σe^2 = variância obtida em pesquisas anteriores;

Y = número médio de conflitos por hora (por tipo de conflito).

Qual seria o número de conflitos que indicaria haver uma causa e, portanto um problema de segurança? Para responder, o estudo cita a consideração da frequência média de conflitos de um determinado tipo em uma amostra grande de cruzamentos, considerando-se como cruzamentos com problemas de segurança aqueles que apresentam número de conflitos superior a 90%. Como critério, o limite de 90% seria o limite anormal de conflitos, acima do qual seria necessária a investigação de possíveis causas e da aplicação de medidas corretivas.

Se houver restrições orçamentárias para a implantação de projetos podem-se priorizar os locais que apresentarem um índice igual ou superior a 95%. Analogamente, se houver sobras de recursos podem-se implantar medidas corretivas para cruzamentos que apresentarem um índice de conflitos inferior a 90% (80%, por exemplo).

2.1.4 Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo - DNER (1998)

Este documento fornece os procedimentos utilizados pelo DNIT na implantação de programas de redução de acidentes com base na análise das características desses acidentes, nos locais onde eles se concentram.

A metodologia proposta para a identificação dos segmentos concentradores de acidentes é feita com uso conjunto dos seguintes elementos:

- *Cadastro de Trechos*: é apresentado, em volumes individuais (versões anuais), por Distrito Rodoviário Federal, contendo o mapa esquemático e a listagem de computador; a utilização desse cadastro é necessária, principalmente, na identificação de trechos distintos e na compatibilização dos mesmos;
- *Listagem Seções Críticas*: é composta, basicamente, por dois blocos de dados, cujas chaves de acesso são: DRF, rodovia, código do trecho e referências quilométricas (limites do trecho e do segmento concentrador de acidentes);
- *Listagem Relação de Acidentes em Segmentos Concentradores de Acidentes*: são apresentados os desdobramentos dos segmentos concentradores de

acidentes, constantes da listagem anterior, através dos códigos do DRF, da rodovia e do trecho; dos quilômetros das ocorrências; dos números das fichas de acidentes e respectivos números de lote e seqüencial; dos códigos do tipo do acidente e da gravidade.

2.1.5 *Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos - MENESES (2001)*

Esta dissertação de mestrado trata de uma proposição para o tratamento de trechos rodoviários considerados como críticos em ambientes de grandes centros urbanos. Esta metodologia diferencia-se da metodologia proposta pelo extinto DNER pelo fato de considerar o ambiente urbano presente nas rodovias.

O autor recomenda que para a aplicação criteriosa do método de identificação de trecho crítico ou segmento crítico, seja feita a desagregação geográfica ou física do sistema viário em componentes uniformes tais como as interseções (e outros locais específicos como pontes, viadutos e cruzamentos com a via férrea) e os trechos.

A partir da relação dos segmentos homogêneos, prepara-se uma listagem classificatória, dispostos em ordem decrescente, com base nos seus respectivos *número total de acidentes* e finaliza-se confeccionando um gráfico, fundamentado nesses dados, tendo a seguinte configuração: representa-se no eixo das abscissas os segmentos homogêneos distribuídos ordenadamente, no sentido crescente de suas localizações (quilometragem) e no eixo das ordenadas os respectivos números totais de acidentes.

A identificação só será confirmada após a realização de uma inspeção de campo. Sendo as equações utilizadas para identificação dos segmentos críticos:

- **Momento de tráfego**

$$Ms = VMD \times Ls \times P \quad (10)$$

Onde:

Ms - Momento de Tráfego do segmento "s"

VMD - Volume médio diário de tráfego do subtrecho considerado (ou do segmento)

Ls - Extensão do segmento "s" (Km)

P - Período correspondente ao ano-base (365 dias)

- **Índice de Acidente**

Sabe-se que as diversas categorias de acidentes que definem o número de acidentes no segmento s (N_s) são empregadas sem nenhum tratamento diferenciado, como por exemplo, não é dado o devido destaque aos atropelamentos, mesmo sabendo-se que esse tipo de acidente apresenta alta frequência e índice de fatalidade elevado, em detrimento das demais categorias. Diante disso, em lugar do N_s utiliza-se o Número Equivalente de Acidentes (NEAs), para o cálculo dos Índices de Acidentes (IAs).

Dessa forma determina-se, para cada segmento em estudo, seu NEAs por meio da seguinte expressão:

$$NEAs = 1 N (S/V) + 4 N (C/V) + 6 N (AT) \quad (11)$$

Obtém-se, portanto, a seguinte fórmula para o cálculo dos índices de acidentes:

$$IA_s = \frac{10^6 \times NEA_s}{L_s \times VMD \times P} \quad (12)$$

- **Índice Médio de Acidentes**

Este índice representa a razão entre o Número Equivalente de Acidentes (NEA_t) registrados no trecho ou subtrecho (no período considerado) e seu momento de tráfego (M_t).

$$I_{mt} = \frac{10^6 \times NEA_t}{L_t \times VMD \times P} \quad (13)$$

- **Índice Crítico de Acidentes**

Serão considerados segmentos críticos aqueles que apresentarem índices de acidentes acima da média do sistema (I_{mt}), estimado por intervalo de confiança. Assim, para cada segmento homogêneo s , determina-se um Índice Crítico de Acidentes (IC_s) ou Limiar Crítico de Acidentes.

$$IC_s = I_{mt} + Z \times \sqrt{\frac{I_{mt}}{M_s} - \frac{0,5}{M_s}} \quad (14)$$

Onde,

Z - Número de desvios padrões correspondente a um GC (%) adotado.

- **Determinação dos segmentos críticos**

Após a determinação dos índices de cada segmento, deve-se efetuar uma análise detalhada desses parâmetros, contando, para tanto, com o auxílio de planilhas eletrônicas, visando à determinação dos segmentos críticos conforme procedimentos explicitados a seguir.

Análise 1

Efetua-se o cotejamento entre os IA_s de cada segmento s com seus respectivos IC_s . Desse modo, os segmentos que tiverem seus $IA_s > IC_s$ são considerados segmentos críticos. Os segmentos que não atenderem a essa condição serão submetidos à análise seguinte.

Análise 2

O desenvolvimento desta análise é realizado em duas fases sucessivas: a primeira fase é análoga à anterior; e a segunda tem como objetivo averiguar se os segmentos considerados não críticos pela fase um devem ser descartados ou considerados. Embora a análise de inferência estatística aponte para uma classificação destes segmentos como não críticos, certas circunstâncias peculiares a alguns trechos podem justificar uma análise detalhada, com posterior tratamento, desses segmentos.

Portanto para trechos com alto grau de homogeneidade entre os seus segmentos e que apresentem índices médios de acidentes elevados deve-se considerar uma avaliação subjetiva da necessidade ou não de submeter os segmentos com $I_{mt} < IA_s < IC_s$ às etapas posteriores de análise e, neste caso, são considerados também segmentos críticos. Os segmentos que não atenderem as condições das

análises anteriores são considerados não críticos (SNC), portanto, não serão avaliados na fase seguinte.

Exame no campo para definição final

Esta fase caracteriza-se por uma inspeção no campo, visando, exclusivamente, um exame dos resultados determinados na fase anterior e com a real situação configurada no ambiente viário, com o intuito de avaliações para confirmação ou não dos locais detectados, proceder às correções, ajustes e complementações, como por exemplo, a exata posição (localização/extensão) de algum segmento.

Hierarquização dos segmentos

A classificação dos segmentos críticos objetiva a elaboração de uma escala de prioridades para diagnóstico das possíveis causas dos acidentes, bem como para se estabelecer uma hierarquia para as soluções de tratamentos e é feita em função do nível de gravidade.

2.1.6 Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito – CEFTRU (2002)

Segundo este documento, nas três últimas décadas, observam-se que as experiências nacionais no tratamento de acidentes de trânsito seguem cinco linhas de atuação: por local crítico, por segmento crítico, por área crítica, por solução tipo e por tipo de usuário.

Quanto ao primeiro caso, local crítico de acidente de trânsito significa uma interseção ou trecho entre interseções consecutivas que apresenta uma frequência de acidentes elevada, se comparada com as demais interseções ou trechos entre interseções da malha viária.

Já os segmentos críticos ou rotas críticas são extensões de vias urbanas ou de rodovias onde ocorrem frequências elevadas de acidentes. Neste caso, cada segmento viário deve ser tratado como um todo, incluindo, muitas vezes, suas áreas adjacentes.

Em relação à atuação por área crítica, observa-se que, geralmente, há uma concentração de acidentes de trânsito em certas áreas onde, predominantemente, localiza-se a maior parte das atividades de comércio e de serviço.

A proposta desta metodologia é estruturada com base nos métodos numéricos. Os procedimentos necessários para identificação dos locais críticos podem ser visualizados na Figura 3 e possuem suas variáveis calculadas através de técnicas de severidade e/ou taxas de severidade.

- **Técnica de severidade**

Número de UPS

$$\begin{aligned} &= (\text{acidentes somente com danos materiais} \times 1) \\ &+ (\text{acidente com feridos} \times 4) \\ &+ (\text{acidentes com feridos envolvendo pedestres} \times 6) \\ &+ (\text{acidentes com vítimas fatais} \times 13) \end{aligned}$$

(15)

- **Técnica de taxa de severidade**

Para interseções

$$T = n^{\circ} \text{ de UPS} \times 10^6 \times P \times V \quad (16)$$

Onde,

T = acidentes em UPS por milhões de veículos;

UPS = unidade padrão de severidade;

P = período do estudo, em dias (geralmente 365 dias);

V = volume médio diário que entra na interseção (soma das aproximações).

