

**DNIT**



Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Laboratório de Transportes e Logística  
Núcleo de Estudos sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias

# **METODOLOGIA PARA TRATAMENTO DE ACIDENTES DE TRÁFEGO EM RODOVIAS**

Núcleo de Estudos sobre Acidentes de  
Tráfego em Rodovias

Julho 2006



# **METODOLOGIA PARA TRATAMENTO DE ACIDENTES DE TRÁFEGO EM RODOVIAS**

Núcleo de Estudos sobre Acidentes de  
Tráfego em Rodovias

**FICHA TÉCNICA**  
**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA E TRANSPORTES – DNIT**

Mauro Barbosa da Silva  
Diretor Geral DNIT  
Hideraldo Luiz Caron  
Diretor de Infra-Estrutura Terrestre  
Luiz Cláudio dos Santos Varejão  
Coordenador Geral de Operações Rodoviárias

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL/DNIT/SC**

Engº João José dos Santos  
Superintendente Regional de Santa Catarina  
Engº Edeimar Martins  
Supervisor de Operações  
Engº João Batista Berretta Neto  
Área de Engenharia e Segurança de Trânsito

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Lúcio José Botelho  
Reitor  
Ariovaldo Bolzan  
Vice Reitor  
Julio Felipe Szremeta  
Diretor do Centro Tecnológico  
Jucilei Cordine  
Chefe do Departamento de Engenharia Civil

**LABORATÓRIO DE TRANSPORTES**

Amir Mattar Valente, Dr.  
Coordenador Técnico do Convênio

**EQUIPE TÉCNICA – NEA**

Valter Zanela Tani, Dr.  
Regina de Fátima Andrade, Dra.  
Larissa Martins Paro, mestranda  
Luciano Kaesemodel, Analistas de Sistemas  
João Gabriel Crema, Analistas de Sistemas

**EQUIPE DE APOIO: ESTAGIÁRIOS**

Analú Márcia Coelho, graduanda  
Fernando Rosa, graduando

## ÍNDICE

1 Introdução	11
2 Metodologias Nacionais para Tratamento de Locais Concentradores de Acidentes	13
2.1 Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias (DNER, 1986)	13
2.1.1 Considerações Importantes	13
2.1.2 Conceitos Iniciais	14
2.1.3 Regra de Decisão do Modelo	14
2.1.4 Coeficiente K	15
2.1.5 Equações Finais	16
2.2 Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de Melhorias e Avaliações Econômicas dos Segmentos Críticos (DNER, 1988)	17
2.2.1 Análise e Diagnóstico	18
2.2.2 Proposição e Quantificação de Alternativas de Solução	19
2.2.3 Avaliação Econômica das Alternativas	19
2.3 Manual de Procedimento de Pesquisa para Análise de Conflitos de Tráfego em Interseções (Pietrantonio, 1991)	20
2.3.1 Conflitos em Intersecções	22
2.4 Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo (DNER, 1998)	25
2.4.1 Identificação dos Segmentos Concentradores de Acidentes	25
2.4.2 Coleta e Análise dos Dados de Acidentes	26

2.4.3 Inspeção dos Segmentos Selecionados	28
2.4.3.1 Situações Típicas de Acidentes nas Rodovias	29
2.4.4 Proposição de Melhorias	20
2.4.5 Avaliação Econômica dos Melhoramentos	31
2.4.6 Implantação	31
2.4.7 Monitoramento	32
2.4.8 Avaliação da Efetividade	32
2.5 Análise e Tratamento da Segurança Viária em Rodovias (Didoné, 2000)	33
2.5.1 Descrição das atividades	33
2.5.1.1 Identificação do Local de Estudo	35
2.5.1.2 Caracterização do Local de Estudo	35
2.5.1.3 Provisão dos Dados	35
2.5.1.4 Identificação Local das Áreas Problemáticas	36
2.5.1.5 Análise e Diagnóstico dos Problemas	37
2.5.1.6 Tratamento da Segurança Viária	38
2.5.1.7 Acompanhamento e Retroalimentação	39
2.5.1.8 Desenvolvimento de Programas de Prevenção de Acidentes	39
2.6 Avaliação de Medidas de Contenção de Acidentes: uma Abordagem Multidisciplinar (Vieira, 1999)	39
2.7 Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos (Meneses, 2001)	44
2.7.1 Etapas da Metodologia	44

2.7.1.1	Etapa 1-Reconhecimento da área de estudo	45
2.7.1.2	Etapa 2 - Identificação e classificação dos segmentos críticos	46
2.7.1.3	Etapa 3 - Determinação dos fatores condicionantes da ocorrência de acidentes e soluções preliminares	51
2.7.1.4	Etapa 4 - Seleção e apresentação de propostas de tratamento.	53
2.7.2	Algumas Considerações	54
2.8	Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito (CEFTRU, 2002)	55
2.8.1	Identificação de Locais Críticos	57
2.8.2	Investigação dos Fatores Contribuintes dos Acidentes	60
2.8.3	Tratamento do Local Crítico	60
2.9	Sistemas de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário: O Modelo SGS/TR (Porath, 2002)	61
2.9.1	Método da BASt para Identificação de Áreas Críticas - Identifikation von Unfallstellen. Beseitigung von Unfallstellen (BRENNER,1978)	62
2.9.2	Método da VSP - Untersuchungen an Unfalltypensteckkarten (Meeves, 1998)	64
2.9.3	Metodologia da GDV/ISK –	67
2.10	Manual Teórico Prático – Medidores Eletrônico de Velocidade – Uma visão da Engenharia para Implantação (Brandão, 2006)	70
2.10.1	Metodologia Proposta	73

2.10.1.1	Reconhecimento dos Cenários de Risco	73
2.10.1.2	Hierarquização dos Cenários de Risco	76
2.10.1.3	Tratamento dos Cenários de Risco	77
2.10.1.4	Avaliação de Desempenho dos Medidores Eletrônicos de Velocidade	77
3	Metodologias Internacionais para Tratamento de Locais Concentradores de Acidentes	79
3.1	Transportation and Traffic Engineering Handbook (Baerwald, 1976);	79
3.2	Traffic Engineering ( McShane e Roess, 1990)	85
3.3	Highway Safety Guidelines: Accident Reduction and Prevention (IHT, 1990)	86
3.4	Traffic Engineering Handbook (Pline, 1992);	87
3.4.1	Cálculo das Percentagens de Acidentes	89
3.4.2	Avaliações	91
3.5	Analyse des Accidents – Infrastructure et Sécurité ( Ferrandez, 1993)	91
3.6	Um Nuevo Enfoque de los Programas de Seguridad Vial. Tratamiento de Tramos com Concentración de Accidents y Actuaciones Preventivas (Mayora, 1996)	92
3.6.1	Relação entre número de acidentes e a exposição	93
3.6.2	Risco Intrínseco	93
3.6.3	Componente Aleatória	94
3.6.4	O fenômeno da Migração dos Acidentes	94
3.6.5	O Problema da Regressão à Média	95

3.7 Analysis of Roadside Accident Frequency and Severity and Roadside Safety Management (Lee e Mannering, 1999)	97
3.8 Métodos de Evaluación de la Seguridad vial en Estudios de los Accidentes “antes” y “después” (Quintero, 1999)	98
3.9 The Uses of Exposure and Risk in Road Safety Studies (Hakkert e Braimaister, 2002).	99
4 Sugestões para Aperfeiçoamento da Metodologia	101
4.1 Visão Geral da Metodologia Existente	101
4.2 Sugestões de Aperfeiçoamento	102
4.2.1 Desagregação do Ambiente Considerado	102
4.2.2 Consideração da Gravidade do Acidente	103
4.2.3 Adequação do Número de Acidentes	104
4.2.4 Correção do Número de Mortes no Transito	104
4.2.5 Variação Controlada do Coeficiente K	106
4.2.6 Avaliação do Histórico do Segmento	106
4.2.7 Alocação dos Segmentos Críticos	107
4.2.8 Caracterização do Local de Estudo	107
4.2.9 Avaliação da Ocorrência dos Acidentes	108
4.2.10 Consulta a Comunidade	109
4.2.11 Avaliação das Causas em Intersecções	109
5. Conclusão	110
6. Bibliografia	111
ANEXO 1	114
ANEXO 2.	117
ANEXO 3.	121

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análise dos Conflitos em Intersecções	24
Figura 2. Conflitos Secundários	25
Figura 3. Fluxograma da Metodologia Proposta	34
Figura 4. Etapas da Metodologia	45
Figura 5. Fluxograma da Metodologias Adotada	56
Figura 6. Representação das Seções	85
Figura 7. Problema segurança (exposição risco de acidente e dano do acidente)	100
Figura 8. Planilha para Avaliação Usando a Técnica dos Conflitos	115
Figura 9 Tipos de Acidentes, Causas Prováveis e Medidas Corretivas	118
Figura 10. Reconhecimento dos Cenários de Risco	122
Figura 11. Locais Críticos em ATVE	123

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Risco de Ocorrência de Acidentes em Função da Velocidade na Via	72
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores tabelados do coeficiente K	15
Tabela 2 Procedimentos necessários para identificação dos locais críticos	59
Tabela 3 Valores referenciais limites para a definição de pontos críticos	67
Tabela 4 Índices Referenciais para a Definição de Categorias de Pontos Críticos	68
Tabela 5 Valores Referenciais Limites para a Definição de Eixos Críticos	69
Tabela 6 Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões	71
Tabela 7 Possibilidade de Ferimentos dos Ocupantes pela Variação na Velocidade no Momento do Impacto ( $\Delta V$ )	72
Tabela 8 Tipificação dos cenários de risco	73
Tabela 9 Procedimento para Identificação dos Cenários de Risco	75
Tabela 10 Dados e Índices dos Acidentes para cada Seção	85
Tabela 11 Tempo transcorrido entre a data do acidente e o óbito, percentual acumulado DF.	105
Tabela 12. Fatores de Correção do Número de Mortes	105

## 1 Introdução

O Trânsito brasileiro é uma catástrofe nacional em termos de saúde pública. Para se ter uma noção dessa gravidade, conforme DENATRAN (2001 apud LEMES, 2003, p.149), “o acidente de trânsito é o segundo maior problema de saúde pública do País, só perdendo para a desnutrição”.

Vários trabalhos têm relacionado trânsito com saúde pública dado o crescimento do número de mortos em acidentes, hoje considerado a terceira maior causa de mortes no Brasil (HOFFMANN, 2003). Esta posição pode ser ainda mais alta em virtude da prática de se computar apenas os óbitos ocorridos no local do acidente, e não as vítimas que falecem posteriormente.

O Estado de Santa Catarina apresentou, no ano de 2000, o maior índice proporcional de mortes por quilômetro de rodovias federais, registrando 3,7 mortes para cada um dos 2.234,8 km (PRF e DNER, 2001, apud HENRIQUE, 2002). Foram registrados 49.001 acidentes nas rodovias federais e estaduais do estado no período de 1998 a 2000, deste total 69,16% ocorreram em rodovias federais e 30,84% nas estaduais, tendo as federais 74,69% do total de vítimas fatais (HENRIQUE, 2002).

Infelizmente, a experiência brasileira no tratamento de acidentes de trânsito, com raras exceções segue um modelo imediatista, no qual a solução do problema está associada à execução de práticas tradicionais no âmbito das sinalizações horizontal, vertical e/ou semafórica, associadas à correção na geometria viária, com tendência mais para a melhoria da fluidez do que propriamente para a promoção da segurança.

Na maioria das vezes, isso é feito sem um estudo mais apurado dos fatores que, efetivamente, contribuíram para aquelas ocorrências de trânsito, sem a devida avaliação da oportunidade dos custos envolvidos e/ou sem o compromisso de verificar posteriormente a eficácia das medidas implantadas (CEFTRU, 2002).

O caminho para a solução dos problemas relacionados aos acidentes de trânsito está diretamente ligado à interdisciplinaridade e à elaboração de projetos que possam integrar as áreas da educação, saúde, engenharia, segurança pública,

entre outros, visando às ações pautadas em medidas preventivas e de respeito à garantia institucional, a todos os indivíduos, de circularem livres e com segurança, também no trânsito (HENRIQUE, 2002).

Os sistemas de trânsito em operação, que compõem a infra-estrutura inteligente de transportes, são instrumentos que proporcionam a análise do comportamento de variáveis relacionadas às questões operacionais do trânsito, capacidade das vias e rodovias e o número de acidentes fatais. Neste contexto, estudos na área de engenharia têm sido desenvolvidos, buscando oferecer metodologias que possibilitem a identificação, análise e correção de causas de acidentes em vias, os chamados “pontos críticos” (GOLD, 1998).

Os métodos e procedimentos para identificação de trechos críticos ou segmentos críticos quanto à segurança, utilizado 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 a volume de tráfego e/ou características físicas de um conjunto de rodovias ou simplesmente 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.

Os estudos dos locais e trechos críticos de um sistema viário auxilia na melhoria da segurança, possibilitando além de fazer-se as correções desses locais, obter-se indicações para a melhoria da rede. Assim, o estudo destes é uma forma de se estabelecer políticas de melhoramento dos níveis de segurança e uma referência para a reestruturação e atualização das especificações e normas de projetos de segurança e engenharia rodoviária.

Estas metodologias estarão descritas neste relatório, a fim de que se possa discernir entre as mais adequadas para o tratamento das rodovias rurais. Além disso, serão apresentadas neste, as proposições para modificações e melhoramentos da metodologia atualmente utilizada pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre.

## **2 Metodologias Nacionais para Tratamento de Locais Concentradores de Acidentes**

Entre as metodologias nacionais para tratamento de locais concentradores de acidentes, encontram-se as descritas nos itens a seguir.

### **2.1 Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias (DNER, 1986)**

Este documento 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.

Na primeira parte do trabalho são apresentados alguns conceitos probabilísticos e certas técnicas estatísticas, normalmente consideradas quando se pretende estudar questões que envolvem acidentes de trânsito. Já no capítulo final é apresentado o resumo dos procedimentos práticos, bem como alguns segmentos críticos individualizados através do modelo em questão.

Na verdade, este manual apresenta os métodos matemáticos utilizados a fim de se chegar à atual metodologia utilizada pelo DNIT para identificação dos segmentos críticos. Assim sendo, a sua avaliação foi fundamental para o entendimento das considerações utilizadas pela referida metodologia.

#### **2.1.1 Considerações Importantes**

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.

Os acidentes podem estar vinculados a: fatores aleatórios → independem do local de ocorrência do acidente, estando, por exemplo, associados com a imprudência do motorista; fatores não aleatórios → vinculados a um ou mais atributos relativos ao local do acidente.

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

### **2.1.2 Conceitos Iniciais**

X: número de acidentes observados durante um intervalo de tempo → Variável aleatória com distribuição binomial → Aproximação pela normal ( $mps$ ,  $mps(1-ps)$ ).

$\lambda$ : probabilidade (estimada) de ocorrer um acidente num veículo-km da amostra A durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ .

$P_s$ : probabilidade de ocorrer um acidente num veículo-km de segmento s, durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ .

### **2.1.3 Regra de Decisão do Modelo**

A consideração do segmento como crítico ou não é feita a partir de um teste de hipóteses. Assim supõem:

$$H_0: p_s \leq \lambda$$

$$H_1: p_s > \lambda$$

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

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

Assim, quando:

**(Número de acidentes observados em s)/ m > r<sub>1-α</sub>** → rejeita-se Ho, então segmento é crítico

**(Número de acidentes observados em s)/ m < r<sub>1-α</sub>** → não rejeita-se Ho, 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 transformação da variável aleatória x, distribuída binomialmente, em uma variável contínua x, normalmente distribuída.