Para trechos

$$T = \frac{n^{\circ} \text{ de UPS} \times 10^6}{P \times V \times E} \quad (17)$$

Onde,

T = acidentes em UPS por milhões de veículos x km;

UPS = unidade padrão de severidade;

P = período do estudo, em dias (geralmente 365 dias);

V = volume médio diário que passa no trecho;

E = extensão do trecho (em km).

Procedi- mentos	Descrição
1°	Definir um período para estudo.
2°	Identificar os locais onde ocorreram acidentes no período selecionado, indicando o número de ocorrências registradas (fontes: BOs e ROs). Separar interseções de trechos.
3°	Excluir os locais/trechos com número de acidentes menor ou igual a três, exceto aqueles com registro de pelo menos um óbito no período em estudo.
4°	Excluir os locais/trechos onde ocorreram intervenções físicas, inclusive sinalizações, após o período de referência (se forem realizadas intervenções no local em questão, temos que dispor de informações sobre os acidentes ocorridos no mínimo seis meses após a implantação dessas intervenções).
5°	Excluir os casos de acidentes ocorridos por razões excepcionais, cujas causas já tenham sido sanadas ou que tenham sido consequência de fatores também excepcionais, desde que seja possível identificar tais ocorrências na fase de levantamento de informações.
6°	Da lista de locais/trechos que atenderam aos procedimentos anteriores, construir outra lista contendo um número de locais duas vezes superior ao número que se pretende tratar, segundo ordem decrescente de ocorrências.
7°	Selecionados os locais/trechos (5° Procedimento), estratificar as ocorrências por tipo de severidade e determinar o número de UPS para cada caso, considerando os pesos 13, 6, 4 e 1, respectivamente, para os acidentes com vítima(s) fatal (is), com feridos envolvendo pedestres, com ferido(s) e somente danos materiais.
8°	Determinar a média aritmética das UPS relativas aos locais/trechos considerados no procedimento anterior (7°). Serão considerados Locais/Trechos Críticos aqueles com UPS igual ou superior a essa média.
9°	Programar o Banco de Dados para estratificar as ocorrências por tipo de severidade, atribuindo pesos 13, 6, 4 e 1 conforme indicado no 7° Procedimento. Aplicar o 6° e, em seguida, o 8° procedimento. Serão considerados Locais/Trechos Críticos aqueles com UPS igual ou superior a essa média.
10°	Na hipótese de a cidade dispor de contagens volumétricas de veículos para os locais resultantes do 6° procedimento, aplicar a Técnica 2.2.1.d, utilizando a 4ª Fórmula, para o caso de interseções, ou a 5ª Fórmula para trechos, e, em seguida, realizar a mesma conduta indicada no 8° Procedimento para classificar os Locais/Trechos Críticos, considerando, neste caso, as Taxas iguais ou superiores à Taxa de Severidade média apurada entre os locais considerados.
11°	Selecionar cinco pessoas com amplo conhecimento do sistema viário local e solicitar a cada uma, isoladamente, que apresente a relação dos cinco ou mais locais (até 10) que, na opinião delas constituem os principais locais críticos de acidentes de trânsito da cidade (pode ser de uma dada área ou região).
12°	Compor uma lista com todas as indicações pessoais dos "avaliadores" do Procedimento anterior (11°), sem repetição de um mesmo local, e enviar a esses mesmos "avaliadores" para que façam, também isoladamente, uma classificação da gravidade do local através de notas de 1 a 5, atribuindo 5 àquele local por ele considerado o mais crítico dentre os listados. Essa avaliação pessoal retornará à equipe técnica que comporá uma nova lista de todos os locais agora ordenados decrescentemente segundo o total de pontos alçados por cada local, sendo este total resultante da soma das notas recebidas de cada "avaliador".
13°	Se for possível a obtenção dos BOs e ROs relativos aos locais indicados no Procedimento anterior (12°), deverão ser executados do 3° ao 8° Procedimentos, inclusive, e o 10°, na hipótese de existirem dados de contagem volumétrica de veículos nos locais identificados.

Figura 3 – Procedimentos de identificação de locais críticos (CEFTRU, 2002)

2.2 Metodologias Internacionais

2.2.1 Método da BAST para Identificação de Áreas Críticas - *Identifikation Von Unfallstellen. Beseitigung von Unfallstellen - BRENNER (1978)*

Esse método foi desenvolvido pela BAST (Bundesanstalt für Strassenwesen) visando a elaboração de aplicativos informatizados para a identificação automática de áreas críticas tendo como base a adoção de uma combinação de índices (absolutos e relativos) de acidentes (total ou de uma determinada característica) em um período de análise pré-estabelecido.

O desenvolvimento desse método leva em consideração, principalmente, que uma área é crítica se apresentar:

- Índice de periculosidade (medido pela média dos riscos de acidentes = taxa de acidentes) acima do valor médio observado na região em estudo (indicador: taxa de acidentes) ou;
- Número de acidentes muito elevado, mesmo apresentando baixo risco de acidentes (indicador: n° de acidentes) ou;
- Número de acidentes graves que, mesmo apresentando baixos índices de periculosidade (taxa de acidentes) e de frequência de acidentes, apresente graves conseqüências para a sociedade (tendo como indicador a porcentagem de acidentes com feridos graves).

Considerando a extensão da área analisada igual a 300m e os índices de acidentes observados em um ano, o modelo identifica como área crítica:

- Áreas com quinze ou mais acidentes no total ou dez de um mesmo tipo de acidente;
- Áreas com três ou mais acidentes com vítimas graves;
- Áreas com três ou mais acidentes cujo número de acidentes exceder o valor esperado para um nível de significância $\alpha = 0,01$.

A identificação de áreas críticas urbanas é realizada por um método similar, porém de forma mais simplificada. Uma área é considerada crítica se: o número de

acidentes excederem um número de acidentes limite pré-estabelecido ou os acidentes resultarem em graves consequências para a sociedade.

As áreas em rodovias urbanas de duas faixas de rolamento (para um período de análise de um ano e extensão analisada de 200m) são consideradas críticas se:

- Apresentarem doze ou mais acidentes no total (ou seis de um mesmo tipo de acidentes) e/ou;
- A porcentagem de acidentes com vítimas graves exceder uma porcentagem limite previamente estabelecido (que diminui com o número de acidentes).

Dada a limitação da disponibilidade de recursos das agências responsáveis é importante que se possam relacionar apenas áreas críticas que efetivamente poderão ser analisadas com detalhes, e desenvolvidas intervenções alternativas e avaliações pertinentes. O modelo adotado para a identificação de áreas críticas em rodovias rurais poderá limitar o número de análises a partir da escolha do nível de significância.

No caso do modelo simplificado, adotado para a identificação de áreas críticas urbanas, a limitação do número de pontos críticos poderá ser realizada através da escolha do valor limite para a frequência de acidentes (acidentes/ ano).

2.2.2 Método da VSP - *Untersuchungen an Unfalltypensteckkarten Meeves* (1998)

Este documento apresenta os resultados de pesquisas realizadas pelo autor, as quais concluíram que: a insegurança do trânsito, expressada pelo número de acidentes e pela gravidade dos acidentes, não é distribuída uniformemente ao longo da rede rodoviária.

A distribuição da insegurança do trânsito não poderá ser explicada pela distribuição do volume de tráfego na rede e, conseqüentemente, elevados potenciais de segurança poderão ser identificados se o nível de segurança observado em uma rodovia for comparado com o nível médio de segurança obtível a partir de um desenho, construção e operação com normas e dispositivos modernos.

Paralelamente à análise da qualidade da segurança dos segmentos, e intersecções, em função de suas categorias funcionais, o autor sugere que se proceda também uma revisão formal da segurança do trânsito para toda a rede através de modelos apropriados.

O método da VSP prevê a realização das seguintes etapas:

- Determinar os segmentos que contemplem acidentes graves, distribuídos de forma uniforme ao longo de sua extensão, a partir da análise dos mapas de registro de acidentes graves (registros de acidentes graves entendem-se como registros de acidentes com mortes e feridos graves - acumulados nos últimos três anos);
- Agrupar os segmentos rurais e as travessias urbanas que estão interligados em um único eixo rodoviário;
- Determinar os custos anuais dos acidentes (CAa) para cada um dos eixos a partir do número de ocorrências por categoria de acidentes e seus respectivos custos;
- Determinar em outras etapas:
 - I. Densidade dos custos de acidentes (DCAa - custo anual dos acidentes por km);
 - II. Grau da insegurança do trânsito dado em função do volume do tráfego, representado pela taxa dos custos de acidentes:

$$TCAa = 1000 \times CA/365 \times TMD \times L \times t \quad (18)$$

Onde:

TMD = tráfego médio diário;

L = extensão total do trecho rodoviário;

t = período de análise considerado em anos.

- III. Composição das ocorrências de acidentes (conhecimento da distribuição dos perigos do trânsito em função dos tipos e das circunstâncias dos acidentes);

IV. Potencial de impedimento de acidentes (potenciais de segurança) representado pela densidade de custos de acidentes que poderá ser evitada (DCAe). Esse potencial de segurança poderá ser determinado pela diferença entre a densidade de custos de acidentes na situação atual (DCAa) e a densidade de custos de acidentes básica referencial (DCAb) podendo a última ser obtida a partir da taxa básica dos custos de acidentes (TCAb).