### 2.1.4 Coeficiente K

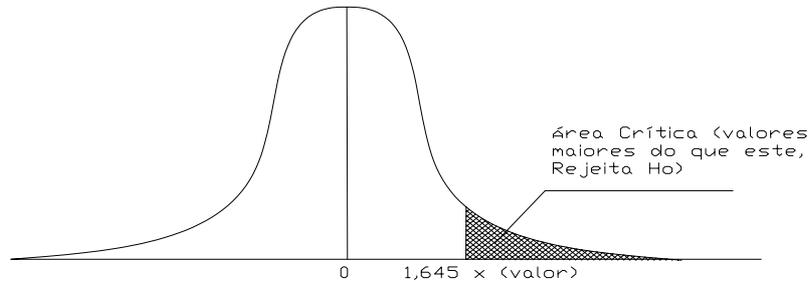
O valor deste coeficiente esta relacionado com o nível de significância requerido no teste de hipótese elaborado. O nível de significância, por sua vez, é o valor da probabilidade tolerável de incorrer do erro de rejeitar Ho, quando Ho é verdadeira.

Tabela 1 Valores tabelados do coeficiente K

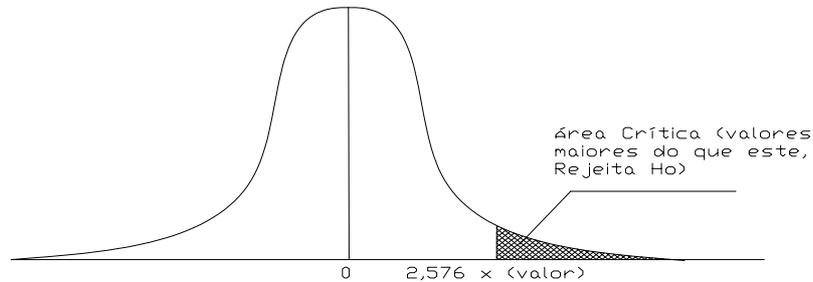
<b>α</b>	<b>K</b>
0,10 = 10%	1,282
0,05 = 5%	1,645
0,01 = 1%	2,33
0,005 = 0,5%	2,576
0,001 = 0,1%	3,0

O valor de K é obtido da tabela da curva normal, sendo chamado de Z. A 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 abaixo:

$\alpha = 5\%$



$\alpha = 0,5\%$



### 2.1.5 Equações Finais

*Índice de acidentes*

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

*Índice crítico anual de cada segmento*

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

$N_j$  = 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*

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

$$(IC)_j = r_{1-\alpha} \times 10^6$$

*Segmento Crítico*

Determinação:

$$I_j > (IC)_j$$

## **2.8 Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de Melhorias e Avaliações Econômicas dos Segmentos Críticos (DNER, 1988)**

Este manual foi editado pelo extinto DNER, tendo por objetivo o levantamento e análise de segmentos críticos, com o propósito de eliminá-los. Esta metodologia foi atualizada pelo Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo, o qual será apresentado posteriormente. Todavia, ir-se-á apresentar os itens constantes neste manual, a fim de que se possam verificar as modificações existentes de um manual para o outro, bem como avaliar os possíveis melhoramentos ou aprimoramentos da metodologia.

O trabalho compõe-se de quatro etapas com o objetivo de partindo-se dos dados disponíveis inicialmente, resumir primeiro as características dos acidentes e, desse modo, aquelas de maior ocorrência num determinado segmento.

De posse desta informação, procede-se à vistoria de campo, quando se diagnosticarão as causas responsáveis pelos acidentes no segmento em estudo. Depois de apurá-las, estudam-se então quais as possíveis soluções do problema encontradas, adotando-se as que melhor atendam tanto as requisitos técnicos quanto as disponibilidades financeiras.

Os serviços propostos através desta metodologia podem ser estruturados, em três etapas, as quais serão descritas nos itens a seguir.

### 2.8.1 Análise e Diagnóstico

Caracteriza-se pelo estudo dos acidentes e suas implicações, através do estabelecimento da correlação entre causa e efeito. Esta fase por sua vez é estruturada nas seguintes etapas:

- ✓ Identificação dos segmentos críticos - é composta dos seguintes elementos:
  - listagem das seções críticas;
  - listagem relação de acidentes em pontos negros (esta nomenclatura pontos negros não é mais utilizada);
  - listagem relação de acidentes e índices por DRF/Rodovia/Trecho/km;
  - cadastro de trechos.
  
- ✓ Coleta e análise dos dados – é constituída por tarefas que, em conjunto, devem permitir uma avaliação preliminar das principais causas e de possíveis soluções para os segmentos críticos em estudo. São elas:
  - levantamento dos dados de acidentes – esta etapa é composta das seguintes fases:
    - quadro resumo de acidentes;
    - consulta às fichas de acidente;
    - diagrama de condições dos acidentes;
    - histórico do segmento crítico.
  - consulta ao vídeo registro;
  - consulta a projetos que englobam o segmento em estudo.
  
- ✓ Inspeção do trecho – os procedimentos normalmente necessários para a inspeção do trecho incluem:
  - planejamento da inspeção;

- seleção dos locais de parada;
- percurso através do segmento crítico;
- entrevistas;
- cobertura fotográfica;
- documentação da inspeção.

### **2.8.2 Proposição e Quantificação de Alternativas de Solução**

Nesta fase consolidam-se as alternativas de soluções, preliminarmente consideradas e confirmadas na inspeção do trecho, e/ou desenvolvem-se novas alternativas, com base nos elementos adicionais lá obtidos e no diagnóstico final estabelecido.

### **2.8.3 Avaliação Econômica das Alternativas**

A avaliação econômica tem por objetivo indicar entre as propostas, a melhor alternativa para implantação e estabelecer uma hierarquia de implantação de melhoramentos, de um segmento crítico em relação a outros, em função das disponibilidades orçamentárias. O desenvolvimento da justificativa econômica envolve a avaliação dos benefícios esperados em relação ao custo de implantação dos melhoramentos, com os seguintes procedimentos:

- ✓ estimativa de redução de acidentes, em termos de quantidade e/ou gravidade;
- ✓ estimativa dos benefícios econômicos;
- ✓ estimativa dos benefícios econômicos e financeiros;
- ✓ avaliação econômica dos melhoramentos;
- ✓ elaboração de memória de análise econômica das alternativas.

## **2.9 Manual de Procedimento de Pesquisa para Análise de Conflitos de Tráfego em Interseções (Pietrantonio, 1991)**

Esta metodologia de análise de segurança com auxílio da observação de incidentes na operação dos diversos sistemas, justifica-se pelo conhecimento de que os acidentes de trânsito (apesar de freqüentes do ponto de vista social) são eventos raros e pela própria natureza imprevisível (quanto à data e local de ocorrência), sendo, portanto somente observáveis após sua ocorrência e não reproduzíveis para estudos científicos.

O autor também cita que diversas áreas utilizaram técnicas deste tipo por muitos anos como instrumento principal de investigação (por exemplo, a análise de incidentes na avaliação da segurança de esquemas de controle do tráfego aéreo), mas na área de tráfego sempre se considerou a informação sobre acidentes como dado principal para a análise de segurança no trânsito.

Segundo este autor, inúmeros países vem utilizando a técnica dos conflitos para tratamento de locais concentradores de acidentes, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de normas de procedimentos operacionais para análise de conflito de tráfego em interseções.

Conflitos, por sua vez, são eventos normais no tráfego e é o nível anormal de conflitos (de certos tipos) o que indica problemas operacionais e de segurança. A definição geral de conflitos de tráfego adotada pelo U.S.FHWA e neste trabalho é a seguinte: um conflito de tráfego é um evento envolvendo 2 ou mais usuários da via, em que a ação de um dos usuários leva o outro a fazer uma manobra evasiva para evitar uma colisão.

Conflitos de tráfego são interações entre usuários que podem levar aos acidentes. Isto é, num conflito de tráfego os usuários devem estar em curso de acidente o que deverá ocorrer se a ação evasiva do segundo usuário não for realizada ou falhar.

Um conflito de tráfego é descrito como um evento envolvendo as seguintes fases:

- ✓ o primeiro usuário toma uma ação determinada;

- ✓ o segundo usuário fica em risco de acidente;
- ✓ o segundo reage freando ou desviando;
- ✓ o segundo usuário segue o seu curso na via.

Caso o segundo usuário não perceba o risco de acidente ou não execute a manobra evasiva requerida de forma adequada resulta um acidente ou quase-acidente.

Em outros contextos operacionais, esta definição geral pode ainda ser estendida para incluir conflitos que envolvam os componentes do sistema viário ou outros elementos. No entanto, em interseções os conflitos de tráfego entre usuários são os mais freqüentes e importantes do ponto de vista operacional.

É interessante destacar que, na prática de campo, muitas vezes manobras normais de resposta à sinalização e manobras de respostas a conflitos de tráfego podem ser muito parecidas. O entendimento das regras de sinalização no local é um requisito para distinguir adequadamente os eventos (em especial a definição de prioridade de circulação).

Por outro lado, os estudos sobre correlação entre conflitos e acidentes de tráfego indicaram que os conflitos de menor gravidade não têm um comportamento semelhante ao dos conflitos normais e graves e dos acidentes. Esta conclusão foi obtida principalmente pelos pesquisadores do TRRL-Transport and Road Research Laboratory na Inglaterra que relacionaram a gravidade dos conflitos com cinco variáveis principais: a distância inicial entre os veículos, a velocidade relativa entre os veículos, o grau (severidade) da manobra evasiva, a complexidade da ação evasiva e a distância final atingida entre os veículos.

Entre as vantagens da utilização da técnica dos conflitos encontram-se:

- ✓ os conflitos de tráfego são prontamente observáveis e acontecem com uma freqüência que permite obter medidas precisas e confiáveis num curto período de tempo;
- ✓ as definições de conflitos de tráfego são baseadas em tipologia de acidentes, o que permite utilizá-las como boas medidas correlatas de acidentes;
- ✓ os estudos de segurança no trânsito usando técnicas de conflitos de tráfego podem ser empregadas com ou sem dados de acidentes;

- ✓ os estudos sobre segurança no trânsito podem ser executados imediatamente em função de necessidades de diagnóstico (acidentes ou reclamações recentes);
- ✓ a utilização de técnicas de análise de conflitos no tráfego facilita a identificação de problemas operacionais e de segurança e a seleção de medidas corretivas;
- ✓ a eficácia de mudanças (grandes ou pequenas) pode ser avaliada imediatamente após cada intervenção e ser usada para aprimorar as melhorias introduzidas.

Entre as dificuldades para aplicação podem ser sintetizados dois aspectos: existe a necessidade de pesquisa direta em campo (visto que não existe uma outra autoridade que obtenha estes dados) e resulta a não disponibilidade de dados com cobertura de toda a área de responsabilidade.

### **2.9.1 Conflitos em Intersecções**

No caso das intersecções, os conflitos de tráfego são categorizados por tipo de manobra (que estão relacionados, por sua vez, com as classificações de tipos de acidentes usuais).

Mantendo sempre a perspectiva do segundo usuário, os conflitos principais em intersecções são:

- ✓ conflitos veiculares de mesma direção;
- ✓ conflitos veiculares com conversão à esquerda com fluxo oposto;
- ✓ em travessias - conflitos com pedestres.

Os conflitos podem ser ainda classificados em primários e secundários, sendo que os conflitos secundários resultam das ações tomadas pelo segundo veículo do conflito primário (que podem colocar outros veículos em risco de acidente).

Os conflitos secundários são registrados em função do tipo de conflito primário indutor e contados apenas uma vez, independente do número de usuários envolvidos. Nos casos mais comuns, onze tipos de conflitos veiculares e quatro tipos de conflitos com pedestres são os mais importantes para avaliar problemas operacionais e de segurança.

Para identificar conflitos, um observador fica estacionado em uma das aproximações da interseção por um período de tempo programado. Todos os conflitos de tráfego identificados do ponto de vista deste observador serão registrados adotando a perspectiva do usuário que executa a manobra evasiva.

As definições básicas de conflitos de tráfego foram formuladas de forma a dar uma visão clara da manobra evasiva a ser tomada pelo segundo usuário. Portanto, embora o observador possa ver a ação tomada pelo primeiro usuário, o foco principal de atenção deve ser o comportamento do segundo usuário.

Uma pesquisa sobre conflitos de tráfego inclui a realização de contagens de conflitos, ao mesmo tempo em que outros dados necessários para um estudo completo sobre o local são coletados.

Os dados de pesquisas sobre conflitos de tráfego podem ser utilizados para responder a questões sobre problemas operacionais e de segurança, para recomendar tratamentos corretivos ou para avaliar a eficácia de intervenções já implementadas.

O objetivo também pode ser a observação dos tipos de manobras e eventos que geram maior número de conflitos, a identificação dos tipos de conflitos que estão presentes em nível anormal numa interseção, a comparação da situação operacional e dos níveis de conflito resultantes de intervenções.

Uma pesquisa sobre conflitos de tráfego numa interseção em geral envolve como atividades a observação do local, a preparação de um esquema de situação, a escolha de um local adequado para observação, a execução de contagens de conflitos, a execução de contagens de tráfego (eventual) e a verificação dos formulários preenchidos.

Em geral, as contagens numa pesquisa sobre conflitos de tráfego são executadas observando sucessivos períodos de 20 ou 25 minutos de operação em cada meia-hora, eventualmente em posições diferentes na interseção, e correspondem ao registro de uma linha nos formulários de contagem.

Cada observador acompanha a operação de uma aproximação em cada período. O número de períodos de observação é determinado pelo engenheiro supervisor em função das características da interseção e dos problemas que devem ser estudados e pode levar a escalar 1, 2 ou mais observadores para uma mesma

interseção (ou estender a pesquisa por mais de um dia, em geral até 3 dias no máximo).

O diagnóstico sobre o nível de segurança na interseção e seus problemas operacionais ou a avaliação de impacto de intervenções executadas num local podem ser feitas a partir dos dados preparados através de um processo de tabulação.

Comparando-se os dados obtidos na interseção em estudo com os dados tabelados para as interseções normais de mesmo tipo, é possível identificar os conflitos importantes (anormalmente altos) no local, que podem ser desenhados num diagrama de conflitos (como é feito usualmente para acidentes).

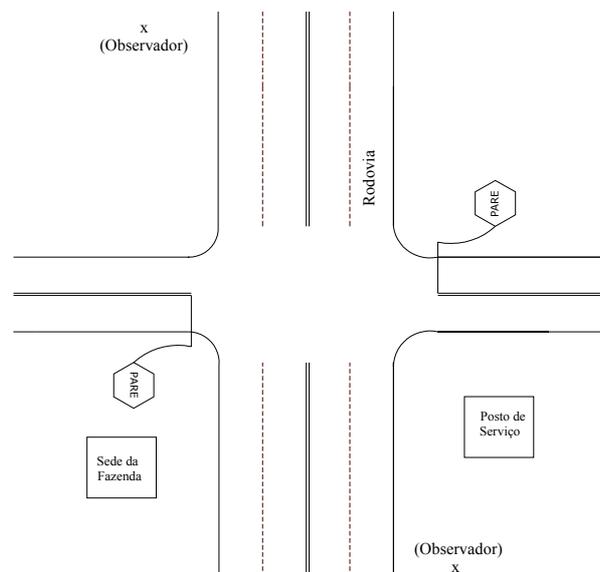


Figura 1. Análise dos Conflitos em Intersecções  
Fonte: Adaptado de (Pietrantonio, 1991)

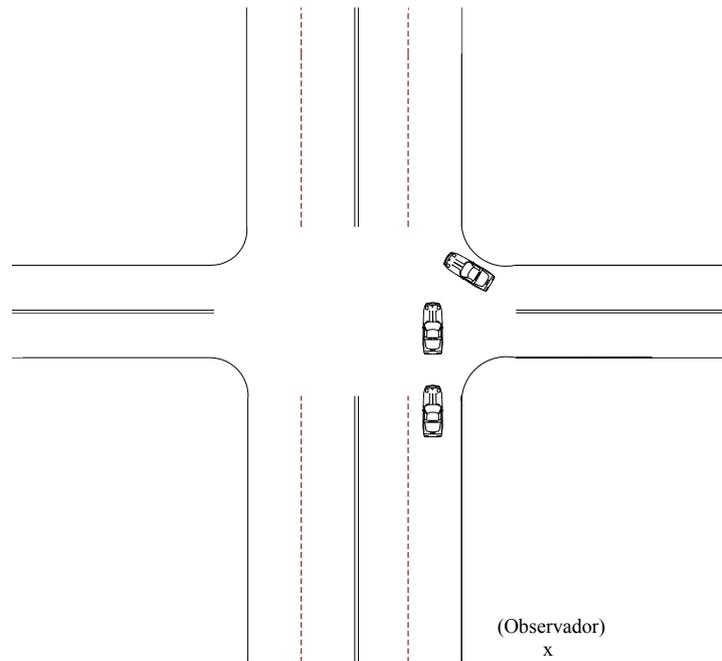


Figura 2. Conflitos Secundários  
 Fonte: Adaptado de (Pietrantonio, 1991)

## 2.10 Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo (DNER, 1998)

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

Neste documento é proposta também a aplicação de soluções de baixo custo a fim de solucionarem-se os problemas nos locais detectados. Segundo este manual, a aplicação deste tipo de solução não significa que os acidentes serão obrigatoriamente evitados. Elas podem reduzir o risco sem, contudo eliminá-los.

A metodologia proposta para a identificação e tratamento dos acidentes, segue os itens apresentados a seguir.

### 2.4.1 Identificação dos Segmentos Concentradores de Acidentes

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 (em frações de 100 metros); dos números das fichas de acidentes e respectivos números de lote e seqüencial; dos códigos do tipo do acidente e da gravidade. Essa listagem é de suma importância, pois permite o acesso mais rápido aos *Boletins de Ocorrência*.

#### **2.4.2 Coleta e Análise dos Dados de Acidentes**

Esta etapa do estudo é composta por tarefas que, conjugadas entre si, permitem, numa avaliação preliminar, estabelecer as principais causas e definir soluções para os segmentos concentradores de acidentes. Basicamente, elas compreendem:

- ✓ Levantamento dos dados de acidentes → são obtidos por consulta aos *Boletins de Ocorrência* da Polícia Rodoviária Federal, nos quais podem-se obter os elementos para caracterizar o acidente, o local, as condições gerais em que o mesmo ocorreu, as pessoas e veículos envolvidos, a hora, etc.

Com base nos Boletins de Ocorrência, pode-se obter:

- Histórico do Segmento → prepara-se uma série histórica regressiva, a partir do ano-base, por um período mínimo de 3 anos, em seqüência, verificando-se a permanência desse segmento como concentrador de acidentes. A análise dessa série histórica permite avaliar possíveis oscilações em relação à quantidade e/ou gravidade dos acidentes, que podem vir a auxiliar na

detecção de eventuais causas temporárias, muitas das vezes ligadas a problemas de manutenção da sinalização, de defensas, de pavimentação, etc. Permite, ainda, avaliar a tendência do segmento crítico em relação à evolução do tráfego, o que é importante no sentido de se estabelecer os benefícios que advirão da intervenção no problema, além de permitir a análise “antes-depois” após a implantação do melhoramento;

- Diagrama de Condições dos Acidentes → consiste de um histórico de todos os acidentes ocorridos no segmento em estudo durante um determinado período de tempo (normalmente 365 dias). Esse diagrama é um elemento importante, pois possibilita a visualização imediata, em cada segmento concentrador de acidentes, do tipo e da gravidade das ocorrências. Além dos elementos gráficos, são anotados, por meio de legendas próprias, para cada acidente, os dados referentes a:
  - hora da ocorrência;
  - fase do dia;
  - dia da semana;
  - dia do mês;
  - veículos envolvidos;
  - causas de restrições à visibilidade;
  - condições meteorológicas;
  - condições especiais;
  - condições de superfície.
- Características dos Acidentes - Quadros-Resumo → Esta etapa consiste em transferir as informações dos relatórios para os quadros-resumo, facilitando, assim, a análise dos acidentes e de suas características pelo engenheiro residente.

O primeiro desses quadros resume duas características: o dia da semana e a hora de ocorrência. Obtém-se, assim, o número de acidentes ocorridos em cada dia e hora, bem como a percentagem que este número representa em relação ao total de acidentes num determinado segmento.

O segundo quadro-resumo é relativo aos acidentes em cada mês do ano, logicamente com a finalidade de se apurar os períodos onde é maior a frequência de acidentes. Finalmente, o terceiro quadro resume as condições da superfície, o tipo de acidente, sua gravidade, as condições meteorológicas, a fase do dia, o tipo do veículo envolvido e as causas de restrições à visibilidade.

- ✓ Consulta a projetos que englobam o segmento em estudo → As finalidades principais de consulta a projetos, eventualmente existentes, englobando o segmento em estudo são:
  - detalhar aspectos de ordem geométrica;
  - complementar diagnósticos preliminares;
  - permitir o estudo prévio de possíveis alternativas de solução;
  - avaliar possíveis fontes de materiais (areias, materiais terrosos, etc.).

### **2.4.3 Inspeção dos Segmentos Selecionados**

A inspeção dos segmentos selecionados, visando identificar o ponto exato onde ocorrem os acidentes e suas causas geradoras, deve ser realizada pelo engenheiro residente, tendo como finalidade básica:

- ✓ confirmar ou reavaliar as possíveis causas de acidentes levantados nas etapas anteriores;
- ✓ verificar a viabilidade técnica das eventuais soluções preliminarmente estudada na etapa anterior;
- ✓ estudar novas soluções;
- ✓ efetuar avaliações expeditas de quantitativos referentes aos diversos serviços necessários à implantação das alternativas de solução preliminarmente estudadas;
- ✓ verificar a existência de possíveis interferências, tais como fluxos de pedestres, presença de animais na pista, etc.;
- ✓ efetuar eventuais contagens expeditas de tráfego (caso de interseções);

- ✓ verificar as condições e o estado de conservação da pista de rolamento, a existência de obstáculos à visibilidade, etc.;
- ✓ coletar elementos referentes às características socioeconômicas da região correspondente ao segmento crítico.

Os procedimentos normalmente necessários para a inspeção do trecho devem contemplar:

- planejamento da inspeção;
- seleção de locais de parada;
- percurso através do segmento crítico;
- check list;
- entrevistas;
- croqui do local;
- cadastro fotográfico;
- Quadro Sinótico das Condições do Local;
- Características dos Acidentes - Quadros-Resumo;
- operação do tráfego;
- documentação da inspeção.

#### **2.4.3.1 Situações Típicas de Acidentes nas Rodovias**

Os locais de ocorrência de acidentes nas rodovias podem ser classificados em quatro tipos distintos, cada qual com características típicas que exigem soluções diferentes, a saber:

- ✓ Travessias urbanas → significa que a rodovia atravessa uma área urbana, o que não deveria acontecer, resultado do crescimento desordenado ao longo do eixo da rodovia, quase sempre com utilização do solo de forma inadequada. Nesses locais, é comum encontrar o trânsito local misturado com o tráfego de passagem; invasão da faixa de domínio por residências e comércio; volumes altos de

pedestres atravessando a pista em múltiplos locais e de bicicletas no meio de veículos motorizados; acessos irregulares à rodovia; carrinhos puxados à mão ou à tração animal locomovendo-se na pista; e pontos de ônibus sem baias.

- ✓ Interseções → o próprio conceito de rodovia é de uma via de circulação ininterrupta de alta velocidade, sem interferências. A existência de uma interseção (obviamente sem semáforo) cria uma mistura de alto risco, onde veículos em velocidade (percorrendo a rodovia sem interesse na interseção) circulam com outros em baixa velocidade (cruzando a rodovia ou efetuando conversões da via transversal para a rodovia ou vice-versa).
- ✓ Curvas → os problemas localizados de curvas perigosas estão, normalmente, associados a velocidades de percurso maiores do que as permitidas pelas condições geométricas da curva ou, ainda, ao estado de conservação do pavimento e/ou condições deficientes de visibilidade ou a uma conjunção desses fatores.
- ✓ Pontes e Viadutos → os problemas de segurança em pontes e viadutos acham-se ligados, via de regra, a estreitamentos com relação à seção normal da rodovia, agravando-se mais ainda quando associados a curvas fechadas e greides descendentes na aproximação.

#### **2.4.4 Proposição de Melhorias**

Consolidam-se as alternativas de soluções, preliminarmente consideradas e confirmadas na inspeção do trecho, e/ou desenvolvem-se novas alternativas, as quais relacionadas abaixo:

1. Soluções de baixo custo - medidas típicas
2. Melhorias propostas - croqui/projeto
3. Quantificação das alternativas propostas
4. Memória - ordenação de fichas, quadros, textos, planilhas
5. Priorização

#### **2.4.5 Avaliação Econômica dos Melhoramentos**

Identificados os segmentos concentradores de acidentes, deve-se elaborar uma lista detalhada dos serviços a serem executados é elaborada, com suas respectivas quantidades e preços unitários, a qual será anexada ao projeto.

Paralelamente, para cada segmento projetado, devem-se pesquisar, para o ano zero (ano anterior ao ano da elaboração do projeto), os acidentes que lá ocorreram e calcular os custos de acidentes ocorridos no período.

Com base nestas informações - custos de implantação e custos dos acidentes -, pode-se fazer uma análise econômica, de forma a se avaliar as alternativas propostas, objetivando, basicamente, fornecer subsídios que permitam: indicar, dentre as propostas, as melhores alternativas para implantação; estabelecer uma hierarquia de implantação de melhoramentos de um segmento concentrador de acidentes em relação a outros, em função das disponibilidades orçamentárias.

O desenvolvimento da justificativa econômica envolve a avaliação dos benefícios esperados em relação ao custo de implantação dos melhoramentos, através dos seguintes procedimentos:

- ✓ estimativa da redução de acidentes, em termos de quantidade e/ou gravidade;
- ✓ estimativa dos benefícios econômicos (redução dos custos dos acidentes principalmente);
- ✓ estimativa dos custos econômicos e financeiros;
- ✓ avaliação econômica dos melhoramentos;
- ✓ elaboração de memória de análise econômica das alternativas.

#### **2.4.6 Implantação**

Durante a fase de implantação, há que se estabelecer procedimentos, particularmente no que tange a:

- ✓ segurança de pessoal e equipamentos;

- ✓ sinalização de obra;
- ✓ apoio da Polícia Rodoviária Federal;
- ✓ implantação do projeto;
- ✓ especificações de serviços e materiais.

#### **2.4.7 Monitoramento**

O monitoramento das medidas implantadas objetiva avaliar a sua eficiência em termos de redução de acidentes, em quantidade e/ou gravidade, e estabelecer a performance do programa de segurança como um todo. É importante também para a implantação de planos futuros, pois permite avaliar as medidas que obtiveram sucesso e repensar aquelas que não foram assim tão bem sucedidas.

O acompanhamento para a avaliação dos resultados decorrentes da implantação dos melhoramentos é efetuada, a rigor, ao longo das três etapas (fase anterior, fase de execução da obra e fase posterior à implantação), juntando-se toda a documentação que serve de base aos passos tomados em cada etapa.

Além dos estudos efetuados na fase anterior à implantação da obra, com suas considerações básicas efetuadas, é necessário obter-se: data de início e de término da implantação; custos efetivos de implantação; acidentes após a implantação; volume de trânsito após a implantação.

#### **2.4.8 Avaliação da Efetividade**

Feita a implantação das medidas de baixo custo e realizado o monitoramento, é importante verificar a efetividade das intervenções para, inclusive, eliminar nas intervenções futuras e substituir nas implantadas algumas das medidas preconizadas, ou especificar adequadamente em que situação elas deverão ser utilizadas para maximizar os resultados.

As etapas do método são as seguintes:

- ✓ identificação dos segmentos onde serão efetuadas melhorias;
- ✓ identificação dos pontos de controle;
- ✓ coleta de dados históricos;
- ✓ monitoramento dos segmentos tratados;
- ✓ avaliação individual dos segmentos onde foram efetuadas melhorias;
- ✓ conclusão da efetividade das intervenções em segmentos individuais;
- ✓ avaliação do conjunto de segmentos onde foram efetuadas melhorias;
- ✓ conclusão da efetividade das intervenções no conjunto de segmentos;
- ✓ documentação de todo o estudo.

## **2.11 Análise e Tratamento da Segurança Viária em Rodovias (Didoné, 2000)**

Esta dissertação de mestrado foi apresentada ao Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina e propõem em seu capítulo 4, o qual é intitulado de Proposta de Metodologia, a sugestão de uma metodologia para análise, diagnóstico e tratamento da segurança viária.

Este estudo propõem um estudo detalhado do trecho na fase de “provisão dos dados”, visando identificar locais, áreas ou elementos carentes da via com relação a segurança. Após a análise e diagnóstico dos problemas, planeja-se medidas de tratamento que tendem a promover mais segurança a via, ao longo de seu itinerário. Como forma de tratamento busca-se a homogeneização dos diversos elementos de tráfego com vistas a proporcionar aos motoristas “a máxima condição de segurança”. Significa dotar a rodovia de condições e elementos suficientes para isentá-la ao máximo da responsabilidade pela ocorrência de eventuais acidentes.

### **2.11.1 Descrição das atividades**

As atividades propostas para o desenvolvimento desta metodologia são apresentadas na figura 3 e descritas nos itens a seguir.

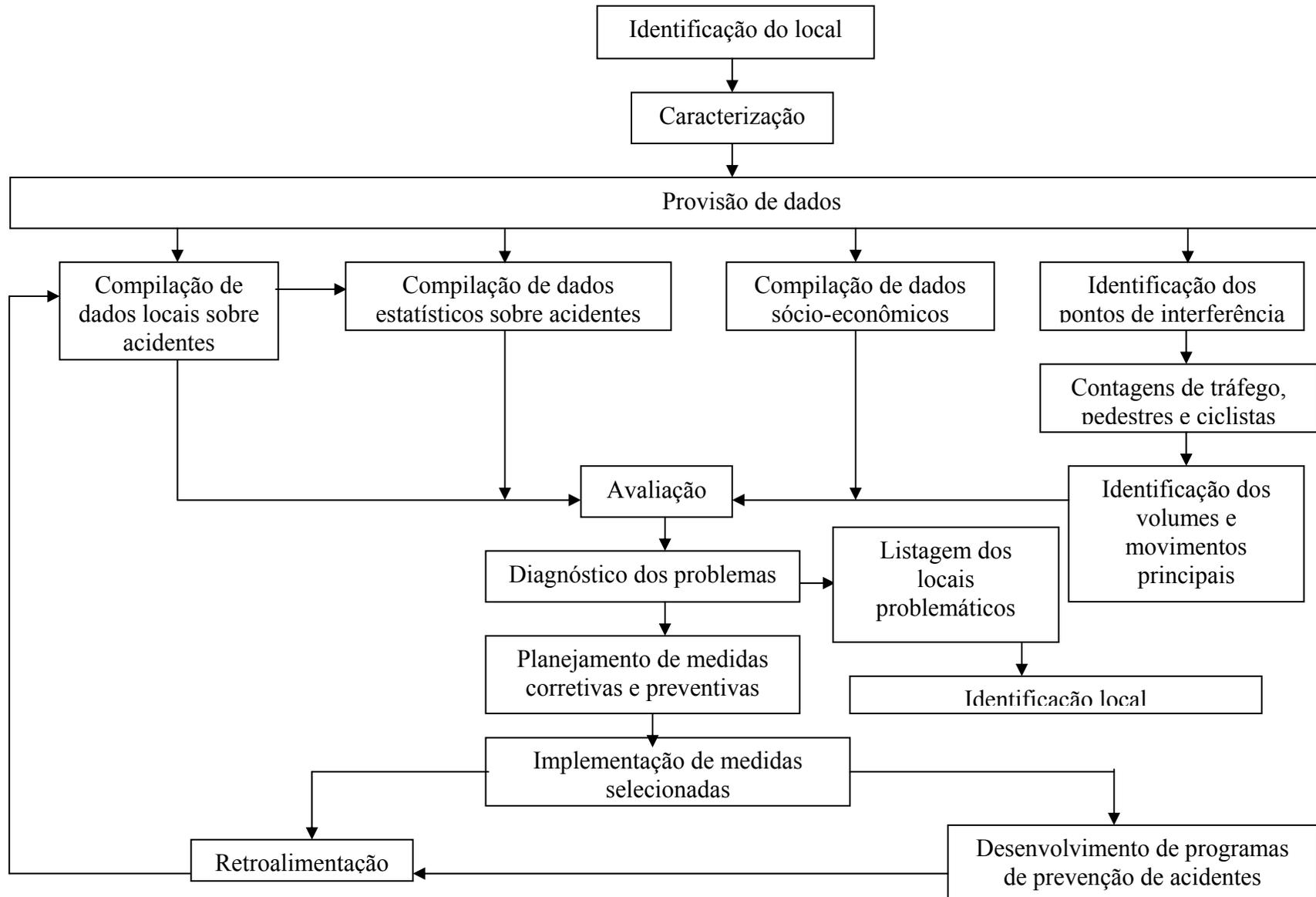


Figura 3. Fluxograma da Metodologia Proposta  
 Fonte: Adaptado de Didoné (2000)

### **2.11.1.1 Identificação do Local de Estudo**

Esta etapa constitui-se da caracterização do tipo de rodovia, definição do segmento e extensão do trecho.