Essa taxa é expressa em custos de acidentes/ veículo - km e representa a segurança alcançada em média em rodovias traçadas, equipadas e operadas em conformidade com as normas e os dispositivos modernos atualmente disponíveis. Para a análise da segurança rodoviária, especificamente para a determinação dos potenciais de segurança, a ISK/ GDV adota valores da taxa básica dos custos de acidentes.

V. Ordenação dos eixos críticos em função do valor do potencial de segurança.

O autor recomenda, ainda, que a revisão da segurança do trânsito da rede rodoviária seja realizada de duas maneiras:

- Através da densidade evitável de custos de acidentes, nos moldes descritos anteriormente;
- Através da densidade evitável de custos de acidentes determinada em função do número de ocorrências semelhantes e para qual a proporcionalidade em função do VMD não seria apropriada.

2.2.3 Metodologia da GDV/ISK

Essa metodologia seleciona áreas críticas com o auxílio de mapas eletrônicos de registro de acidentes, separadamente, para: *pontos crítico*, *eixos críticos* e *regiões críticas*. Os *pontos críticos* são identificados tanto nos mapas anuais como nos trienais de registros de acidentes. A definição dos pontos críticos passa pelo estabelecimento de índices limites de acidentes, tais como para a frequência de acidentes. Pontos com frequência superior aos índices limites fixados são

considerados pontos críticos e carecem de estudos mais aprofundados para a elaboração de contramedidas.

A tabela a seguir apresenta índices de acidentes referenciais para a definição de pontos críticos.

Tabela 2 – Valores referenciais limites para a definição de pontos críticos

Mapas de Registros de Acidentes Típicos	Período de Análise	Número de Acidentes
De 1 ano (todos os acidentes)	12 meses	5 ⁽¹⁾⁽²⁾
De 3 anos (apenas acidentes com vítimas)	36 meses	5 ⁽³⁾
De 3 anos (apenas acidentes com mortes e feridos graves)	36 meses	3 ⁽⁴⁾

OBS:

- (1) Inclui um acidente que poderia ser convertido em delito de advertência
- (2) Refere-se às ocorrências de mesmo tipo e/ou de circunstâncias idênticas
- (3) Inclui os acidentes com todos os tipos de ferimentos
- (4) Inclui apenas acidentes com mortes e feridos graves

Os pontos críticos que apresentarem, regularmente, muitos acidentes decorrentes de um elevado volume de tráfego no local são distinguidos dos pontos críticos normais. Dessa forma, são definidas categorias de pontos críticos que podem ser apresentadas apropriadamente nos mapas anuais e trienais de registro de acidentes. A Figura 4 apresenta a classificação dos pontos críticos em categorias.

A subdivisão da categoria de pontos críticos tem por finalidade facilitar aos técnicos a análise dos locais cujos acidentes são decorrentes ou não do alto volume de tráfego existente no local. Os pontos críticos com acidentes leves conseqüências, geralmente, necessitam de intervenções imediatas e urgentes. Os pontos críticos com acidentes graves requerem, freqüentemente, além das intervenções imediatas, medidas corretivas subseqüentes.

Categoria de Pontos Críticos	Comentários
1. Leve	A identificação de pontos críticos resulta exclusivamente dos registros dos mapas anuais (registros de todos os acidentes; não dos mapas trienais). Trata-se, principalmente, de pontos com acidentes que têm leves consequências:
1.1. = 15 A/a*	- ponto crítico "normal" da categoria "leve".
1.2. > 15 A/a*	- ponto crítico da categoria "leve" com alta frequência de acidentes.
2. Grave	A identificação de pontos críticos resulta exclusivamente de 1 ou 2 mapas trienais (registros dos acidentes com todos os feridos ou apenas com feridos graves) sem que o valor limite de 5 acidentes típicos idênticos dos mapas anuais tenha sido atingido.
3. Mista	A identificação do ponto crítico decorre de um mapa anual e pelo menos de um mapa trienal de registro de acidentes.
3.1. = 15 A/a*	- ponto crítico "normal" da categoria "mista";
3.2. > 15 A/a*	- ponto crítico da categoria "mista" com alta frequência de acidentes.

Figura 4 – Índices referenciais para a definição de categorias de pontos críticos

É freqüente a identificação de um número maior de pontos críticos que se possa estudar simultaneamente, pois geralmente existem pontos críticos que necessitam de intervenção prioritária. A GDV/ ISK recomenda que a priorização para um estudo detalhado seja realizada separadamente por categoria de pontos críticos.

Os pontos críticos 'leves' são ordenados, por exemplo, em função do número de acidentes semelhantes (de um mesmo tipo de acidente). Os pontos críticos 'graves' e da categoria 3.1 são priorizados pelo número de acidentes com vítimas. Os pontos críticos da categoria 3.2 'mista' são priorizados para os fins de análise mais criteriosa, inicialmente em função da severidade dos acidentes e, como segundo critério, em função da semelhança dos tipos acidentes tendo-se ainda em conta o número de casos em cada um desses critérios.

Na elaboração de projetos de investimentos de médio e longo prazo, os pontos críticos somente deverão ser estudados isoladamente se estiverem localizados fora de eixos e regiões críticas. Se fizerem parte de um eixo ou uma região crítica, as medidas corretivas para aumentar a segurança desses pontos críticos deverão ser

inseridas no projeto definitivo de melhoria desse eixo ou de reformulação do trânsito nessa região.

Os *eixos críticos* são segmentos rodoviários de maior extensão que apresentam elevados índices de acidentes. A identificação dos eixos críticos poderá ser efetivada visual ou eletronicamente mediante a adoção de algoritmo matemático apropriado. De acordo com essa metodologia, um eixo rodoviário é considerado crítico se apresentar pelo menos, três acidentes com feridos graves em três anos de observação, distribuídos de forma homogênea ao longo do trecho.

As *regiões críticas* referem-se às partes da rede viária cujos trechos rodoviários apresentam elevados índices de acidentes em um período de análise. A identificação dessas regiões poderá ser obtida de forma mais satisfatória através da análise de mapas de registro de acidentes com vítimas dos últimos três anos se os acidentes graves e leves forem apresentados separadamente. Uma região é considerada crítica, isso é, deverá ser estudada com mais detalhe, se a densidade de acidentes com vítimas (acidentes com vítimas/km) for superior a um limite pré-estabelecido para a grande parte dos segmentos que a integram. A densidade de acidentes com vítimas (DAv) é calculada pela equação:

$$DAv = \frac{Av}{L \times t} \quad (19)$$

Av - n° de acidentes com vítimas no período de análise t;

L - extensão total do trecho rodoviário;

t - período de análise (em anos, recomendado 3 anos).

2.2.4 *Transportation and Traffic Engineering Handbook (1976)*

Nesta metodologia a análise dos acidentes possui duas áreas: o estudo individual e detalhado dos acidentes e o estudo dos acidentes com ocorrência em locais similares, os quais servem para diferentes propósitos.

Para a quantificação dos trechos são necessárias três espécies de taxas: uma para junções e duas para seções da rodovia. O formato (Rj) é um simples número relacionado a milhões de usuários, todavia, as seções da rodovia possuem

comprimentos variáveis e diferentes exposições ao risco de acidentes. Deste modo, as taxas por seções da rodovia são importantes em termos dos acidentes por milha ou quilômetro por ano (R_m) ou por milhão de milhas ou milhões de quilômetros viajados por ano na seção (R_s). As equações para essas três taxas são assim definidas:

$$R_j = \frac{2A \times 10^6}{T(V_1 + V_2 \dots V_n)} \quad (20)$$

$$R_m = \frac{365A}{TL} \quad (21)$$

$$R_s = \frac{A \times 10^6}{TVL} \quad (22)$$

Onde,

R_j = taxa de envolvimento ou acidentes no cruzamento por milhões de veículos envolvidos;

A = Acidentes ocorridos em T dias;

T = Período (dias) em que os acidentes foram contados, usualmente 365 dias;

V = Velocidade média do tráfego na seção (veículos por dia);

V_1 = Média anual do tráfego em uma junção (n = número de junções);

L = Comprimento das seções por milha ou km por ano;

R_s = Taxa de envolvimento ou de acidente por milhões de veículos, milha por km viajado.

Contudo, segundo esta metodologia, a taxa é indigna da confiança se o número de acidentes é pequeno. Na prática, nenhuma taxa baseada em três ou menos acidentes é confiável, o ideal é a existência de cinco ou mais acidentes para posteriormente calcular a taxa.

2.2.5 Traffic Engineering Handbook - Pline (1992)

De acordo com este livro, os dados dos acidentes são usados para identificar as tendências de ocorrência de acidentes e suas conseqüências, como também para desenvolver soluções ou mensurar o que melhorar na segurança enquanto mantêm-se a mobilidade.

A forma geral de análise é o estudo específico de locais e posições onde o problema da segurança é julgado existente. Dados de acidentes são usados para identificar os tipos de acidentes.

Os locais com muitos acidentes são aqueles com a mais alta percentagem de acidentes. Isto geralmente significa as localizações com o mais elevado número de acidentes, as quais possuem localizações similares em desenho e função e têm similares volumes de tráfego. Seções de rodovias por acidentes por milhão de veículos - milhas (MVM) - são usados para estimar a percentagem dos acidentes. Para intersecções, a percentagem mais usual é acidentes por milhão de veículos entrando (MEV).