### **2.11.1.2 Caracterização do Local de Estudo**

Esta etapa constitui-se das seguintes atividades:

- ✓ Definição da classe da rodovia, sua função e jurisdição;
- ✓ Caracterização do trecho, com informações como: início e final, situação geográfica e topográfica, municípios em que cruza, rios e outros dados importantes;
- ✓ Determinação do tráfego atual da rodovia, indicando-se os percentuais básicos da participação de cada veículo.

### **2.11.1.3 Provisão dos Dados**

Esta etapa constitui-se das seguintes atividades:

- ✓ Coleta de dados sócio-econômicos da área de influência do projeto, como: população, indústria, pecuária, atividades agrícolas que tenha influência direta sobre o empreendimento rodoviário;
- ✓ Levantamento dos principais pontos de interferência, os quais deverão ser identificados ao longo do segmento, podendo ser: escolas, cruzamentos, acessos, intersecções, igrejas, ou qualquer outro elemento físico que possa proporcionar risco de acidentes ao usuário. Sugere-se identificá-los em mapas ou plantas esquemáticas amarradas aos marcos quilométricos das rodovias;
- ✓ Contagens de tráfego, pedestres e ciclistas, com a obtenção dos fluxos, horário de pico e movimentos mais significativos;
- ✓ Compilações dos dados estatísticos sobre acidentes, que devem ser obtidos nos órgãos correspondentes, sendo identificados por ordem decrescente de prioridade, os acidentes com vítimas fatais, vítimas não fatais e sem vítimas;

- ✓ Planificação e interpretação dos resultados por técnicas numéricas e estatísticas: os dados coletados devem ser planificados e dispostos graficamente para facilitar a visualização, análise e identificação dos tipos de ocorrências. É importante planificar dados estatísticos, se possível, dos últimos 5 anos. Devem ser apresentadas e comentadas pelo menos as tabulações indicadas a seguir:
  - Acidentes de trânsito ocorridos no Brasil equivalente ao período de análise;
  - Acidentes ocorridos no segmento em estudo, no mesmo período;
  - Número de acidentes registrados segundo local da ocorrência;
  - Tipo de acidentes (atropelamento, colisão, abalroamento...) x número de acidentes x número de vítimas;
  - Distribuição por tipo de acidente x hora do dia x dia da semana;
  - Distribuição espacial por tipo de acidente (acidentes por intersecção, por km ou mais detalhado, se possível);
  - Distribuição mensal dos acidentes;
  - Número de veículos envolvidos segundo o tipo e gravidade do acidente.

#### **2.11.1.4 Identificação Local das Áreas Problemáticas**

Esta etapa constitui-se das seguintes atividades:

- ✓ Identificação do local a partir dos dados estatísticos: de posse da listagem dos locais problemáticos identificados por técnicas estatísticas, realiza-se observações locais, no campo. Procura-se identificar elementos de tráfego mal implementados ou deficiências que possam favorecer a ocorrência de acidentes;
- ✓ Identificação local independente dos resultados estatísticos: são investigações de campo, executadas independentemente dos resultados estatísticos. Os locais devem ser listados procurando-se identificar elementos que possam induzir os usuários a riscos de acidentes;

- ✓ Observações e registro das características físicas da via: estão incluídas as características físicas das vias na área de influência do projeto, tipo de revestimento, largura, declividade, a presença de obstáculos fixos e móveis, caminhos de preferência de pedestre e ciclistas, o uso do solo nas áreas lindeiras, sinalização e iluminação, entre outros;
- ✓ Observações e registro das características do tráfego: devem ser observadas e registradas qualitativas e quantitativas do tráfego motorizado e não motorizado na área de influência. É importante distinguir categorias de pedestres com comportamento e/ou necessidades diferentes com relação aos condutores procurar-se-á registrar problemas como excesso de velocidade, ultrapassagem em trechos inadequados, falha ao dar preferência e desobediência a sinalização. Identificação das principais origens e destinos em cada lado da pista, existência de escolas, áreas de comércio, igrejas, áreas residenciais, empresas e áreas de lazer;
- ✓ Investigação local sobre as condições de atendimento as vítimas de acidentes: buscar-se-á no campo, indicações sobre as condições de atendimento às vítimas de acidente, tais como: procedimentos iniciais, condições de tratamento emergencial e locais de atendimento e acidentados.

#### **2.11.1.5 Análise e Diagnóstico dos Problemas**

Esta etapa constitui-se das seguintes atividades:

- ✓ Determinação dos fatores relevantes para a ocorrência de acidentes: identificação de elementos da via, tráfego e áreas adjacentes que possam oferecer riscos de acidentes. Estes elementos podem ser apresentados por meio de desenhos, fotos ou textos. Devem ser examinados, entre outros:
  - Inexistência ou ineficácia da iluminação pública;
  - Alinhamento horizontal e vertical; distância e visibilidade;
  - Curvas com características muito inferiores aos segmentos adjacentes, curvas em declives; interseções ou acessos em locais de reduzida visibilidade;

- Extensão das faixas de aceleração e desaceleração nas interseções e retornos;
- Uso inadequado da faixa lindeira a rodovia;
- Acessos irregulares ou insuficientemente canalizados;
- Ausência ou insuficiência de superelevação, superlargura ou espiral de transição;
- Configuração de interseções e acessos que dificultam a percepção do motorista se comportam o volume de tráfego ou se contém detalhes construtivos que possam acarretar situação perigosa aos usuários;
- Estreitamentos de pista (devido à erosão, escorregamentos, restaurações sucessivas);
- Deformações longitudinal e transversal da pista;
- Características dos acostamentos, desníveis entre este e a pista;
- Sinalização falha, incluindo ausência ou excesso de sinalização vertical e horizontal, sua compatibilidade ou inadequação;
- Intervenções recentes que tenham melhorado ou piorado as condições operacionais;
- Qualidade de passarelas, passagens subterrâneas, refúgios, canteiros centrais, lombadas, paradas de ônibus e outros dispositivos existentes;

#### **2.11.1.6 Tratamento da Segurança Viária**

Esta etapa constitui-se das seguintes atividades:

- ✓ Estudos das soluções alternativas propostas: trata do estudo das soluções alternativas para concepção do projeto de melhorias;
- ✓ Avaliação econômica das medidas propostas: destina-se a avaliar as alternativas de melhoramentos propostas, de forma a permitir a definição da melhor e mais adequada opção;

- ✓ Seleção das medidas a serem implementadas: é a definição da alternativa ou medidas de tratamento a serem implementadas, que devem representar acréscimos de segurança a via;
- ✓ Projeção do número de acidentes nas situações sem e com as melhorias: para se poder avaliar os efeitos das medidas de segurança adotadas no projeto de engenharia, torna-se necessário quantificar os acidentes que poderão ser suprimidos ou reduzidos depois de concluídas as melhorias propostas;
- ✓ Quantificação dos benefícios resultantes da supressão de acidentes: s benefícios resultantes da supressão de acidentes podem ser expressos pelos valores monetários dos acidentes de trânsito evitados anualmente. Pro análise estatística poderá ser obtida a taxa de crescimento dos acidentes ocorridos no trecho em estudo, correlacionando-os com tempo.

#### **2.11.1.7 Acompanhamento e Retroalimentação**

O acompanhamento para avaliação dos resultados poderá ser efetuado através de estudos do tipo “antes e depois”.

#### **2.11.1.8 Desenvolvimento de Programas de Prevenção de Acidentes**

Esta fase baseia-se no fato de que as nações de um modo geral buscam através da conscientização com ações predominantemente preventivas dirigidas aos usuários, resultados mais positivos com relação a segurança nas estradas.

### **2.12 Avaliação de Medidas de Contenção de Acidentes: uma Abordagem Multidisciplinar (Vieira, 1999)**

Este trabalho consistiu em realizar uma revisão das principais medidas de contenção de acidentes de trânsito e da sua avaliação, desenvolvendo, com base nisso, um modelo para análise. Este modelo de análise é apresentado no capítulo 7, o qual é intitulado de A Avaliação de Cenários a Partir dos seus Acidentes Característicos: Uma Abordagem Multidisciplinar.

Neste capítulo o autor apresenta uma análise aplicável a avaliação de cenários rodoviários, capaz de elucidar os principais aspectos relacionados ao trabalho de avaliação dos impactos à segurança na instalação.

Segundo este documento é necessário adotar-se um modelo de análise, que possibilite aos operadores de rodovias, identificar e corrigir problemas de maneira segura.

O modelo propõem auxiliar nas decisões de natureza técnica, tal como, decidir que contramedidas de acidentes implementar e como avaliar se sua implementação foi ou não efetiva. Nestas decisões, de natureza eminentemente técnica, nas quais é preciso determinar onde e como intervir, é necessário trabalhar com uma descrição mais detalhada do sistema, necessária tanto ao sucesso das intervenções como à confiabilidade da avaliação dos resultados. Normalmente, é necessário saber, no menor espaço de tempo possível, se as medidas adotadas atingiram o objetivo ou se devem ser aperfeiçoadas. Nestes casos, o número de acidentes com mortos, feridos ou danos materiais, não reflete adequadamente a parcela do risco mais sensível a medidas de contenção de acidentes específicas.

O tratamento proposto destina-se à avaliação de cenários descritos em baixo nível ou nível microscópico, que se caracteriza pela utilização de taxas de acidentes específicas para cada tipo de acidente entre os mais freqüentes para a instalação, e para cada seção homogênea de uma dada rodovia.

A utilização de uma tipologia, onde cada tipo de acidente está mais relacionado a determinados tipos de intervenções e que, ao mesmo tempo, propicia uma diferenciação maior de custos entre eles, pode ampliar sensivelmente a capacidade e eficiência da análise.

Deste modo, o controle adequado dos efeitos do VMD e a utilização de uma informação mais desagregada, separando o “acidente com morto”, por exemplo, em colisão frontal com morto, traseira com morto e etc., pode facilitar a identificação de certas características físicas e operacionais da rodovia que podem ter contribuído para que os acidentes tenham ocorrido.

Esta proposição baseia-se no fato de que um acidente, visto como evento isolado, não deve nem pode ser associado a uma causa única, pois corre a partir de uma complexa interação de fatores desencadeadores. No entanto, uma certa

quantidade de acidentes pode ser associada estatisticamente a certos tipos de atitudes, que, quando tomadas, aumentam a probabilidade de que ocorram determinados tipos de acidentes. Alguns fatores, apresentados a seguir, são normalmente associados à ocorrência de determinados tipos de acidentes, por aumentarem o risco de que estes venham a ocorrer:

- ✓ Excesso de velocidade (todos os tipos de acidentes);
- ✓ Desrespeito à preferencial (abalroamento transversal, atropelamento)
- ✓ Ultrapassagem forçada (colisão frontal, abalroamento lateral).
- ✓ Não manter a distância de segurança (colisão traseira, abalroamento lateral)
- ✓ Imprudência nos conflitos entre veículos motorizados e pedestre/ciclistas (atropelamento)

Alguns tipos de acidentes como colisão frontal e, algumas vezes, os abalroamentos laterais estão ligados às operações fracassadas de ultrapassagem. No entanto, a sua concentração em determinado local pode estar relacionada às características físicas e operacionais das rodovias. Pode acontecer, por exemplo, que um determinado trecho de rodovia apresente uma largura insuficiente, más condições de visibilidade, falta de 3ª faixa ascendente e um forte fluxo de veículos de carga (presença de veículos largos e lentos).

Outros tipos de acidentes, como os atropelamentos e abalroamentos transversais, estão relacionados à existência de conflitos do fluxo principal com pedestres, e a veículos provenientes de vias perpendiculares secundárias.

A avaliação tem início com a utilização da ferramenta histograma. Ela permite dispor a frequência dos diferentes tipos de acidentes ao longo de trechos, assim é possível associar a cada trecho relevante da rodovia, os seus acidentes típicos de interesse.

Na representação da rodovia, podem ser adicionadas informações e referências significativas ao âmbito da segurança, tais como a presença de obras de arte (pontes, viadutos, túneis...) e de características geométricas ou ambientais importantes da rodovia.

Inicialmente se determinam as relações entre alguns segmentos característicos da rodovia e a seus acidentes típicos, ou seja, são examinados o

comportamento dos índices e suas relações com as características físicas e operacionais do trecho. A forma de operação da rodovia é determinada em parte pelas suas características físicas (número e dimensões de faixas, acostamentos e etc..), mas também está relacionada às influências sazonais, através da quantidade e qualidade do fluxo. O transporte de safras e os movimentos turísticos têm impactos significativos sobre o volume de fluxo, características dos veículos e dos condutores presentes neste fluxo.

Esta análise busca identificar, preliminarmente, através do estudo das distribuições dos acidentes ao longo do eixo da rodovia, características físicas e operacionais, que possam ter contribuído para que os acidentes tenham ocorrido. Inicialmente são construídos e analisados os histogramas, para cada tipo de acidente ao longo trecho. Em seguida, são calculados os índices médios para cada tipo de acidente. Estes índices descrevem a severidade das ocorrências através dos números médios de mortos, feridos, veículos envolvidos por acidentes.

A partir do exame das distribuições dos acidentes, são identificados segmentos que poderiam ser consideradas como homogêneas em termos de accidentalidade. Estes segmentos são então explorados através do “overlay”, sendo estabelecidas seis regiões. Dentro destas regiões ou áreas de influência, são selecionadas seções críticas para cada tipo de acidente, de acordo com seu histograma. Então, são aprofundadas as investigações, através da superposição entre os tipos de acidentes e o eixo da rodovia. Definidos os segmentos relevantes, são calculados os índices de severidade para cada tipo de acidente.

O estudo comprovou que existe aparentemente uma correlação positiva entre o fluxo e a frequência de todos os tipos de acidentes, conforme era esperado. No entanto, a influência do fluxo se dá de uma forma bastante complexa, devido às relações entre fluxo, capacidade, velocidade e *headway* (HCM, 1994). O resultado desta interação na verdade, é que define o nível de serviço de uma instalação.

Uma consequência imediata do aumento do fluxo é a gradual redução da liberdade de executar manobras de ultrapassagem. Com isto, há um impacto na liberdade de escolha da velocidade de viagem, e, quando a capacidade começa a ser atingida, o tempo de espera de uma oportunidade para ultrapassagem cresce, provocando a formação de filas atrás dos veículos lentos (HCM, 1994). Assim, cresce a probabilidade de que ocorram acidentes relacionados a estas operações

(ultrapassagens), uma vez que os condutores vão perdendo a paciência e se tornando cada vez mais ousados nas tentativas de ultrapassagem.

Quando uma rodovia opera muitas horas, e durante o ano inteiro em Nível de Serviço F, o *headway* médio diminui, e a velocidade de operação cai sensivelmente. É provável que a falta de liberdade imposta aos condutores, aumente a agressividade destes, tornando-os mais inconseqüentes. Pelo menos, isto explicaria em parte o aumento do número de acidentes com o aumento do fluxo.

No entanto, a redução da velocidade, que sob condições normais tem relação inversa com o número de acidentes, nestas condições de congestionamento, só consegue amenizar a severidade das ocorrências, principalmente as colisões. No momento que a operação num trecho de rodovia se aproxima do nível de serviço F, descrito com sendo a pior relação V/C descrita, começam a ocorrer bloqueios parciais ou totais, com congestionamentos que se estendem por várias horas além das horas de pico.

Com isto, há um aumento do número de acidentes, mas, por outro lado, há uma redução da velocidade média operacional, fato que provoca uma diminuição da severidade dos acidentes.

A partir do momento que a operação na rodovia atinge o nível de serviço D, a demanda por ultrapassagem excede a capacidade da via, começam a crescer o número e tamanho dos pelotões. Nestes, os condutores transitam mantendo uma distância menor entre si (*headway* reduzido), aumentando o risco de colisões, principalmente traseiras.

O número de interseções por quilômetro é fortemente relacionada ao número de acidentes, sobretudo em travessias urbanas. O tempo de viagem médio aumenta, sobretudo em rodovias de duas faixas e em períodos de pico, pois a existência de acessos, além de perturbar o fluxo, aumenta a extensão das zonas de proibição de ultrapassagem, e isto tudo leva a um esgotamento prematuro da sua capacidade, induzindo os condutores à irritação e, em alguns casos à direção perigosa.

## **2.13 Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos (Meneses, 2001)**

Este documento trata-se de uma dissertação de Mestrado, na qual o autor apresenta uma proposição para o tratamento de trechos rodoviários 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 na maioria das rodovias.

A pesquisa apresenta os procedimentos metodológicos de análise, diagnóstico e proposição de tratamento de trechos ou segmentos concentradores de acidentes, entre intersecções, com ênfase em soluções de baixo custo, sem, descartar a adoção de soluções de médio custo, dentro da ótica de engenharia de tráfego, integrada com diretrizes de planejamento urbano – uso do solo, nas áreas correspondentes à interface das rodovias com o solo urbano e suburbano de grandes cidades.

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 intersecções (e outros locais específicos como pontes, viadutos, cruzamentos com a via férrea, etc.) e os trechos. Esta desagregação ou divisão do sistema visa agrupá-lo de acordo com seus componentes básicos, proporcionando assim, a estratificação destes dados (agrupamento em conjuntos, de acordo com suas peculiaridades). Dessa maneira, os acidentes que ocorrem dentro de um mesmo componente estão, a priori, relacionados, e pode-se supor que possuem pelo menos uma causa em comum.

### **2.13.1 Etapas da Metodologia**

A metodologia apresentada por Meneses (2001), apresenta quatro etapas principais, as quais estão descritas abaixo e apresentadas na Figura 4.

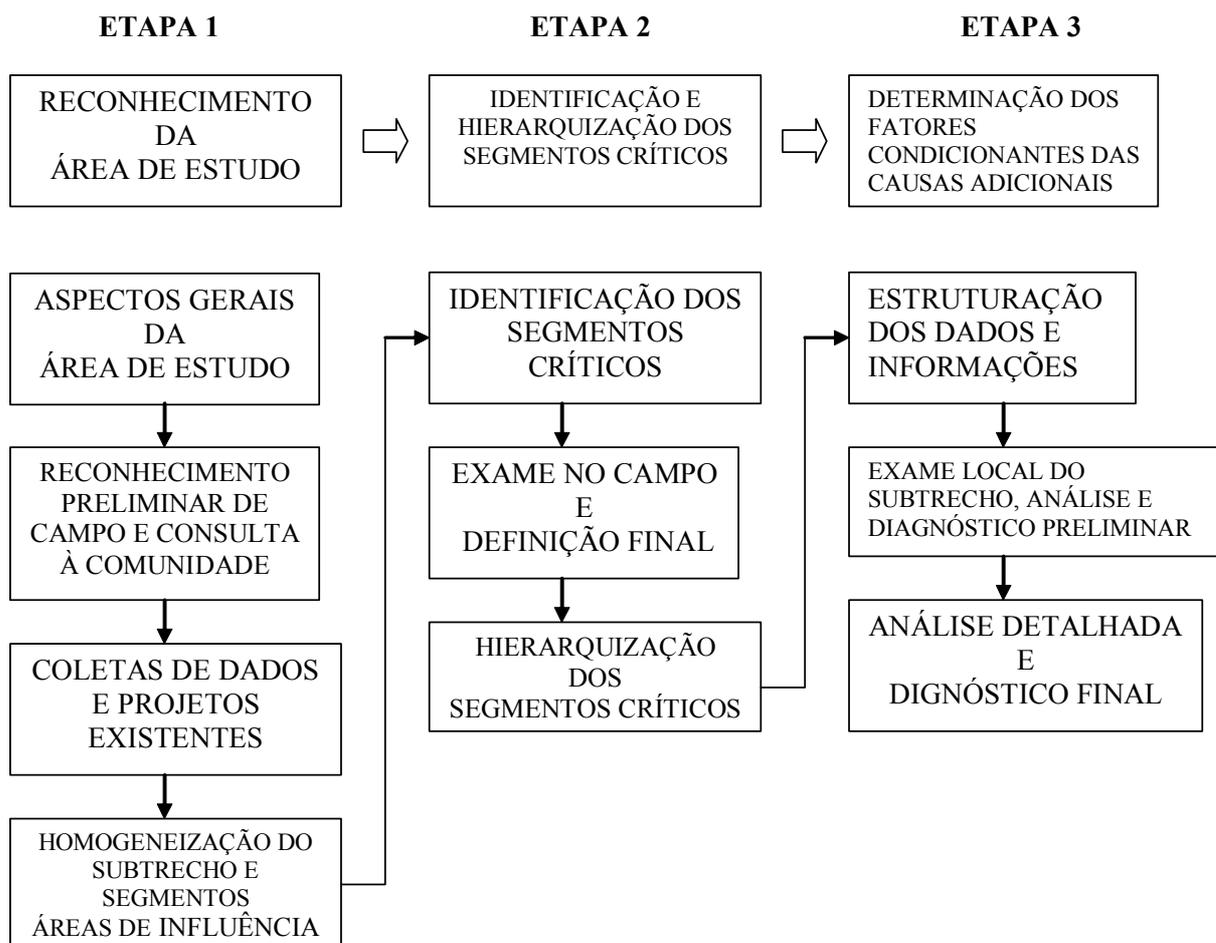


Figura 4. Etapas da Metodologia  
 Fonte: Adaptado de Meneses (2001)

### 2.7.1.1 Etapa 1-Reconhecimento da área de estudo

O reconhecimento preliminar de campo do trecho em estudo tem destacada importância em programas de melhoria das condições de segurança rodoviária. Esta etapa tem como objetivo a familiarização dos técnicos com a área de estudo (via/espaco urbano), por meio da utilização da via na qualidade de motorista ou pedestre, percebendo a forma de operação do tráfego. Nesta fase, é possível a coleta de informações que muitas vezes são omitidas nos registros de acidentes.

Outras informações também relevantes são aquelas colhidas diretamente com os usuários da via, por meio de entrevistas, tendo-se assim diferentes fontes de informações, tais como: informações colhidas com os motoristas, com os pedestres

(idosos, jovens e crianças), com os moradores e comerciantes das áreas lindeiras, etc.

Outro ponto relevante nessa fase é a oportunidade que o órgão responsável tem de informar, preliminarmente, aos usuários em geral, os estudos que pretende desenvolver e, por outro lado, registrar as reclamações e solicitações oriundas do público alvo.

### **2.9.1.2 Etapa 2 - Identificação e classificação dos segmentos críticos**

A dissertação em análise não aplica a seleção preliminar dos segmentos em estudo, a qual é utilizada em muitos modelos que utilizam método da frequência de acidentes com a intenção de reduzir a quantidade de segmentos a serem analisados. Desse modo, selecionam-se os segmentos cuja frequência de acidentes é superior a um limiar crítico determinado e os segmentos que não atendem a esta condição serão previamente rejeitados, mesmo apresentando certo nível de insegurança.

Os pontos destacados a seguir justificam a adoção desta conduta, quais sejam: evita-se o risco de se desconsiderar previamente determinado segmento (ou segmentos) que careça de algum tipo de intervenção (mesmo em longo prazo); e, facilita-se, a análise como um todo de determinados segmentos críticos contíguos. Assim sendo, nenhum segmento será descartado a priori, portanto, todos os segmentos de um ou mais subtrechos homogêneos (pertencentes a uma mesma rodovia) são analisados e classificados a nível preliminar.

Isto poderá apresentar o inconveniente de se ter que analisar um maior número de segmentos inseguros, o que poderá acarretar, conseqüentemente, aumento de trabalho e de tempo. Com base na relação dos segmentos homogêneos, prepara-se uma listagem classificatória, dispostos em ordem decrescente, com base nos seus respectivos “número total de acidentes”. Note-se que, a diferença marcante dessa listagem para a anterior está na localização desses segmentos, pois atende agora a parâmetros intrínsecos de cada segmento homogêneo.

Finaliza-se este estágio confeccionando-se 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.

Este estágio permite ter, a nível preliminar, uma compreensão localizada, bem como geral, do nível de insegurança do subtrecho e, sobretudo, serve para embasar a fase seguinte.

Este estágio caracteriza-se pela identificação dos segmentos rodoviários inseguros. Porém, cabe observar que essa identificação só será confirmada após a realização de uma inspeção de campo. Sendo as equações utilizadas para identificação dos segmentos críticos:

- Momento de tráfego:

$$M_s = VMD \times L_s \times P$$

onde,

$M_s$  - Momento de Tráfego do segmento "s";

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

$L_s$  - Extensão do segmento "s" (Km); e,

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

- Índice de Acidente:

Sabe-se que as diversas categorias de acidentes definidoras do 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). O autor, adota neste estudo o NEAs (com seus respectivos pesos) aplicado pela CET/SP, visto que se ajusta melhor aos procedimentos metodológicos propostos, devido principalmente a dois pontos fundamentais: leva

em conta a análise dos acidentes fatais com ou sem pedestres, além de utilizar uma ponderação baseada em estudos econômicos de acidentes de trânsito registrados em vias urbanas. Dessa forma, determina-se para cada segmento em estudo, seu NEAs por meio da seguinte expressão:

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

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

$$IA_s = \frac{NEA_s \times 10^6}{VMD \times L_s \times P}$$

onde,

AT - atropelamentos

IA<sub>s</sub> - Índice de acidentes do segmento “s”;

NEAs - Número equivalente de acidentes registrados no segmento “s”, no período de estudo;

VMD - Volume médio diário de tráfego do subtrecho (ou do segmento “s”);

L<sub>s</sub> - Extensão do segmento “s” (Km); e,

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

- Índice Médio de Acidentes

É necessário estabelecer também, para o trecho ou subtrecho em análise, o Índice Médio de Acidentes (I<sub>mt</sub>). Este índice representa a razão entre o Número Equivalente de Acidentes (NEA<sub>t</sub>) registrados no trecho ou subtrecho (no período considerado) e seu momento de tráfego (Mt). Note-se também, que aqui não será adotado o Número Total de Acidentes (N<sub>t</sub>) registrados no trecho ou subtrecho, e sim o NEA<sub>t</sub>. Portanto, determina-se o I<sub>mt</sub> por meio da seguinte expressão:

$$I_{mt} = \frac{NEA_t \times 10^6}{VMD \times L_t \times P} \quad \text{onde,}$$

I<sub>mt</sub> - Índice médio de acidentes do trecho ou subtrecho “t” ;

NEA<sub>t</sub> - Número Equivalente de acidentes registrados no trecho ou subtrecho “t” no período de estudo;

VMD - Volume médio diário de tráfego do trecho ou subtrecho;

Lt - Extensão do trecho ou subtrecho "t" (Km); e,

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

- Índice Crítico de Acidentes

Atendendo aos procedimentos em desenvolvimento, somente serão considerados segmentos críticos, aqueles que apresentarem índices de acidentes acima da média do sistema (Imt), estimado por intervalo de confiança. Assim, para cada segmento homogêneo "s", determina-se um Índice Crítico de Acidentes (Ics) ou Limiar Crítico de Acidentes, pois este índice representa um parâmetro acima do qual os acidentes observados num segmento "s", num período considerado, serão provavelmente decorrentes de outros fatores intervenientes (causas intrínsecas à via), além daqueles associados meramente ao acaso (causas transitórias).

Note-se que nesta fase do processo, aplica-se um teste estatístico na determinação de um índice crítico, fundamentado no modelo probabilístico, assegurando deste modo o controle de qualidade da seleção de segmentos críticos. Assim, o Índice Crítico de Acidentes para cada segmento é definido por meio da seguinte expressão:

$$I_{cs} = I_{mt} + Z \times \sqrt{\frac{I_{mt}}{M_s} - \frac{0,5}{M_s}} \quad \text{onde,}$$

Ics - Índice crítico de acidentes do segmento "s";

Imt - Índice médio de acidentes do trecho ou subtrecho "t";

Z - Número de desvios padrões correspondente a um GC (%) adotado; e,

Ms - Momento de tráfego do segmento "s".

- 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 IAs de cada segmento “s” com seus respectivos lcs. Desse modo, os segmentos que tiverem seus IAs  $>$  lcs são considerados segmentos críticos (SC). 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 1, devem ser descartados ou considerados, com vistas às análises posteriores. 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.

Por exemplo, se tomarmos um determinado trecho caracterizado como bastante homogêneo, com relação a suas características geométricas, operacionais, uso e ocupação do solo, provavelmente seus segmentos apresentarão níveis de insegurança muito semelhantes (altos ou baixos). Neste cenário, os índices de acidentes da maioria desses segmentos certamente se situarão em torno da média, muito embora isto não signifique necessariamente que esses segmentos (somente porque não apresentam IAs  $>$  lcs) não tenham um certo nível de insegurança que deva ser considerado.

Portanto, para trechos com alto grau de homogeneidade entre os seus segmentos, que apresentem índices médios de acidentes elevados, deve-se considerar uma avaliação subjetiva da necessidade ou não de submeter os segmentos com  $lmt < IAs < lcs$  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, bem como outros procedimentos pertinentes que se fizerem necessários.

Para tanto, além dos dados e informações já destacados (relativos ao reconhecimento preliminar), recomenda-se a utilização da planilha, que contemple o resumo final dos indicadores de insegurança e outras informações indispensáveis para essa avaliação.

- Hierarquização dos segmentos

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

### **2.7.1.3 Etapa 3 - Determinação dos fatores condicionantes da ocorrência de acidentes e soluções preliminares**

Esta etapa abrange quatro fases, as quais serão descritas a seguir:

Etapa 3.1 Estruturação dos dados: esta etapa é composta dos itens descritos a seguir.

Etapa 3.1.1 Estruturação dos dados dos acidentes: esta etapa é composta dos seguintes itens:

- ✓ elaboração do histórico dos segmento crítico: esta fase é realizada montando-se uma série histórica regressiva, a partir do ano base e em seqüência. Durante a montagem dessa série podem ocorrer as seguinte situações:

### *Situação 1*

O segmento crítico apresenta-se em todos os anos, mesmo que seja com grau de confiança diferente. Nessa condição, considera-se válido o histórico do segmento, ou seja, está pronto para a análise subsequente.

### *Situação 2*

Caso o segmento crítico deixe de aparecer em um determinado ano ou a partir de um determinado ano deve-se adotar os seguintes procedimentos:

- Verificar no cadastro do trecho ou no projeto de engenharia, ou ainda no campo, se houve alguma alteração de marcos quilométricos durante o período de estudo;
  - Caso tenha ocorrido, fazer a correção das quilometragens e prosseguir com a execução do processo; e,
  - Caso negativo, deve-se verificar se o trecho já era fiscalizado (policidado) e se eram feitos, na época, os registros de acidentes.
- ✓ elaboração das condições dos acidentes – diagrama das condições dos acidentes;
- ✓ elaboração do resumo geral com as características do acidente – quadros resumo.

Etapa 3.1.2 Consulta ao vídeo registro;

Etapa 3.1.3 Consulta a relatórios e projetos de engenharia;

Etapa 3.1.4 Síntese das condições do local;

Etapa 3.2 Análise e diagnóstico preliminar

Esta etapa possui por objetivo estabelecer as relações de causa e efeito para um diagnóstico preliminar, isto é um pré-diagnóstico dos fatores e condicionamentos da ocorrência dos acidentes em cada segmento crítico.