- **Cálculo das Percentagens de Acidentes**

As percentagens podem ser calculadas usando os danos, mortes e os acidentes fatais ou com danos. Diferentes percentagens são usadas para intersecções e para seções de rodovias como apresentado a seguir:

$$\text{taxa nas intersecções} = \frac{\text{número anual de acidentes} \times 10^6}{\text{tráfego anual entrando na intersecção}} \quad (23)$$

Onde,

Taxa local = acidentes/ milhão de veículos dentro da intersecção anualmente (MEV)

$$\text{taxa na seção} = \frac{\text{número anual de acidentes} \times 10^6}{\text{veículo milha anual viajados}} \quad (24)$$

Onde,

Taxa local = acidentes por milhão de veículos milha viajados (MVM)

Veículo milha local = AADT (média anual do tráfego diário) x (365 dias/ano) x (extensão da seção em milhas)

Estudos têm mostrado que a porcentagem dos acidentes de tráfego algumas vezes aumenta com o volume de tráfego. Porcentagens podem também ser computadas e ajustadas para relacionar os tipos de acidentes. Neste caso os acidentes fatais

receberiam mais peso do que os acidentes com danos, que por sua vez receberiam mais peso que quando somente bens fossem danificados nos acidentes.

Esta aproximação tem sido chamada de dano equivalente à propriedade (EPDO – Equivalent Property Damage Only) sendo calculada com pesos fixados arbitrariamente ou relacionados com alguma outra medida, tal como a estimativa de custos das propriedades danificadas, feridos e acidentes fatais, como segue:

$$\text{Número} = \text{PDO} + (\text{INJ} \times \text{F1}) + (\text{FAT} \times \text{F2}) \quad (25)$$

Onde,

PDO = número de propriedades danificadas nos acidentes

INJ = número de feridos em acidentes

F1 = custo (feridos em acidentes)/custo (PDO)

FAT = número de acidentes fatais

F2 = custo (acidentes fatais)/custo (PDO)

3 Coleta e tratamento de Dados

Esta etapa será constituída de tarefas que, em conjunto, permitirão realizar os cálculos de identificação de segmentos críticos e seus princípios são em seguida expostos.

Para servidores cadastrados, já é disponível a coleta da maioria destes dados através do Sistema Georreferenciado de Informações Viárias – SGV criado pelo Laboratório de Transportes – LabTrans no convênio firmado entre DNIT e UFSC.

O SGV é uma solução integrada na Web que disponibiliza um conjunto de ferramentas e procedimentos para coleta de dados, processamento, realização de consultas e geração de relatórios, gráficos e mapas especializados em informações viárias. Os usuários cadastrados no sistema podem acessá-lo na internet no endereço <http://labtrans.ufsc.br/sgv>.

Os procedimentos de coleta e tratamento dos dados, que serão explicitados a seguir, dizem respeito a dados retirados do SGV e/ou fontes por ele utilizadas, sendo que ambas referências poderão ser tomadas como base na elaboração dos estudos de identificação dos segmentos críticos que utilizem a metodologia aqui proposta.

3.1 Identificação do código correspondente ao PNV

Para permitir o ajustamento e localização dos trechos, estes deverão ter seu quilômetro devidamente correlacionado ao código do Plano Nacional de Viação - PNV correspondente.

O DNIT publica uma relação anual com os trechos do PNV que dividem a malha rodoviária federal em trechos, caracterizados pela ação modificadora que os seus extremos exercem no tráfego. Sobre estes trechos se baseiam as análises de planejamento do DNIT no modal rodoviário.

Os trechos do PNV devem ser retirados do SGV (inserindo no sistema a especificação de unidade de federação, sigla da rodovia e quilometragem do ponto de interesse) ou dos arquivos publicados pelo DNIT – Departamento Nacional de

Infra-Estrutura de Transportes através do seguinte link: <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/rodoviasfederais/>. Cabe ressaltar que a relação sofre atualizações constantes e deve ser regularmente renovada.

3.1.1 Segmentação da Rodovia

Sabe-se que alguns trechos rodoviários estão submetidos a atender simultaneamente diferentes requisitos em condições de segurança, advindos de meios urbanos inseridos na rodovia, por exemplo, de modo a não comprometer suas funções e características de rodovias.

Portanto, cada trecho rodoviário tem suas peculiaridades com relação às suas características operacionais, geométricas, sócio-econômicas, ambiente atravessado, dentre outras.

Em face dessas características diferenciadas, é vital dar a essas rodovias um tratamento homogeneizador, isto é, agregá-las em grupos de trechos homogêneos, em função de suas características geométricas e operacionais, possibilitando, assim, a aplicação de métodos de identificação e classificação de segmentos críticos.

Desse modo, as rodovias devem ser analisadas e tratadas individualmente, ou seja, identificando seus trechos (ou segmentos) homogêneos com base em outros aspectos locais, além dos geométricos e operacionais. Para isso, é necessária a realização de uma investigação que terá o objetivo de identificar parâmetros que possam caracterizar a via corretamente.

Esta desagregação ou divisão do sistema visará agrupá-los de acordo com seus componentes básicos, proporcionando a estratificação destes dados (agrupamento em conjuntos, de acordo com suas peculiaridades). Dessa maneira, os acidentes que ocorrem dentro de um mesmo conjunto de características do entorno, estão, a priori, relacionados, e pode-se supor que possuem, pelo menos, uma causa em comum.

A estratificação terá como resultado os códigos apresentados na Figura 5 os quais definirão os trechos a serem analisados de forma comparativa durante o processo de identificação dos segmentos críticos. Os segmentos que apresentarem índices de acidentes maiores que os índices críticos do trecho de mesmo código poderão ser

considerados como segmentos críticos, o que será detalhadamente explanado no Capítulo 4.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICA DA PISTA	USO DO SOLO LINDEIRO	PERFIL DA RODOVIA
SUP	Simples	Urbano	Plano
SUO	Simples	Urbano	Ondulado
SUM	Simples	Urbano	Montanhoso
SRP	Simples	Rural	Plano
SRO	Simples	Rural	Ondulado
SEM	Simples	Rural	Montanhoso
DUP	Dupla	Urbano	Plano
DUO	Dupla	Urbano	Ondulado
DUM	Dupla	Urbano	Montanhoso
DRP	Dupla	Rural	Plano
DRO	Dupla	Rural	Ondulado
DRM	Dupla	Rural	Montanhoso

Figura 5 – Códigos de desagregação da rodovia

Num primeiro momento as variáveis a serem coletadas para a segmentação das rodovias deverão seguir os seguintes critérios:

3.1.1.1 Características da Pista de Rolamento

A pista de rolamento é a parte da via que pode ser aproveitada, projetada ou planejada para uso de veículos. Se possuir apenas uma faixa de trânsito por sentido de tráfego é considerada pista simples e se possuir duas faixas por sentido considera-se dupla.

Os dados a serem coletados devem seguir as informações do Plano Nacional de Viação - PNV contidos no SGV, com devida referência quilométrica, visto que nele estão presentes as informações atualizadas das recentes obras de duplicação, pavimentação ou quaisquer outros tipos de modificações na estrutura do pavimento que seguirão as designações elaboradas pela Coordenação de Planejamento do DNIT e indicadas na Figura 6.

PLANEJADA - PLA -	Sob a situação de <i>planejada</i> devem ser consideradas as rodovias fisicamente inexistentes, mas para as quais são previstos pontos de passagem que estabelecem uma diretriz destinada a atender uma demanda potencial de tráfego. Estes pontos de passagem não são obrigatórios até que a realização de estudos e/ou projetos estabeleçam o traçado definitivo da rodovia.
LEITO NATURAL - LEN -	Sob a situação de <i>leito natural</i> considera-se toda a rodovia existente construída em primeira abertura, sem atendimento às normas rodoviárias de projeto geométrico, não se enquadrando portanto, em nenhuma das classes de rodovia estabelecidas pelo DNIT. Sua superfície de rolamento se apresenta no próprio terreno natural, podendo eventualmente ter recebido revestimento primário.
IMPLANTADA - IMP -	Devem ser consideradas <i>implantadas</i> as rodovias construídas de acordo com as normas rodoviárias de projeto geométrico e que, se enquadrando em determinada classe estabelecida pelo DNIT, apresentam superfície de rolamento sem pavimentação. Estas rodovias normalmente apresentam sua superfície em revestimento primário e permitem tráfego o ano todo.
PAVIMENTADA - PAV -	Sob esta situação devem ser consideradas as rodovias implantadas que apresentam sua superfície com pavimento asfáltico, de concreto ou de alvenaria poliédrica.
DUPLICADA - DUP -	Devem ser entendidas como <i>duplicadas</i> as rodovias pavimentadas com duas ou mais pistas.
EM OBRAS DE IMPLANTAÇÃO - EOI - PAVIMENTAÇÃO - EOP - DUPLICAÇÃO - EOD -	Assim devem ser considerados os trechos de rodovia em que se estejam executando serviços de implantação, pavimentação ou duplicação. De acordo com cada um desses três tipos de serviço, o trecho será designado como <i>em obras de implantação, em obras de pavimentação ou em obras de duplicação</i> .
TRAVESSIA - TRV -	Travessia de curso d'água – são os trechos de transposição de rios em que não há ponte.

Figura 6 – Abreviaturas da situação física das rodovias cadastradas no PNV

As rodovias que serão consideradas deverão ser pavimentadas - sendo excluídas, para critério de análise de acidentes, rodovias planejadas ou não-pavimentadas. A situação das rodovias poderá ser visualizada no SGV conforme Figura 7.