Inicialmente propõem-se a análise da evolução histórica de cada segmento crítico, por intermédio do comportamento dos seus respectivos índices de acidentes, observando nos anos anteriores e seu nível de significância. Nessa análise serão observados os seguintes aspectos :

- ✓ Análise 1 - caso o segmento crítico se mantenha com grau de confiança igual ou superior a 95%, durante todo o período referente à série histórica. Neste caso, esse segmento configura-se como extremamente crítico;
- ✓ Análise 2 - a situação em que nos anos da série analisados no sentido crescente, o segmento crítico apresenta-se com graus de confiança gradativamente maiores e no ano base aparece com grau de confiança igual ou superior a 95%. Essa evolução crescente do grau de confiança indica que o segmento vem se tornando cada vez mais inseguro ao longo do período; e,
- ✓ Análise 3 - No caso em que o segmento crítico apresenta-se no ano base e não aparece em um ou mais anos da série (mesmo com grau de confiança de 90%). Nesta situação, deve-se verificar através da documentação do trecho, dados complementares e/ou durante a vistoria e entrevistas, a ocorrência de algum fato que tenha alterado seu nível de segurança, como por exemplo, se houver alguma intervenção no local, qual sua duração e qual a sua influência no comportamento do tráfego naquele segmento, para tê-lo tornado segmento crítico. Mesmo que não se confirme esta situação o segmento é considerado crítico.

Com relação aos índices de mortos e feridos, deverão ser efetuadas análises semelhantes, como também deverão ser observadas a evolução do tráfego e sua composição e estabelecidas às devidas correlações com os diversos índices e características dos acidentes.

### Etapa 3.3 Exame local do trecho ou subtrecho

Essa fase envolve a realização de uma inspeção “in loco” ou vistoria do trecho ou subtrechos, para o levantamento de determinados dados ou informações, que não foram devidamente observados nas visitas anteriores.

### Etapa 3.4 Diagnóstico conclusivo

#### **2.7.1.4 Etapa 4 - Seleção e apresentação de propostas de tratamento.**

Esta etapa final dos procedimentos envolve, fundamentalmente, a tomada de decisão voltada para a seleção das propostas de tratamentos mais adequadas, a qual deve ser fundamentada na busca do equilíbrio de três parâmetros: critérios

técnicos, recursos financeiros envolvidos (ou disponíveis) e o público alvo. Para consecução desta etapa são desenvolvidas as seguintes fases:

- ✓ Seleção preliminar das propostas de tratamento: será realizada a partir das recomendações e informações do diagnóstico final, contando ainda com o auxílio do Resumo da História dos segmentos críticos e, deve-se também qualificar e apontar os resultados esperados. Desse modo, todas as melhorias alternativas consideradas viáveis de implementação são listadas e, hierarquizadas em função dos níveis de insegurança de cada segmento.
- ✓ Apresentação e discussão com a comunidade: não é proposta a realização de audiências públicas. O objetivo principal dessa fase é possibilitar a apresentação e discussão dos critérios de análise e das alternativas propostas, com a comunidade, auxiliando, assim, a equipe técnica a proceder à escolha e consolidar as recomendações finais do estudo, atendendo não só aos critérios técnicos como também aos anseios do público alvo. Pode permitir ainda, o conhecimento de possíveis obstáculos (problemas) a serem vencidos, quando da implementação das intervenções.
- ✓ Proposta final de intervenções de tratamento: lista-se neste item as propostas aprovadas.

### **2.9.2 Algumas Considerações**

Entre as considerações importantes que são apresentadas no decorrer do texto, encontra-se:

- o perigo associado às diferentes situações de tráfego (ou fases), e a respectiva frequência de ocorrência, tem geralmente crescimentos contrários, ou seja, à medida que o comportamento do sistema se aproxima do acidente, a frequência dos acontecimentos tende a diminuir. Simultaneamente, quanto menor o perigo associado a uma situação, maior será a dificuldade de se estabelecer uma relação causal entre as características do comportamento e o risco que lhe está associado.

## **2.10 Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito (CEFTRU, 2002)**

Segundo este documento, nas três últimas décadas, observa-se que as experiências nacionais no tratamento do 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.

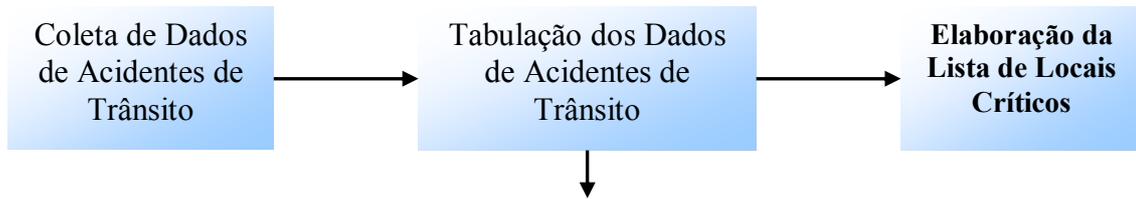
Já os segmentos críticos ou rotas críticas são extensões de vias urbanas ou de rodovias onde ocorrem frequências elevadas de acidentes. Neste caso, cada segmento viário deve ser tratado como um todo, incluindo, muitas vezes, suas áreas adjacentes.

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.

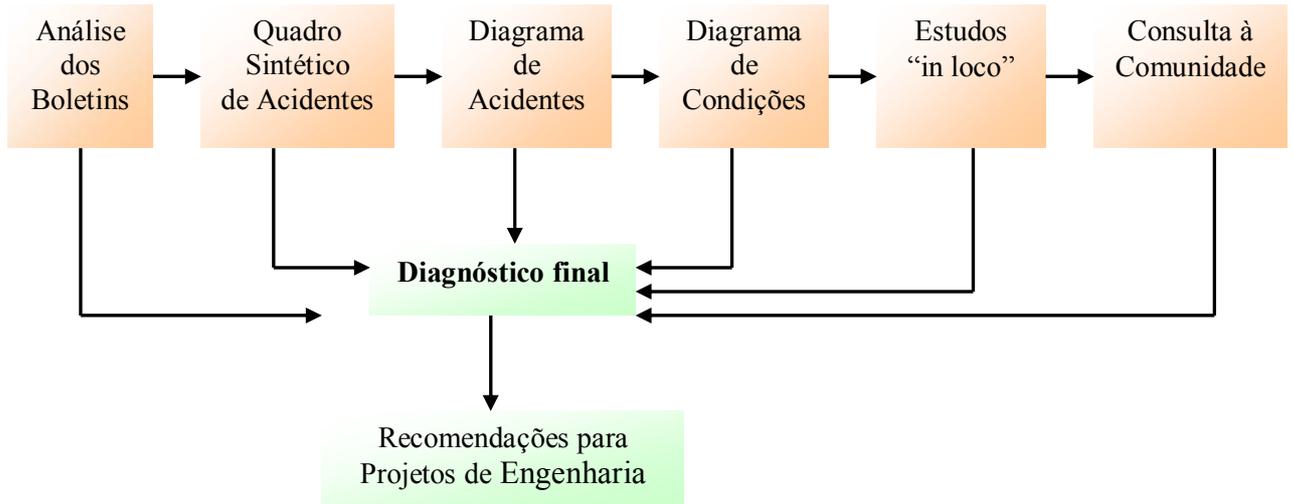
A solução tipo tem como característica a aplicação de medidas de engenharia de tráfego com eficácia comprovada, ou seja, que proporcionam redução no número e/ou na gravidade dos acidentes. Assim, para um determinado tipo de solução, procuram-se na rede viária locais cujas características físicas e operacionais se enquadram no cenário desta e, por conseqüência, possam proporcionar desempenho satisfatório em relação ao alcançado em outras aplicações.

No caso da atuação por tipo de usuário, as medidas preventivas e corretivas concentram-se em um único usuário da via, como por exemplo, ciclistas, motociclistas, escolares e pedestres em geral. Assim, a adoção dessa estratégia geralmente está associada a políticas públicas em favor da segurança de determinada categoria de usuários, em vista da ocorrência de um nível elevado de acidentes envolvendo estes.

## IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS CRÍTICOS



## INVESTIGAÇÃO DOS FATORES CONTRIBUINTES DOS ACIDENTES



## TRATAMENTO DO LOCAL CRÍTICO



Figura 5. Fluxograma da Metodologias Adotada  
Fonte: CEFTRU (2002)

Neste documento, a metodologia propõem a realização de tratamento tendo por base os locais onde ocorrem os acidentes, e apresentando as etapas segundo a Figura 5 e de acordo com os itens descritos a seguir.

### 2.10.1 Identificação de Locais Críticos

A proposta desta metodologia é estruturada com base nos métodos numéricos, mais precisamente nas técnicas da severidade e da taxa de severidade. Esta técnica relaciona a quantidade de acidentes de trânsito com o volume de tráfego em cada local.

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:

$$T = \frac{A \times 10^6}{P \times V} \quad \text{onde,}$$

T = número de acidentes por milhões de veículos;

A = número de acidentes na interseção;

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

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

Para trechos viários:

$$T = \frac{A \times 10^6}{P \times V \times E} \quad \text{onde,}$$

T = acidentes por milhões de veículos x km;

A = número de acidentes no trecho;

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

V = volume médio diário que passa no trecho;

E = extensão do trecho (em km).

Já as taxas das severidades dos acidentes relaciona a quantidade de acidentes expressa em Unidade Padrão de Severidade (UPS), com o volume de tráfego, sendo esta taxa normalmente expressa em *UPS por milhões de veículos* que entram em uma interseção (para o caso de interseções), ou *UPS por milhões de veículos x km* em um trecho de via. As expressões para cálculo dessas taxas são semelhantes às apresentadas para a Técnica da Taxa de Acidentes, substituindo apenas o número de acidentes pelo número de acidentes expresso em UPS.

Número de UPS = Acidentes somente com danos materiais x 1 + Acidentes com ferido(s) x 4 + Acidentes com feridos envolvendo pedestres x 6 + Acidentes com vítima(s) fatal(is) x 13

$$T = \frac{\text{N}^\circ \text{ de UPS} \times 10^6}{P \times V}$$

sendo,

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).

$$T = \frac{\text{N}^\circ \text{ de UPS} \times 10^6}{P \times V \times E}$$

onde,

T = acidentes 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);

Os procedimentos necessários para identificação dos locais críticos podem ser visualizados na tabela abaixo.

Tabela 2. Procedimentos Necessários para Identificação dos Locais Críticos

1° Definir um período para estudo.
2° Identificar os locais onde ocorreram acidentes no período selecionado, indicando o número de ocorrências registradas. 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).
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, 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 da taxa de severidade dos acidentes 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.
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.

Fonte: CEFTRU (2002)

### **2.10.2 Investigação dos Fatores Contribuintes dos Acidentes**

Esta etapa compreende as seguintes etapas:

- ✓ Análise dos boletins e relatórios de ocorrências;
- ✓ Elaboração dos diagramas dos acidentes;
- ✓ Diagrama de condições: consiste em um croqui do local em estudo contendo informações do tipo: largura das pistas de rolamento, das calçadas e do canteiro central; dimensões das ilhas de refúgio de pedestres; localização e dimensões das vagas de estacionamento e de táxi; localização, tipo e estado da sinalização existente; tipo e grau de conservação do pavimento; obstruções laterais; vegetação; localização de postes e de equipamentos urbanos presentes na área de influência;
- ✓ Consulta à comunidade;
- ✓ Entrevista com as partes envolvidas;
- ✓ Estudos in loco;
- ✓ Diagnóstico final.

### **2.10.3 Tratamento do Local Crítico**

Esta etapa é composta das seguintes atividades:

- ✓ desenvolvimento dos projetos conceituais: deverão ser elaborados os projeto conceituais nos quais deve constar um esboço das soluções de engenharia, tendo em vista o conjunto das recomendações para tratamento de um dado local crítico (Anexo 2);
- ✓ seleção dos projetos que deverão receber atenção especial: após a elaboração do projeto conceitual e antes do desenvolvimento do projeto executivo - projeto final de engenharia, deve-se realizar uma verificação do grau de viabilidade econômica dos projetos para fins de estabelecimento de prioridade na elaboração

dos projetos executivos ou mesmo para descarte ou reavaliação de alguns dos casos em estudo;

- ✓ desenvolvimento e implementação dos projetos executivos;
- ✓ avaliação econômica; e
- ✓ monitoramento dos projetos implantados.

## **2.11 Sistemas de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário: O Modelo SGS/TR (Porath, 2002)**

Este documento trata-se de uma dissertação de Mestrado, na qual o autor apresenta um sistema de gerência de segurança para o trânsito rodoviário: o modelo SGS/TR. Sendo que no capítulo 6, na seção 6.4, o autor apresenta o módulo: Seleção de Áreas Críticas a Estudar com Detalhes, o qual será apresentada a seguir.

Segundo este documento as áreas críticas são as áreas da infra-estrutura da rede rodoviária com elevados índices de acidentes de trânsito (principalmente elevados custos sócio-econômicos decorrentes dos acidentes de trânsito). As áreas críticas podem ser subdivididas em áreas críticas pontuais (ou pontos críticos), eixos críticos e regiões críticas.

Segundo o autor, um *ponto crítico* é uma área pontual ao longo de uma rodovia (inclui, freqüentemente, uma extensão de cerca de 300m para o caso de uma rodovia rural e 200m no caso de uma rodovia urbana) que apresenta elevados índices (absolutos ou relativos) de acidentes de trânsito em um dado período de análise. Um *eixo crítico* é um segmento rodoviário que apresenta elevados índices de acidentes de trânsito em um dado período de análise, distribuídos de forma homogênea em quase toda a sua extensão. Um eixo crítico refere-se a um conjunto de pontos críticos sucessivos de uma rodovia; poderá ser, ainda, subdividido em segmentos críticos que freqüentemente apresentam um km de extensão. Uma *região crítica* refere-se a uma parte da rede rodoviária composta por vários eixos críticos interligados.

A fim de selecionar as áreas críticas a estudar, o autor apresenta alguns métodos, os quais se fundamentam explicita ou implicitamente em: índices que representam valores absolutos da ocorrência de acidentes; ou índices que descrevem valores relativos da ocorrência de acidentes; ou uma combinação desses.

Entre as metodologias descritas por este autor pode-se citar, as apresentadas nos itens a seguir.

### **2.9.1 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, principalmente, à 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 preestabelecido.

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

- ✓ um 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
- ✓ um número de acidentes muito elevado, mesmo apresentando baixo risco de acidentes (indicador: n° de acidentes); ou
- ✓ um número de acidentes graves que, mesmo apresentando baixos índices de periculosidade (taxa de acidentes) e de freqüência de acidentes, apresentar graves conseqüências para a sociedade (indicador: % de acidentes com feridos graves).

O método identifica uma área crítica em uma rodovia rural se: o número de acidentes observados exceder um limite preestabelecido; as conseqüências dos acidentes forem especialmente graves; o número de ocorrências de acidentes se

desviarem significativamente do valor esperado (valor médio de ocorrências). Dessa forma, uma área crítica é caracterizada pelo menos através de um dos indicadores: densidade de acidentes, severidade dos acidentes ou risco de acidentes (taxa de acidentes).

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

- ✓ as áreas com quinze ou mais acidentes no total ou dez de um mesmo tipo de acidente;
- ✓ além dessas, as áreas com três ou mais acidentes com vítimas graves;
- ✓ além dessas, as 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 preestabelecido; ou os acidentes resultarem em graves conseqüências para a sociedade.

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

- ✓ apresentarem doze ou mais acidentes no total (ou seis de um mesmo tipo de acidentes);
- ✓ e/ou, o % de acidentes com vítimas graves exceder um % limite previamente estabelecido (que diminui com o número de acidentes).

Dada a limitação da disponibilidade de recursos das agências responsáveis (humanos, financeiros, softwares e equipamentos), é importante que se possa relacionar apenas aquelas áreas críticas que efetivamente poderão ser analisadas com detalhes e desenvolvidas intervenções alternativas e procedidas avaliações pertinentes.

O modelo adotado para a identificação de áreas críticas em rodovias rurais poderá limitar o número dessas áreas 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).

As áreas críticas assim selecionadas deverão ser analisadas com detalhes visando à elaboração e à avaliação de contramedidas alternativas e, se for o caso, à otimização e programação de planos alternativos.