Ações Preventivas e Corretivas de Segurança Rodoviária da Malha Viária do DNIT

Filtros

Período: 2008 a 2009 UF: Acre Rodovia: 364

Faixa km: a Código PNV:

Superfície: ☒ Pavimentada (PAV) ☒ Em obras de Duplicação (EOD) ☒ Leito Natural (LEN) ☒ Planejada (PLA) ☒ Em Obras de Implantação (EOI)

☒ Duplicada (DUP) ☒ Travessia (TRV) ☒ Em Obras de Pavimentação (EOP) ☒ Implantada (IMP)

Concessão/Convênio: ☒ CV 12/02 ☒ Federal ☒ CV 02/96 ☒ CV 03/96 ☒ CV 05/96 ☒ CV 203/04 ☒ CV 12/96 ☒ CV 14/96 ☒ CV 11/96

☒ PG 179/99-00 ☒ CV 07/05 ☒ Estadual ☒ CV 07/96 ☒ CV 04/96 ☒ CV 13/96 ☒ CV 09/96 ☒ CV 15/96 ☒ CV 012/2002

Arraste um título de coluna aqui para agrupar

Ano	UF	Rodovia	Código PNV	Local de Início e Fim	Início (km)	Fim (km)	Extensão (km)	Superfície	Federal Coincidentes	Estadual Coincidente	Superfície Estadual	MP 082/2002	Concessão / Convênio
2008	AC	364	364BAC1550	DIV RO/AC - ENTR AC-475	0,000	31,100	31,100	PAV					
2008	AC	364	364BAC1570	ENTR AC-475 - ENTR AC-463/465 (BOM FUTURO)	31,100	56,700	25,600	PAV					
2008	AC	364	364BAC1590	ENTR AC-463/465 (BOM FUTURO) - ENTR BR-317	56,700	102,600	45,900	PAV					
2008	AC	364	364BAC1592	ENTR BR-317 - ENTR AC-040 (INÍCIO CONTORNO RIO BRANCO)	102,600	124,900	22,300	PAV					
2008	AC	364	364BAC1594	ENTR AC-040 (INÍCIO CONTORNO RIO BRANCO) - FIM CONTORNO RIO BRANCO	124,900	137,900	13,000	PAV					
2008	AC	364	364BAC1610	FIM CONTORNO RIO BRANCO - ESTRADA DO AEROPORTO	137,900	149,500	11,600	DUP					
2008	AC	364	364BAC1620	ESTRADA DO AEROPORTO - RIOZINHO DO ANDIRÁ	149,500	178,800	29,300	PAV					
2008	AC	364	364BAC1630	RIOZINHO DO ANDIRÁ - ENTR AC-339 (SENA MADUREIRA)	178,800	273,700	94,900	PAV					
2008	AC	364	364BAC1670	ENTR AC-339 (SENA MADUREIRA) - ACESSO A MANUEL URBANO	273,700	345,700	72,000	EOP					

Figura 7 – Visualização de Trechos de PNV através do SGV

3.1.1.2 Uso do solo lindeiro

Com relação à distribuição dessas áreas ou zonas, sabe-se que a zona urbana compreende os terrenos urbanizados ou cuja urbanização seja programada. Já a área rural é aquela onde é reconhecida vocação para as atividades agrícolas, pecuárias, florestais ou minerais, assim como o que integra os espaços naturais de proteção ou de lazer, ou que seja ocupado por infra-estruturas que não lhe confirmam o estatuto de solo urbano.

O território brasileiro é subdividido em Unidades Político-Administrativas que abrangem diversos níveis de administração: Federal, Estadual e Municipal. A esta divisão denomina-se Divisão Político-Administrativa - DPA.

Essas unidades são criadas através de legislação própria (leis federais, estaduais e municipais), na qual estão discriminadas sua denominação e informações que

definem o perímetro da unidade. Através do levantamento dessas informações junto aos órgãos responsáveis por suas elaborações, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE disponibiliza Mapas Municipais Estatísticos (MME), os quais, através de dados alfanuméricos e geográficos publicados, foram introduzidos ao SGV.

No que diz respeito às nomenclaturas utilizadas nas divisões das unidades, os seguintes conceitos são explanados pela metodologia do IBGE:

- **Área urbana:** Área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal;
- **Área rural:** Área de um município externa ao perímetro urbano;
- **Área urbana isolada:** Área definida por lei municipal e separada da sede municipal ou distrital por área rural ou por outro limite legal;
- **Aglomerado rural** - Localidade situada em área não definida legalmente como urbana e caracterizada por um conjunto de edificações permanentes e adjacentes, formando área continuamente construída com arruamentos reconhecíveis e dispostos ao longo de uma via de comunicação;
- **Aglomerado rural de extensão urbana** - Localidade que tem as características definidoras de aglomerado rural e está localizada a menos de 1 Km de distância da área urbana de uma cidade ou vila. Constitui simples extensão da área urbana legalmente definida;
- **Aglomerado rural isolado** - Localidade que tem as características definidoras de aglomerado rural e está localizada a uma distância igual ou superior a 1 Km da área urbana de uma cidade, vila ou de um aglomerado rural já definido como de extensão urbana.

A partir dos códigos utilizados pelo IBGE, e com o objetivo de ter informações para elaboração dos códigos apresentados anteriormente pela Figura 5 (códigos de desagregação da rodovia) apresenta-se uma proposta de divisão das regiões em dois tipos: áreas urbanas e áreas rurais, conforme é demonstrado na Figura 8.

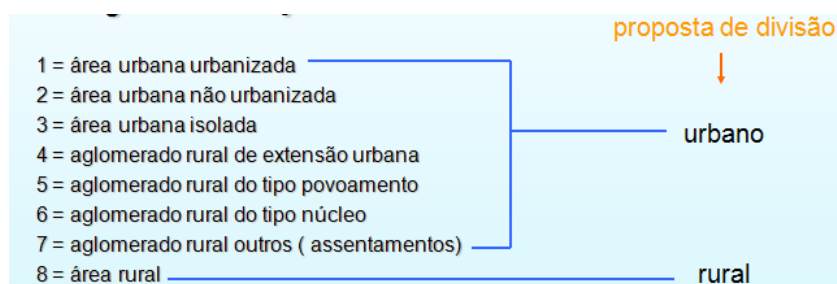


Figura 8 – Divisão de áreas urbanas e rurais

Com isso, o SGV apresenta como exemplificado pelo mapa da Figura 9, a localização das divisões das unidades. Através do SGV poderão ser obtidos o tipo de uso do solo do ambiente atravessado pela rodovia com precisa referência quilométrica através de consulta ao sistema com a introdução de dados da rodovia, UF, código de PNV e quilometragem inicial e final do segmento.

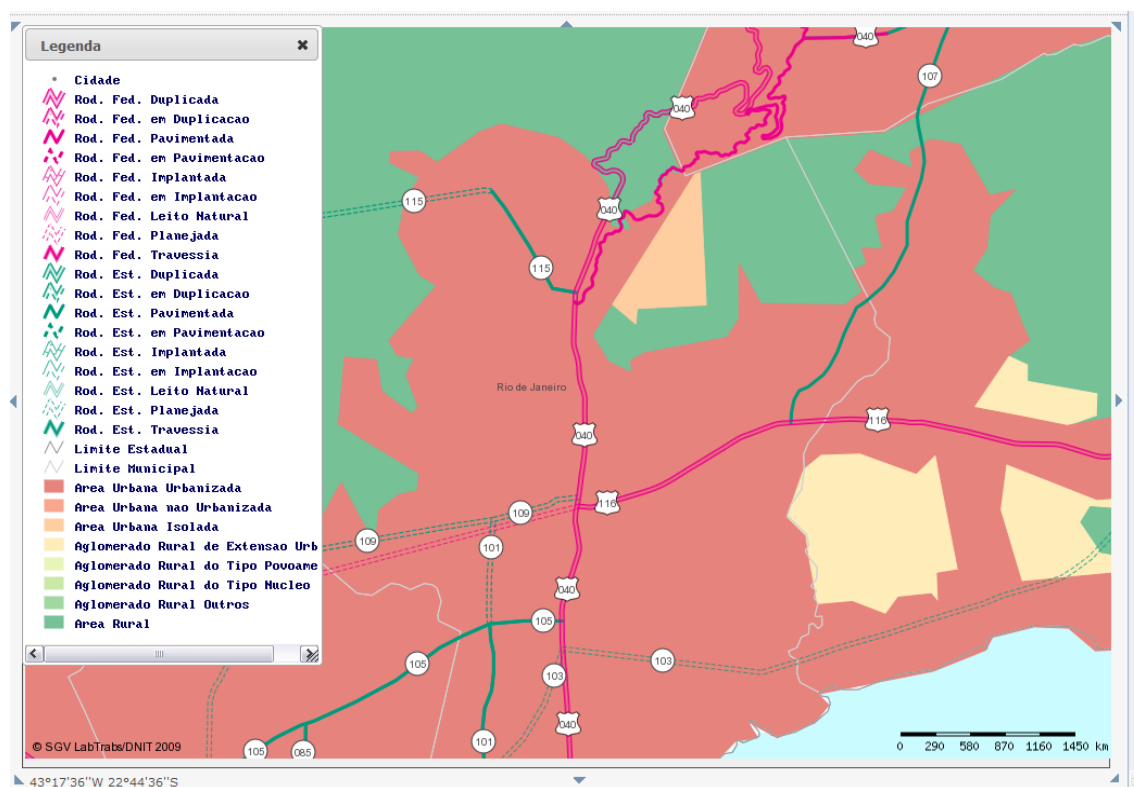


Figura 9 – Visualização de áreas urbanas e rurais pelo SGV

3.1.1.3 Perfil da rodovia

O greide consiste na representação do eixo da rodovia segundo o plano vertical obtido, constituindo-se no denominado projeto em perfil, também conhecido como projeto altimétrico.