### **2.10.2 Método da VSP - Untersuchungen an Unfalltypensteckkarten (Meeves, 1998)**

Este documento apresenta os resultados das pesquisas realizadas por este 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 do tráfego na rede; e, conseqüentemente, elevados potenciais de segurança (em pequenas partes da rede rodoviária) 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; nesses segmentos ocorre uma grande parcela dos acidentes graves.

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

O método VSP, sugerido pelos autores, prevê a realização das seguintes etapas:

- ✓ determinar os segmentos que contemplam 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 - com mortes e feridos graves - acumulados dos últimos três anos);
- ✓ agrupar os segmentos rurais e as travessias urbanas (de pequenas extensões) 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:
  - a densidade dos custos de acidentes – DCAa (custo anual dos acidentes por km);
  - o grau da insegurança do trânsito dado em função do volume do tráfego, representado pela taxa dos custos de acidentes

$$TCAa = 1000.CA/365.TMD.L.t$$

onde:

CA = custo dos acidentes no período t;

TMD = tráfego médio diário;

L = extensão total do trecho rodoviário;

T = período de análise considerado em anos);

- a composição das ocorrências de acidentes (o conhecimento da distribuição dos perigos do trânsito em função dos tipos e das circunstâncias dos acidentes é importante para a caracterização de peculiaridades e para a escolha das contramedidas corretas para a melhoria dos eixos rodoviários);
- ✓ estimar a evitabilidade de acidentes (potenciais de segurança) representada 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, expressa em custos de acidentes/veículo-km, representa a segurança que é 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: para segmentos rurais de duas faixas de rolamento que variam com o volume de tráfego (TMD); para as vias urbanas diferentemente que nas rodovias rurais de duas faixas de

rolamento, valores de taxas que independem do tráfego, já que o uso do solo das áreas adjacentes, as travessias de pedestres e de ciclistas têm uma influência significativamente maior sobre o valor da taxa de custos de acidentes do que o volume de tráfego.

- ✓ a ordenação dos eixos críticos em função do valor do potencial de segurança poderá estabelecer as prioridades para os estudos detalhados subseqüentes.

A aplicabilidade da densidade evitável dos custos de acidentes (DCAe) para a análise da segurança rodoviária deve-se, principalmente, por se tratar de um indicador expresso em função da extensão e, por conseqüência, permitir sua comparação direta com os custos dos investimentos requeridos.

Os autores recomendam, 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 (assim, por exemplo, áreas com acidentes com pedestres e ciclistas em rodovias rurais – independentemente do valor do VMD – poderão ser identificadas e esses acidentes evitados praticamente na sua totalidade, por exemplo, através da construção de uma faixa de multiuso exclusiva para esses dois tipos de usuários).

A adoção desse método no Estado de Mecklenburg-Vorpommern/RFA demonstrou a sua aplicabilidade para a reavaliação da segurança das rodovias rurais com um custo aceitável e que os indicadores econômicos finais resultantes foram satisfatórios apresentando para mais de 100 km de rodovias federais e estaduais uma relação  $B/C > 3$ , quando tomados como benefícios apenas os valores dos potenciais de segurança e como custos, os investimentos requeridos para a construção de uma rodovia nova. Essas constatações contribuíram para que fosse discutida a aplicação sistemática dos procedimentos de reavaliação da segurança das rodovias para toda a malha rodoviária alemã.

### 2.10.3 Metodologia da GDV/ISK –

Essa metodologia seleciona áreas críticas com o auxílio de mapas eletrônicos de registro de acidentes, separadamente, para: *pontos críticos*; *eixos críticos*; *regiões críticas*. Os *pontos críticos* são identificados tanto nos mapas anuais ou como nos trienais de registro de acidentes. A definição dos pontos críticos passa pelo estabelecimento de índices limites de acidentes, tal 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 3. 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 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
de 3 anos (apenas acidentes com vítimas)	36 meses	5 <sup>(3)</sup>
de 3 anos (apenas acidentes com mortes e feridos graves)	36 meses	3 <sup>(4)</sup>

Fonte: Porath (2001)

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 representadas apropriadamente nos mapas anuais e trienais de registro de acidentes. A tabela a seguir 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. A diferenciação entre categorias de pontos críticos entre leves, graves e mistos poderá ser importante para identificar as contramedidas

apropriadas. Os pontos críticos com acidentes com leves conseqüências, geralmente, necessitam de intervenções imediatas e urgentes. Os pontos críticos com acidentes graves requerem, freqüentemente, além das intervenções imediatas, medidas corretivas subseqüentes.

Tabela 4. Índices Referenciais para a Definição de Categorias de Pontos Críticos

Categoria de Pontos Críticos	Comentários
1. Leve  1.1. = 15 A/a*  1.2. > 15 A/a*	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 conseqüências:  - ponto crítico “normal” da categoria “leve”.  - ponto crítico da categoria “leve” com alta freqüência 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  3.1. = 15 A/a*  3.2. > 15 A/a*	A identificação do ponto crítico decorre de um mapa anual e pelo menos de um mapa trienal de registro de acidentes.  - ponto crítico “normal” da categoria “mista”;  - ponto crítico da categoria “mista” com alta freqüência de acidentes.

Fonte: DEGENER, S. e MEEVES (1998, apud Porath, 2001)

OBS: \* A/a - acidentes por ano.

É freqüente a identificação de um número maior de pontos críticos que se possa estudar simultaneamente. Pode haver 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 (por exemplo, travessias urbanas e rodovias com elementos geométricos e sinalização inadequada). Com o objetivo de se excluir da análise a influência do volume de tráfego na ocorrência de acidentes, essa metodologia propõe analisar com mais detalhes os eixos críticos dos mapas anuais (registros de todos os acidentes) que também forem identificados nos mapas trienais (dos últimos três anos) de registro de acidentes com feridos graves.

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, ao todo três acidentes com feridos graves em três anos de observação, distribuídos de forma homogênea ao longo do trecho. Se tomada a ocorrência de pelo menos um acidente por km, a extensão mínima de um eixo crítico seria de 3 km. No entanto, dadas as freqüentes alterações dos condicionantes construtivos, os eixos críticos de travessias urbanas poderão ter extensões menores que 3 km e, conseqüentemente, densidades de acidentes com feridos graves (acidentes por km) maior que 1.

A tabela a seguir apresenta indicadores referenciais para a identificação de eixos críticos recomendados pela GDV/ISK.

Tabela 5. Valores Referenciais Limites para a Definição de Eixos Críticos

<b>Critérios</b>	<b>Valor Limite</b>
*A/3 anos	3 acidentes com feridos graves
*A/ km em 3 anos (densidade)	1 acidente com ferido grave
Distribuição dos acidentes com feridos graves (dos 3 anos)	Homogênea ao longo do segmento

Fonte: DEGENER, S. e MEEVES, V. (1998, apud Porath, 2001)

OBS: \* A – acidente com feridos graves (inclusive mortes).

Para a ordenação dos eixos críticos identificados e que deverão ser analisados prioritariamente, recomenda-se adoção da densidade de acidentes com feridos graves (inclusive mortes).

As *regiões críticas* referem-se às partes da rede viária cujos trechos rodoviários apresentam elevados índices de acidentes em um período de análise. Nas áreas urbanas, essas regiões poderão identificar, por exemplo, áreas residenciais com segurança de trânsito deficitária. 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 preestabelecido (por exemplo, 1 acidente c/ vítimas por km em 3 anos) para a grande parte dos segmentos que a integram. A densidade de acidentes com vítimas (DAv) é calculada pela equação:

$$DAv = Av/L.t \quad \text{onde,}$$

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

L - extensão total do trecho rodoviário;

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

O critério “densidade de acidentes com vítimas” também é adotado para a priorização das regiões que deverão ser estudadas com detalhes. Estudos subseqüentes detalhados nas áreas críticas deverão ser realizados sempre que os valores limites estabelecidos forem ultrapassados. Esses estudos requerem visitas às áreas críticas e resultarão na elaboração de várias alternativas de intervenção potencialmente comprovadas para a redução de acidentes.

## **2.11 Manual Teórico Prático – Medidores Eletrônico de Velocidade – Uma visão da Engenharia para Implantação (Brandão, 2006)**

Este documento apresenta um método racional para o tratamento de locais críticos em acidentes de trânsito por excesso de velocidade, como roteiro para a

tomada de decisões com vistas à redução e prevenção de acidentes com vítimas, especialmente as graves e fatais.

Deste modo, o método proposto baseia-se no princípio de que a velocidade veicular excessiva aumenta a frequência de acidentes porque reduz o tempo disponível para decidir a manobra correta a uma dada distância e aumenta o tempo ou a distância necessária para executar a manobra evasiva (parar ou simplesmente reduzir a velocidade do veículo, desviar de obstáculos ou de conflitos com pedestres, ciclistas,...). A velocidade torna também mais provável o atingimento do limite de resistência do pavimento contra derrapagem ou o limite de estabilidade dos veículos contra tombamento, nos acidentes em curva (especialmente no caso de veículos pesados).

Além disso, existe outro aspecto importante: a probabilidade de perda de controle do veículo aumenta conforme a velocidade empreendida seja em uma situação que exija uma manobra evasiva emergencial, ou diante de um evento inesperado que produza um curso de colisão ou que retire o veículo do seu curso normal na via.

Segundo este autor, vários estudos já demonstraram a relação existente entre a velocidade, a incidência e a gravidade dos acidentes. Entre os estudos apresentados no manual em questão, pode-se citar:

- ✓ Velocidade de impacto de gravidade dos acidentes: esta pesquisa foi desenvolvida pelo departamento britânico, e comprovou a relação existente entre a velocidade de impacto e a gravidade das lesões, conforme se pode observar na tabela abaixo.

Tabela 6. Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões

Velocidade de Impacto (km/h)	Vítimas Fatais (%)	Feridos (%)	Ilesos (%)
32	5	65	30
48	45	50	5
64	85	15	-

Fonte: U.K.Department of Transport: Traffic Calming Regulation, Traffic Advisory Leaflet 7/93, 1993 (apud Brandão, 2006)

- ✓ Mudança de velocidade no momento do impacto: esta pesquisa foi desenvolvida por Bowie e Waltz em 1994, e concluiu que a possibilidade de ferimentos em um acidente depende da mudança a velocidade (delta V) no momento do impacto, conforme se pode observar na tabela abaixo.

Tabela 7. Possibilidade de Ferimentos dos Ocupantes pela Variação na Velocidade no Momento do Impacto (delta V)

delta V (Km/h)	Ferimento Moderado (%)	Ferimento Grave (%)
1-16	4.5	1.0
17-32	10.6	2.6
33-48	29.2	11.1
49-64	53.4	27.9
65-80	67.2	40.6
80+	69.3	54.3

Fonte: Fonte: Bowie Jr., N.N., Waltz, M. "Data Analysis of the Speed-Related Crash Issue", Auto and Traffic Safety, vol.2, winter, 1994 (apud Brandão, 2006).

- ✓ Relação entre risco relativo de acidentes e velocidade praticada: o resultado desta pesquisa desenvolvida por Kloeden, McLean, Moore e Ponte em 1997, pode ser apresentado através do gráfico apresentado abaixo, o qual demonstra que o risco de acidentes mostrou-se aproximadamente constante até 60 km/h e, após, cresceu exponencialmente.

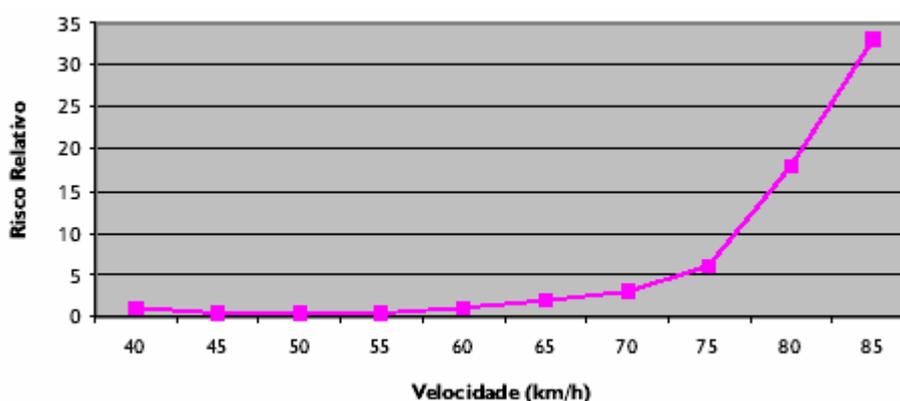


Gráfico 1 Risco de Ocorrência de Acidentes em Função da Velocidade na Via

Fonte: Kloeden, C.N.; McLean, A.J.; Moore, V.M.; Ponte, G. Travelling Speed and the Rate of Crash Involvement. Report CR 172, Volume 1 (Findings), Federal Office of Road Safety, Canberra, Austrália, 1997 (apud Brandão, 2006)

## 2.10.1 Metodologia Proposta

O método proposto para redução e prevenção de acidentes de trânsito por excesso de velocidade é o método dos cenários de risco, o qual é composto das etapas descritas nos itens a seguir.

### 2.10.1.5 Reconhecimento dos Cenários de Risco

Nesta etapa busca-se identificar as características do local, observando seu entorno e verificando a incompatibilidade de uso da via e sua ocupação lindeira, ou outros componentes físicos e ambientais que possam contribuir para ocorrência de Acidentes de Trânsito por excesso de velocidade (ATEV).

Deve-se proceder a análise das condições tipificadas por meio da tabela 8, para reconhecimento das situações de riscos potenciais de ATEV. Essas condições da via e do entorno, uma vez reconhecidas, definem os Cenários de Risco para a área de estudo.

Tabela 8 Tipificação dos cenários de risco

Cód.	Cenários de Risco
1	Via de trânsito rápido ou arterial com forte presença de edificações comerciais ou de serviços
2	Via de trânsito rápido ou arterial com presença de pólo gerador de viagens a pé ou rotas de pedestres
3	Via de trânsito rápido ou arterial com presença de pólo gerador de viagens pelo modo bicicleta ou rotas de ciclistas
4	Via arterial ou coletora com presença de escolas e rotas de pedestres
5	Via arterial ou coletora com presença de escolas e rotas de ciclistas
6	Via local central (centro de negócios) com indevido tráfego de passagem

Continuação Tabela 8 Tipificação dos cenários de risco

Cód.	Cenários de Risco
7	Via local com indevido tráfego de passagem em função de nova ligação por ela propiciada (via em processo de alteração de sua função)
8	Trecho rodoviário com rotas de pedestres, nas proximidades de interseção com ou sem semáforo
9	Trecho rodoviário com rotas de ciclistas, nas proximidades de interseção com ou sem semáforo
10	Via de trânsito rápido ou arterial com entrada/saída de pólo gerador de tráfego em trecho com restrição de visibilidade (curvas horizontais, verticais etc.)
11	Via de trânsito rápido ou arterial com entrada/saída de pólo gerador de tráfego com ausência de <i>taper</i> de transição de acesso-egresso
12	Via arterial em trecho sem ocupação do solo lindeiro
13	Via arterial semaforizada com trechos extensos entre cruzamento (400 a 500m)
14	Cruzamento ou trecho rodoviário de acesso a área urbana nas proximidades de interseção semaforizada ou não, com forte presença de veículo de cargas na rodovia
15	Via de trânsito rápido, arterial ou rodovia, apresentando parâmetros físicos incompatíveis com a segurança local (raios de curvas, sobrelargura, sobrelevação insuficientes)
16	Via de trânsito rápido, arterial ou rodovia, apresentando defeitos no pavimento ou drenagem deficiente
17	Trecho rodoviário, via de trânsito rápido ou arterial durante grandes eventos ou picos de temporadas

Fonte: Brandão (2006)

Entre os procedimentos a serem adotados para reconhecimento dos cenários de risco, encontram-se os descritos na tabela 9.