A geometria do greide pode ser interpretada como sendo composta por segmentos de retas, de diferentes inclinações, que se interceptam, formando vértices, nos quais os segmentos de retas sucessivas são concordados por curvas. Assim como a rodovia em planta, a linha que representa a rodovia em perfil é constituída por trechos retos e curvos.

Os trechos retos são denominados retos de greide e os trechos em curvas são chamados de curvas verticais. As curvas podem ainda ser subdivididas em côncavas e convexas, conforme apresentem a concavidade ou a convexidade voltada para seus usuários.

O desenho geométrico destes elementos altimétricos leva em conta, para seu design, itens como segurança, operação, drenagem e necessidades construtivas. O perfil da rodovia poderá levar em conta também custos de sua construção, tendo como objetivo principal o aproveitamento dos materiais retirados nos cortes para inserção nos aterros a serem realizados.

A fim de estabelecerem-se critérios para a segmentação proposta, foram levantadas as principais denominações dadas às características do terreno no qual a rodovia é implantada, as quais são apresentadas pela Figura 10, onde estão definidas as denominações de plano, ondulado e montanhoso, de acordo com critérios como:

- ✓ Distâncias de visibilidade;
- ✓ Conformação entre o perfil da rodovia e do terreno (análise de cortes e aterros);
- ✓ Gradiente de declividades e;
- ✓ Velocidade de arrasto.

CARACTERÍSTICAS DO TERRENO	AASHTO ¹ FHWA ²	TRB ³ DNER ⁴
PLANO	Condição em que as distâncias de visibilidade permitidas pela geometria da rodovia podem resultar suficientemente longas sem que para isso se tenha que incorrer em maiores dificuldades construtivas ou em custos mais elevados.	Qualquer combinação de alinhamentos horizontais e verticais que permita aos veículos pesados manter aproximadamente a mesma velocidade que os carros de passeio. Normalmente inclui rampas curtas de até 2% de greide.
ONDULADO	Aquele em que as declividades do terreno natural passam a exigir constantes cortes e aterros para a conformação do perfil da rodovia, com ocasionais inclinações mais acentuadas, oferecendo alguma restrição ao desenvolvimento dos alinhamentos horizontais e verticais.	Qualquer combinação de alinhamentos verticais e horizontais que provoque redução substancial das velocidades dos veículos pesados, mas sem obrigá-los a manter velocidades de arrasto por tempo significativo. Isto inclui rampas curtas - e médias – que não ultrapassem 4%.
MONTANHOSO	Caracteriza-se por mudanças abruptas de elevações entre o terreno natural e a plataforma da rodovia, longitudinal e transversalmente, demandando freqüentes aterros e cortes nas encostas para se poder conformar a geometria horizontal e vertical da rodovia.	Qualquer combinação de alinhamentos horizontais e verticais que obrigue os veículos pesados a operar com velocidade de arrasto por distâncias significativas e a intervalos frequentes.

Figura 10 – Designações para classificação do perfil da rodovia

¹ American Association of State Highway and Transportation Officials – ASHTO, **A Policy on Geometric design of highways and streets** (2001).

² Federal Highway Administration – FHWA, **Flexibility in Highway Design**

³ Transportation Research Board – TRB, **Highway Capacity Manual** (Executive Committee, 2000)

⁴ Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais** (1999)

Através da base de dados alfanuméricos e geográficos da topografia do Brasil, obtidos pela nave espacial americana durante a missão conhecida como SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), o SGV apresenta o processamento dos mesmos, junto aos trechos de PNV, o qual gerou a camada de visualização exemplificada na Figura 11, com as respectivas cotas informadas na legenda e representadas por tonalidades da cor verde.

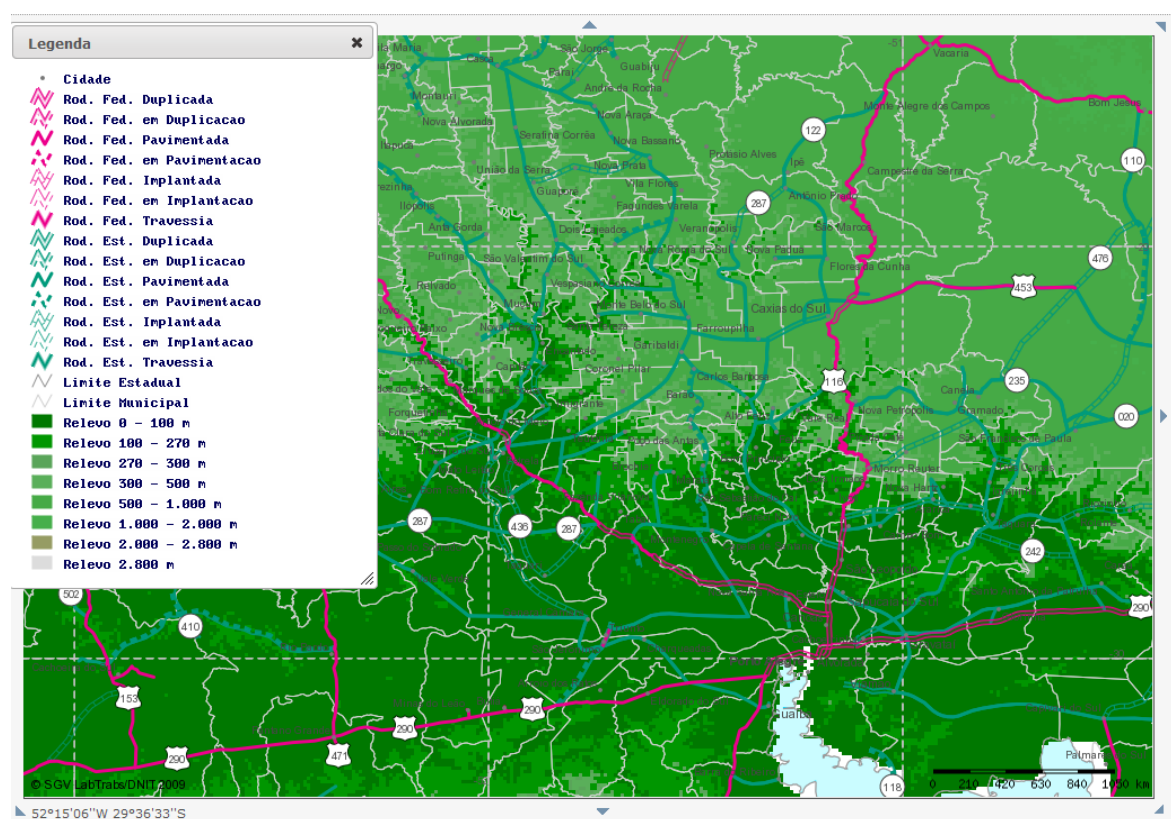


Figura 11 – Visualização de mapa altimétrico pelo SGV

A partir destas informações (conceitos e valores altimétricos) serão correlacionadas as altitudes com trechos do PNV, e devidas referências quilométricas das rodovias, de forma a verificar as oscilações das altitudes, rampas e declives ao longo do segmento.

Visando uma definição de padrões de comportamento da variável altitude que possa distribuir os segmentos de acordo perfil da rodovia: plano, ondulado e montanhoso, estabelecerem-se, a partir da bibliografia anteriormente citada, limites para classificação dos segmentos. Levando em conta o módulo da média ponderada das rampas encontradas ao longo do trecho, os seguintes limites foram estipulados como mostra a Figura 12.

Classificação do Perfil da Rodovia	Limites
Plano	$\overline{I} \leq 2,0\%$
Ondulado	$2,0\% < \overline{I} \leq 4,0\%$
Montanhoso	$\overline{I} > 4,0\%$

Figura 12 – Limites para classificação do perfil da rodovia

3.1.2 Extensão dos segmentos

Outro ponto importante para a correta detecção dos segmentos críticos é a adequada determinação da extensão desses elementos, isto é, segmentos para os quais os dados de acidentes vão ser acumulados. Esta divisão final dos trechos deve ser efetuada visando atender o critério de que o comprimento dos segmentos não deve ser menor do que a precisão na localização dos acidentes, isto é, o comprimento não pode ser menor que o utilizado para os registros de acidentes (p. ex.: se nos BO's é registrado apenas o quilômetro onde ocorreu o acidente, o comprimento da seção não pode ser menor do que 1 km).

Esse comprimento deve ainda ser tal que permita, em certos casos, compensar pequenos erros na localização do acidente. Por outro lado, comprimentos muito grandes dificultam a tarefa de identificação das características causadoras dos acidentes.

Define-se então, como padrão de segmentação, trechos rodoviários com comprimento básico de 1 km, à exceção dos finais dos trechos inseridos no Plano Nacional de Viação - PNV, cujo comprimento ficará entre 1,1 km e 1,9 km, visto que os trechos do PNV não possuem obrigatoriamente um número inteiro de quilômetros.

3.1.3 Volume Médio Diário Anual – VMDa

Sendo outra importante variável para o cálculo de identificação dos segmentos críticos, o Volume Médio Diário Anual (VMDa) representa o valor médio de todos os volumes diários registrados durante um ano em uma dada seção da via. A determinação do verdadeiro valor desse parâmetro somente é possível por meio de

contagens volumétricas (classificadoras ou não) contínuas, realizadas por órgãos oficiais de transporte e efetuadas por equipamentos eletrônicos localizados nos postos de contagem ou inseridos em elementos como redutores eletrônicos de velocidade - REV.

Entretanto, se por ventura os dados existentes forem desatualizados ou ainda se existirem dados faltantes, é viável a atualização dos valores para o período de estudo efetuando-se para isso a projeção de tráfego relativa a cada categoria de veículo, isoladamente, tomando-se por base as alterações do tráfego e as taxas de crescimento da economia para cada trecho, caso exista, ou por meio de outros fatores de correção.

O DNIT dispõe de dados de volume de tráfego global, sem classificação, somente para os anos de 1994 a 2001, visto que o Plano Nacional de Contagem de Tráfego - PNCT foi desativado em 2002. Para estimar o VMDa na rede rodoviária federal para o ano de 2006, os dados do PNCT foram submetidos a um procedimento de projeção pelo Núcleo de Estudos de Tráfego – NET.

O método para a determinação dos VMDa na rede rodoviária federal, por trecho do PNV, foi estabelecido de forma conjunta entre o LabTrans/UFSC e o IPR/DNIT. Tal método teve como base estudos técnicos feitos pelo DNIT, bibliografia internacional na área e discussões entre LabTrans/UFSC e IPR/DNIT. A determinação dos VMDa foi baseada em estimativas, sendo utilizados procedimentos de expansão e de projeção e estará também disponibilizada no sistema (SGV).

3.1.4 Dados de Acidentes

Para levar a efeito a identificação dos segmentos críticos, são determinantes a qualidade do registro e a disponibilidade dos dados de acidentes de trânsito. Na maioria das cidades, o registro e a coleta de informações são realizados por policiais em duas situações distintas:

- 1) quando o atendimento é feito no local do acidente, em caso de óbito ou feridos, ou quando há envolvimento de veículos “oficiais”, as informações são consignadas por policiais em um documento denominado Boletim de Ocorrência - BO;*
- 2) quando não há atendimento no local do acidente, as partes interessadas, os envolvidos ou seus prepostos na maioria das vezes, para atender a exigências*

contratuais com seguradoras, registram a ocorrência nas delegacias especializadas, sendo então lavrado o Registro de Ocorrência - RO.

Para a identificação de cada segmento crítico, serão necessárias, no mínimo, as seguintes informações para cada segmento de extensão entre 1,0km a 1,9km:

- Ano da ocorrência;
- Unidade de Federação (Estado);
- Rodovia (BR);
- Localização do segmento (quilômetro inicial e quilômetro final);
- Número de acidentes/segmento/ano.

Os dados devem corresponder a um período mínimo de 3 (três) anos consecutivos. Estes dados são obtidos a partir do SGV que atualiza sua base dados pelas informações adquiridas com o órgão responsável pela rodovia, no caso das rodovias sob jurisdição do DNIT são levadas em conta as informações recebidas pela ECENGE – Consultoria e Planejamento S/C Ltda. ou pelas observadas nos arquivos do BR Brasil coletados com a Polícia Rodoviária Federal - PRF.

Para possíveis análises posteriores de direcionamento de recursos, e tratamentos dos segmentos críticos, outros dados deverão ser levantados, mas não serão aqui explanados.

CAPÍTULO 4 – IDENTIFICAÇÃO DE SEGMENTOS CRÍTICOS

4 Identificação de Segmentos Críticos

A metodologia de identificação de segmentos críticos está inserida dentro das proposições que os métodos de análise “a posteriori” expõem. Estes métodos requerem o uso de registros de acidentes ocorridos em um dado período de tempo e, em determinados casos, utilizam dados relativos a volume de tráfego e/ou características físicas de um conjunto de rodovias ou simplesmente de uma rodovia ou de um trecho.

Dividem-se em dois subgrupos distintos de modelos metodológicos, os métodos de base numérica e os de base estatística. O presente método é classificado como um ‘método numérico’ que identifica os locais críticos a partir do cálculo de indicadores que são comparados com um valor pré-estabelecido e são declarados como locais críticos aqueles cujos indicadores calculados sejam maiores que o valor de referência.

A técnica para o cálculo de identificação relaciona a quantidade de acidentes de trânsito com o volume de tráfego em cada local. A metodologia utilizada para a identificação de segmentos críticos pela Rede NEA - Núcleo de Estudos sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias está baseada nos procedimentos descritos em *Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias* (DNER, 1986) contando, entretanto, com análises propostas em *Metodologia para Tratamento de Acidentes de Tráfego em Rodovias* (NEA, 2006).

Todos os resultados a serem obtidos da aplicação da metodologia aqui proposta estarão fundamentados na probabilidade da ocorrência de um acidente em um determinado segmento, tendo como base de comparação, uma amostra estudada. As amostras, neste caso, devem ser segmentadas de acordo com a classificação das rodovias apresentada anteriormente no item 3.1.1. Assim, se a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento for maior do que a probabilidade de ocorrência da amostra envolvendo a mesma classificação (DUO, DUP, SUM, etc.), o segmento é considerado como crítico.

A probabilidade de ocorrência de um acidente pode estar vinculada a fatores aleatórios onde é independente o local de ocorrência do acidente, estando, por

exemplo, associados com a imprudência do motorista ou à fatores não aleatórios que estão vinculados a um ou mais atributos relativos ao local do acidente.

Todavia, as probabilidades de ocorrência dos fatores aleatórios em diferentes segmentos possuem valores muito próximos. Deste modo, quando se comparam dois segmentos e a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento for maior do que a probabilidade de ocorrência no outro, quer dizer que há no primeiro uma maior exposição a acidentes sob interferência de fatores não aleatórios.

4.1 Conceitos Probabilísticos e Técnicas Estatísticas

Os procedimentos matemáticos a serem utilizados seguem *Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias* (DNER, 1986) e são:

4.1.1 Conceitos Iniciais

X: número de acidentes observados durante um intervalo de tempo.

λ : probabilidade (estimada) de ocorrer um acidente num veículo-km da amostra A durante um intervalo de tempo Δt .

P_s : probabilidade de ocorrer um acidente num veículo-km de segmento s, durante um intervalo de tempo Δt .

4.1.1.1 Teste de Hipóteses

A consideração do segmento como crítico ou não é feita a partir de um teste de hipóteses. Assim, supõe-se:

$$\begin{array}{l} H_0: (p_s \leq \lambda) \\ H_1: (p_s > \lambda) \end{array}$$

A determinação da aceitação ou não de H_0 é em função da denominada razão crítica ($r_{1-\alpha}$), a qual é embasada no nível de significância (α) através da utilização do coeficiente k, onde $m_j = (VMDa)_j \times E_j$.

$$r_{1-\alpha} = \lambda + k_{1-\alpha} \sqrt{\frac{\lambda}{m} - \frac{0,5}{m}} \quad (26)$$

Assim, quando:

(Número de acidentes observados em s) / m > $r_{1-\alpha}$ → rejeita-se H_0 , então segmento é crítico.

(Número de acidentes observados em s) / m < $r_{1-\alpha}$ → não se rejeita H_0 , então segmento não é crítico.

Na equação 26, percebem-se duas coisas, a primeira é a utilização do valor m, o qual representa o Volume Médio Diário Anual - VMDa do segmento analisado multiplicado pela extensão do segmento. E a segunda, é a incorporação do valor 0,5 na equação, o qual está vinculado a uma correção estatística, decorrente da necessidade de transformação da variável aleatória x, distribuída binomialmente, em uma variável contínua x, normalmente distribuída.

4.1.1.2 Coeficiente k

O valor deste coeficiente está relacionado com o nível de significância requerido no teste de hipótese elaborado. O nível de significância, por sua vez, é o valor da probabilidade tolerável de incorrer do erro de rejeitar H_0 , quando H_0 é verdadeira.

Tabela 3 – Valores do coeficiente k de acordo curva normal

Nível de significância	α	k
10,0 %	0,100	1,28
5,0 %	0,050	1,65
1,0 %	0,010	2,33
0,5 %	0,005	2,58
0,1 %	0,001	3,00

O valor de k, observado na Tabela 3 acima, é obtido da tabela de curva normal, sendo chamado de Z. À medida que diminui o nível de significância aumenta o valor de k e, por conseguinte diminuem o número de trechos considerados críticos. Este fato pode ser visualizado nos gráficos apresentados a seguir:

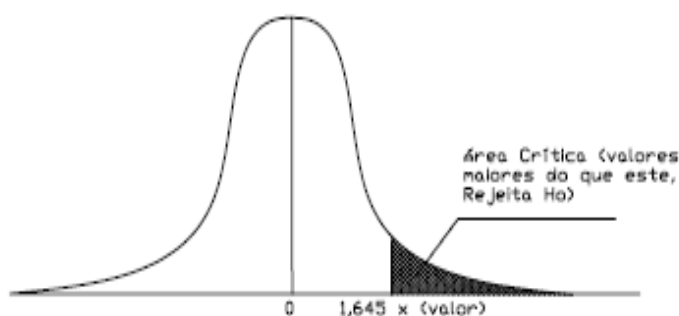
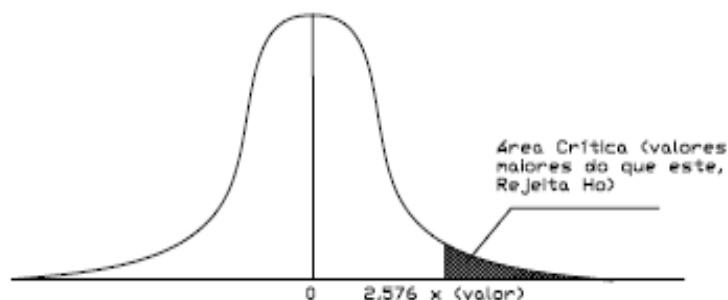


Figura 13 – Curva normal para $\alpha = 5\%$

Figura 14 – Curva normal para $\alpha = 0,5\%$

4.1.2 Equações Finais

4.1.2.1 Índice de acidentes do segmento- I_j

O índice de acidentes, relativo ao segmento j , referido a um volume médio de tráfego médio anual é dado pela relação:

$$I_j = \frac{10^6 \times N_j}{365(VMDa)_j E_j} \quad (27)$$

Onde,

N_j = número anual de acidentes ocorridos no segmento;

E_j = extensão associada ao segmento j ;

$(VMDa)_j$ = volume médio diário anual, observado no segmento j .

4.1.2.2 Índice crítico anual de referência – λ

Os dados que possuam mesma classificação de segmentação (SUP, SRO, DRP, etc.) serão agrupados de forma a criar trechos que possam ter um índice crítico anual de referência (λ).

$$\lambda = \frac{\sum_j N_j}{365 \sum_j (VMDa)_j E_j} \quad (28)$$

4.1.2.3 Índice crítico anual de um segmento – IC

Pode-se definir, então, para um segmento j , um índice crítico de acidentes individual para vários níveis de significância determinados.

$$IC_j = 10^6 \lambda + k \sqrt{\frac{10^6 \lambda}{10^{-6} m_j}} - \frac{0,5}{10^{-6} m_j} \quad (29)$$

$$IC_j = r_{1-\alpha} \times 10^6 \quad (30)$$

4.1.3 Segmento Crítico

Os segmentos que tiverem, individualmente, seus índices críticos de acidentes maiores que os índice críticos anuais de referência de seu trecho, obedecendo à desigualdade apresentada a seguir, serão considerados como segmentos críticos:

$$I_j \geq (IC)_j$$

4.1.4 Categorização dos segmentos críticos

Para uma categorização dos trechos é necessária a utilização do coeficiente (k) de forma a definir determinados intervalos que permitam a distinção de trechos ora considerados críticos como mostra Figura 15, ou ora desconsiderados, de acordo nível de significância adotado.

<u>Intervalos entre graus de confiança (1 – α)</u>	<u>Categorização</u>
$I_j < (IC)_j \quad 1 - 0,10$	Segmento não é Crítico
$(IC)_j \quad 1 - 0,10 < I_j < (IC)_j \quad 1 - 0,05$	Segmento Crítico (levemente significativo)
$(IC)_j \quad 1 - 0,05 < I_j < (IC)_j \quad 1 - 0,005$	Segmento Crítico (significativo)
$I_j > (IC)_j \quad 1 - 0,005$	Segmento Crítico (altamente significativo)

Figura 15 – Índices para categorização dos segmentos

4.2 Série Histórica dos Segmentos

Após a identificação e caracterização de cada segmento crítico, quanto aos dados dos acidentes, em relação ao ano-base de estudo, é de fundamental importância

que se estabeleça a evolução histórica de cada segmento anteriormente ao referido ano-base.

Deve-se preparar uma série histórica regressiva, a partir do ano-base e em seqüência, com um período de três anos, verificando-se a permanência do segmento crítico com quaisquer níveis de significância ao longo dos anos.

Dá-se, posteriormente, a análise da evolução histórica de cada segmento crítico, por intermédio do comportamento dos seus respectivos índices de acidentes, observando-se, por meio de uma análise cronológica regressiva, a sua existência (freqüência) nos anos anteriores e seu nível de significância. Evidentemente, quanto mais freqüente é o segmento crítico e quanto mais cresce o valor de seus índices de significância, maior será a atenção e a precisão requerida durante todo o processo.

Neste caso, sugere-se primeiramente verificar se o segmento crítico se mantém em todos os anos, mesmo que com um grau de confiança diferente. Após esta verificação devem-se realizar as seguintes análises:

- Análise 1: se o grau de confiança for igual ou superior a 95% para toda série histórica, o segmento configura-se como extremamente crítico;
- Análise 2: se nos anos avaliados no sentido crescente o segmento apresenta-se como crítico com graus de confiança gradativamente maiores e no ano base, grau de confiança igual ou superior a 95%, o segmento vem se tornando cada vez mais inseguro e deverá possuir estudos complementares;
- Análise 3: se o segmento apresenta-se como crítico no ano base e não aparece em um ou mais anos da série, mesmo com grau de confiança de 90%, deve-se avaliar o trecho a fim de procurar o motivo da alteração

4.3 Listagem dos Segmentos Críticos

Esta listagem é o resultado da aplicação da metodologia anteriormente descrita. É composta basicamente pela localização do segmento crítico, identificado pelo respectivo código do cadastro de trechos do Plano Nacional de Viação, pelos marcos quilométrico inicial e final, pela classe utilizada para segmentação e pelo volume médio diário de tráfego. Será referida também a extensão do segmento crítico, assim como a quantidade total de acidentes ocorridos na série histórica de

três anos, além de sua respectiva categorização. Os dados devem ser agrupados primariamente de acordo Unidade de Federação correspondente e em seguida pela rodovia federal referenciada. Os demais itens a estarem presentes na listagem dos segmentos críticos estão listados

Nesta etapa será pertinente a integração das informações com o SGV, a partir do desenvolvimento de mapas com localização dos segmentos críticos, nos quais se poderá ter uma idéia da situação das rodovias em questão de forma rápida e clara.

5 Conclusões

O presente estudo objetivou aprimorar a metodologia existente de identificação de segmentos críticos, através de introdução de análises como segmentação dos trechos e elaboração de série histórica da criticidade dos mesmos. Tais procedimentos serão adotados como padrão para os estudos a serem elaborados pelo Núcleo de Estudos de Acidentes de Tráfego em Rodovias – NEA a partir do presente momento.

Cabe destacar que estudos complementares deverão ser realizados para permitir a avaliação gradativa dos problemas e possíveis soluções. Na medida em que se desenrolam as diversas etapas do estudo e à proporção que aumentam os dados de interesse é necessário estabelecer prioridades, seja através de análises de custos, gravidades dos acidentes ou outro fator que melhor defina a relevância do trecho a ser analisado.

CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6 Referências Bibliográficas

CEFTRU - Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes/ UnB - Universidade de Brasília. **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Brasília: TDA desenho e arte, 2002. 75p.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego. **NT 210 – Técnica de Análise de Conflitos**. Disponível em <http://www.cetesp.com.br>. Visualizado em dezembro de 2008.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. **Manual de Identificação, Análise e Tratamento de pontos negros**. Brasília, 1982. 127p.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. - Rio de Janeiro: DCTec, 1998. 141p.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Trânsito - Divisão de Engenharia e Segurança d Trânsito. **Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de melhorias e avaliações econômicas dos segmentos críticos**. Rio de Janeiro, Serv. De Publ., 1988. 72p.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de conservação rodoviária**. - 2 ed. - Rio de Janeiro, 2005. 564p. (IPR. Publ., 710).

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. - Rio de Janeiro, 1999. 195p. (IPR. Publ., 706).

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de sinalização rodoviária**. - 2 ed. - Rio de Janeiro, 1998. P. irreg. (IPR. Publ., 705).

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. **Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias**. Rio de Janeiro, 1986.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. Rio de Janeiro: DCTec, 1998. 141p.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem Diretoria de Trânsito – Divisão de Engenharia e Segurança de Trânsito. **Manual de análise, diagnóstico, proposição de melhorias e avaliações econômicas dos segmentos críticos**. Rio de Janeiro: Serviço de publicação do DNER, 1988. 72p.

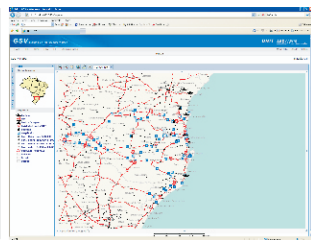
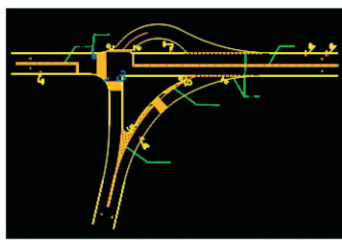
HENRIQUE, Michele Catherin. **Anos potenciais de vida perdidos: a herança dos acidentes de trânsito para as futuras gerações – uma abordagem interdisciplinar**. 2002. 184p. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) – Curso de Pós Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia>. Acesso em: abril, 2009.

Lee, Schu Han. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias** (Série Didática). Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002. 418p.

NEA, Núcleo de Estudos Sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias. **Identificação dos Segmentos Críticos das Rodovias Federais de Santa Catarina**. Florianópolis, 2008. 54p.

NEA, Núcleo de Estudos Sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias. **Metodologia para Tratamento de Acidentes de Tráfego em Rodovias**. Florianópolis, 2006. 123.



DNIT
Departamento Nacional de
Infra-Estrutura de Transportes