Tabela 9. Procedimento para Identificação dos Cenários de Risco

<b>Passo</b>	<b>Descrição do Procedimento</b>	<b>Instruções Complementares</b>
1	Preparar mapa da cidade ou área de estudo em escala 1:10.000, contendo arruamento e nome das ruas somente.	Intitular: Mapa 1 - Reconhecimento dos Cenários de Risco.
2	Identificar rede estrutural de vias, destacando os trechos viários por função, incluindo apenas as vias de trânsito rápido, arteriais e coletoras.	Consultar caracterização da função viária apresentada neste capítulo.
3	Alocar em mapa preparado no item 1 as vias estruturais da cidade, distinguindo suas funções por cores diferentes (preferencialmente cores fortes).	Convenção proposta:  trânsito rápido  arterial  coletora
4	Identificar e localizar no mapa os pólos geradores de tráfego da cidade.	Consultar item “b” da página 53; Utilizar o seguinte símbolo: 
5	Identificar e destacar no mapa edificações geradoras de viagens a pé.	Consultar item “d” da página 53; Utilizar o seguinte símbolo: 
6	Identificar e destacar no mapa trechos viários com quantidade significativa de edificações geradoras de viagens a pé.	Utilizar tracejado na cor vermelha: 
7	Identificar e destacar no mapa as rotas de pedestres nas proximidades de pólos geradores de viagens a pé.	Utilizar tracejado na cor vermelha: 
8	Identificar e destacar no mapa as rotas de ciclistas nas proximidades de pólos geradores de viagens pelo modo bicicleta.	Utilizar tracejado na cor azul: 
9	Identificar e localizar no mapa centros de negócios, parques industriais e indústrias de grande porte.	Hachurar a área correspondente com a cor vermelha.

Continuação Tabela 9. Procedimento para Identificação dos Cenários de Risco

Passo	Descrição do Procedimento	Instruções Complementares
10	Levantar os processos administrativos referentes à solicitação e reclamações da comunidade, e de denúncias pela imprensa de locais com periculosidade no trânsito, e indicar os locais no mapa.	Utilizar o seguinte símbolo: 
11.	Levantar informações sobre construção de novos pólos geradores de tráfego e de mudança de uso em edificações independentemente do porte, e indicar os locais no mapa.	Utilizar o seguinte símbolo: 
12.	Proceder ao reconhecimento e representação gráfica dos cenários de risco mediante a análise dos dados representados no Mapa 1 e das situações apresentadas no Quadro 1.	Anotar o código identificador do Cenário, conforme Quadro 1. Representar graficamente cada Cenário através de seu código, como por exemplo:  (Cenário de Risco 7)

Fonte: Brandão (2006)

### 2.10.1.6 Hierarquização dos Cenários de Risco

A hierarquização dos cenários de risco deve ser iniciada pela identificação dos locais críticos (LCs) em ATEV. Examinam-se os dados disponíveis sobre acidentes de trânsito para a área de estudo, para elaboração de mapas de dados, considerando um período de referência para análise.

Os procedimentos para a identificação dos locais críticos são descritos a seguir:

- ✓ Obtenção das informações básicas: refere-se ao levantamento de dados de ATEV, ou seja, aqueles que resultaram em feridos graves e, especialmente, em

vítimas fatais, uma vez conhecidas as relações entre velocidade e severidade dos acidentes;

- ✓ Cálculo do peso dos acidentes por tipo de lesão e local: deve-se codificar os dados levantados e calcular o peso dos acidentes em função do total de acidentes por tipo e severidade da lesão. As operações baseiam-se no “critério da ponderação da gravidade do acidente: os acidentes com feridos graves possuem fator de ponderação 1 e os com vítima fatais fator 3;
- ✓ Totalização dos pesos dos acidentes por LC: os pesos por tipo de lesão atribuídos a cada acidente devem ser totalizados para cada local crítico;
- ✓ Representação gráfica dos dados e elaboração de mapas: os pesos totalizados para cada local crítico devem ser alocados em mapa da área de estudo preparado previamente, exatamente sobre o local de sua ocorrência. A verificação dos pesos dos acidentes totalizados por local sobre o mapa possibilita classificar esses LC por severidade, permitindo priorizar o atendimento aos locais que apresentam maior gravidade e, portanto, exigem urgência de tratamento;

#### **2.10.1.7 Tratamento dos Cenários de Risco**

Nesta etapa de tratamento dos locais críticos, definem-se níveis de velocidade compatíveis para zonas especiais de velocidade, seguidos da seleção, projeto e implantação do equipamento adequado às situações de conflito que compõem os cenários identificados.

#### **2.10.1.8 Avaliação de Desempenho dos Medidores Eletrônicos de Velocidade**

A sistemática avaliação técnica e econômica dos equipamentos medidores de velocidade permite constatar parâmetros de desempenho dos equipamentos para análise e verificação dos resultados esperados. Em casos de discrepâncias entre os índices obtidos e os esperados, o processo deve ser revisto.

O fato de o método dos cenários de risco estar focado no tratamento de locais onde a principal causa do acidente de trânsito é o excesso de velocidade implica em procedimentos internos diferentes dos envolvidos em programas de tratamento de pontos críticos, trata-se portanto de um programa de ações ou soluções típicas.

### **3 Metodologias Internacionais para Tratamento de Locais Concentradores de Acidentes**

Entre as metodologias nacionais para tratamento de locais concentradores de acidentes, encontram-se as descritas nos itens a seguir.

#### **4.1 Transportation and Traffic Engineering Handbook (Baerwald, 1976)**

Neste livro, o tratamento dos acidentes de trânsito é apresentado no capítulo 9, o qual é intitulado de Traffic Accident Analysis. 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.

Como nosso interesse situa-se na definição dos locais concentradores de acidentes, ira-se neste trabalho apresentar somente a análise de acidentes em locais específicos, a qual é proposta por esta metodologia.

É de conhecimento geral, a consideração de que os acidentes ocupam localizações particulares, as quais possuem características similares. Deste modo, o propósito do estudo apresentado neste capítulo do livro é buscar a prevenção da morte em acidentes nestes locais estudados e avaliados.

Os esforços para reduzir os acidentes com relação à localização envolvem cinco aspectos:

1. Seleção da localização de estudo;
2. Determinação de como podem ser realizados melhoramentos na localização estudada;
3. Estimação dos custos e benefícios das melhorias comparando o custo da melhoria com o valor economizado com a prevenção destes;
4. Seleção e localização das melhorias;
5. Determinação do sucesso da melhoria após sua implantação.

Os dois métodos para medir o risco e a localização que podem ser utilizados são: número de acidentes (ou de envolvimento) e a taxa de acidentes. O número de acidentes é um método simples, no qual os locais são ranqueados de acordo com o número de acidentes ocorridos em certos locais para um mesmo período, usualmente um ano.

O simples ranking do número de acidentes é muito pouco para realizar algum tipo de explanação, pois, o número de acidentes nas seções possui uma pequena significância a menos que todas as seções sejam de mesmo comprimento. Se as seções não possuem o mesmo comprimento, os acidentes/milha são usados no lugar do número de acidentes.

Contudo, o ranking do número de acidentes possui desvantagens. Por exemplo, locais com poucos acidentes e que com melhoramentos baratos poderiam ser verificadas correções de grande eficiência estão bem abaixo na lista, podendo deste modo não estar no campo de ação. Além disso, em rodovias muito extensas, existem muitos lugares com número de acidentes muito próximos, dificultando a determinação dos locais que deveriam receber primeiramente os melhoramentos.

Por outro lado, o método da taxa ou risco de acidentes é o método mais utilizado para elaborar o ranking dos locais concentradores de acidentes, o que propicia que lugares que possuem muitos acidentes sejam analisados antes, devido a esse perigo.

O risco ou o perigo pode ser expresso por uma taxa de acidentes, a qual é determinada dividindo-se pelo tempo, o número de acidentes ocorridos em um determinado lugar em um mesmo período. Como os acidentes são eventos raros, a taxa de acidentes é uma pequena fração decimal e para facilitar o entendimento, esta taxa é multiplicada por milhões, assim, a citação dos acidentes é relacionada para milhões de usuários.

Contudo, para quantificação são necessárias três espécies de taxas: uma para junções e duas para seções da rodovia. O formato ( $R_j$ ) 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 (Rs). As equações para essas três taxas, são assim definidas:

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

$$R_m = \frac{365A}{TL}$$

$$R_s = \frac{A \times 10^6}{TVL}$$

R<sub>j</sub> = 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<sub>1</sub> = Média anual do tráfego em uma junção (n = número de junções).

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

R<sub>s</sub> = 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.

Segundo este estudo, são muitos os fatores que contribuem no risco de um local. Os mais importantes, são:

1. Características físicas, como por exemplo: as vinculadas com a geometria e o design; as distâncias aos sinais; a existência de aparelhos de controle e obstáculos na margem da pista, etc;
2. Uma direção ou duas direções de movimento de tráfego e existência de movimentos semelhantes a retorno;
3. Velocidade;

4. Qualidade de direção (vinculada à capacidade do motorista);
5. Característica e desempenho dos acidentes;
6. Volume de tráfego.

Contudo, o risco não é diretamente proporcional ao volume e por causa deste fato, as taxas são induzidas a eliminar a variável volume de tráfego na avaliação do risco, assim, o último fator da lista necessita ser explicado.

Para simplificar esta situação, é usual assumir que no local, não há intersecções, não há pedestres, ciclistas ou qualquer tipo de retorno de movimento, não há motoristas pagos e também nenhum veículo cruzando a rodovia. Assim, a chance de um veículo em todo o comprimento colidir com outro veículo é proporcional ao tempo que os veículos bloqueiam o tráfego cruzando a rodovia.

Esse tempo vai ser incrementado na mesma proporção do volume de tráfego cruzando a rodovia. Se o volume de cruzamento em rodovias dobrar, a chance de colisões dobra. O mesmo é verdadeiro para veículos em todo o comprimento e nas intersecções. Desta maneira, o risco ou o perigo de colisão para cada unidade de tráfego entre as intersecções, depende do volume de tráfego que cruza por esta. Se o tráfego que cruza é grande, a chance de uma colisão é infinita.

Por outro lado, o numerador da taxa de acidentes representa o risco de se estar usando um local, que nada mais é do que o número de envolvimento, ou seja, o número de veículos, motoristas, ciclistas e pedestres envolvidos em acidentes em um determinado local durante um período considerado. O denominador pode ser o número de usuários (veículos automotores, ciclistas e pedestres) para um mesmo local no mesmo período. Na prática, para proposições e estabelecimento de prioridades no estudo de acidentes em determinados locais, as taxas de acidentes são simplificadas. No numerador é utilizado o número de acidentes e no denominador é utilizado o número de veículos automotores desconsiderando o número de pedestres e ciclistas.

O volume de tráfego é derivado da média anual diária de tráfego. Para intersecções, o número diário local estimado é a média da soma dos volumes médios diários de todos os segmentos que desembocam na intersecção.

Uma vez que o local tenha sido avaliado ou ranqueado em termos do perigo, alguns sistemas ou métodos são considerados para selecionar o primeiro a ser estudado. Três métodos são descritos a seguir.

- Método do Número de Acidentes

Por este método, o número de acidentes é um limitador, especialmente em pequenas jurisdições onde o número total de locais estudados não é grande.

- Método do Número de Taxa Combinada

Este método é usual para estados extensos ou para grandes redes de rodovias, onde inúmeros locais possuem o mesmo número de acidentes. Sendo também muito utilizado para intersecções. O primeiro limitador é originado do número de envolvimento nos locais selecionados e o segundo tem como base a taxa de envolvimento nestes locais. Deste modo, dois locais que possuem o mesmo número de envolvimento são diferenciados pela taxa destes e o que possui um risco maior é o preferencial para estudo.

Locais com grandes números de acidentes e locais com diferentes tipos de perigo, podem ser tratados separadamente. Seções de freeways não podem ser agrupadas com seções de rodovias menores, do mesmo modo, intersecções urbanas não podem ser agrupadas com intersecções rurais.

O número de envolvimento e a taxa por milhões de veículos são computadas para todas as intersecções. Os envolvimento por milha e a taxa por milhões de veículos milha são computadas para cada seção. Deste modo, para cada tipo de perigo ou para cada grupo de locais o número médio ou a taxa de envolvimento são computadas.

- Método do Controle de Qualidade

Este método é adaptado da indústria. Sendo o principal método para seções em rotas rurais com volumes de tráfego uniformes, sendo também utilizado nas

intersecções ou para grupos de locais com características similares. A taxa crítica é calculada para cada local baseada na média de todos os locais dentro de um grupo.

A equação para cálculo da taxa crítica da seção é a seguinte:

$$R_c = R_a + k\sqrt{\frac{R_a}{M}} + \frac{1}{2M} \quad \text{onde,}$$

R<sub>c</sub> = taxa de acidentes crítica para seção.

R<sub>a</sub> = taxa média de acidentes para todas as seções em um grupo de acidentes por milhões de veículos milha km.

M = Milhões de veículos milha ou veículos km para seção.

K = Constante de probabilidade.

É sugerido o valor 1,5 para a constante de probabilidade k. Um menor valor tende a dar mais seções fora de controle e também uma maior lista de seções a serem estudadas, por outro lado, para incrementar a probabilidade desta taxa é preciso aumentar a taxa de ocorrência.

A mesma equação pode ser usada para intersecções. Então, R<sub>a</sub> é a taxa média de acidentes em milhões de veículos, entretanto em todos os grupos de intersecções, e M é o número de veículos entrando na particular junção.

Para as séries de seções em uma rota, a taxa média para todas as seções e a taxa crítica para cada seção pode ser apresentada graficamente, como na Figura 6. Os pontos 1, 2, 3, etc. são as taxas atuais. Os valores críticos são apresentados abaixo da seção a fim de permitir o controle.

Contudo, o método de controle de qualidade para seções ou intersecções com muitos ou poucos acidentes deve ser evitado. Assim, é proposto que seções com menos do que sete acidentes sejam combinadas com as seções adjacentes, nas quais há a ocorrência de menos acidentes. Isto é verificado para seções para 5 e 6, que pode ser verificado na tabela 10. Se a seção possui mais de 30 acidentes, deve-se dividir em 2 seções para proposições de controle de qualidade.

Tabela 10. Dados e Índices dos Acidentes para cada Seção

Número da Seção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total	média
<b>Dados Base</b>												
Comprimento em milhas ou km	2,5	3,2	2,8	5	1	1,4	3,3	4	2	3	28,2	2,8
Volume Médio Diário x 10 <sup>^2</sup>	40	36	35	30	28	28	25	23	20	22	-	-
Acidentes	23	12	10	7	2	5	7	9	15	8	98	9,8
Envolvimentos	40	21	16	14	4	8	13	16	24	10	166	16,6
Mortos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,1
Feridos	5	2	2	0	0	0	0	2	3	2	16	1,6
Sem Vítimas	19	10	8	7	1	5	7	8	12	7	84	8,4
<b>Taxas</b>												
Acidentes por milha	9,2	3,75	3,57	1,4	2	3,57	2,12	2,25	7,5	2,67	-	3,5
Envolvimentos por milha	16	6,56	5,71	2,8	4	5,71	3,94	4	12	3,33	-	5,9
Veiculos milha (km) x 10 <sup>^-6</sup> = M	3,65	4,2	3,58	5,48	1,02	1,43	3,01	3,36	1,46	2,41	29,6	2,96
Custo estimado x 10 <sup>^-3</sup>	25,74	11,4	10,48	3,22	82,46	2,3	3,22	10,48	15,72	10,02	175,04	17,5
Taxa de Acidentes, Rs	6,3	2,86	2,79	1,28	1,96	3,5	2,33	2,68	10,27	3,32	-	3,3
Taxa de Envolvimentos Rs	10,96	5	4,47	2,55	3,92	5,59	4,32	4,76	16,44	4,15	-	5,6
Límite de Controle Rc	4,88	4,76	4,89	4,57	5,25	5,05	4,95	5,91	5,28	-	-	-
<b>Ranking Para</b>												
Acidentes	1	3	4	7	10	9	8	5	2	6		
Envolvimentos	1	3	4	6	10	9	7	5	2	8		
Custos	2	4	5	8	1	10	9	6	3	7		
Acidentes/mi (km)	1	3	4	10	9	5	8	7	2	6		
Envolvimentos/mi (km)	1	3	4	6	10	9	7	5	2	8		
Taxa de acidentes	2	5	6	10	9	3	8	7	1	4		
Número da taxa selecionado	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0		
Fora do controle	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0		

Fonte: Baerwald (1976)

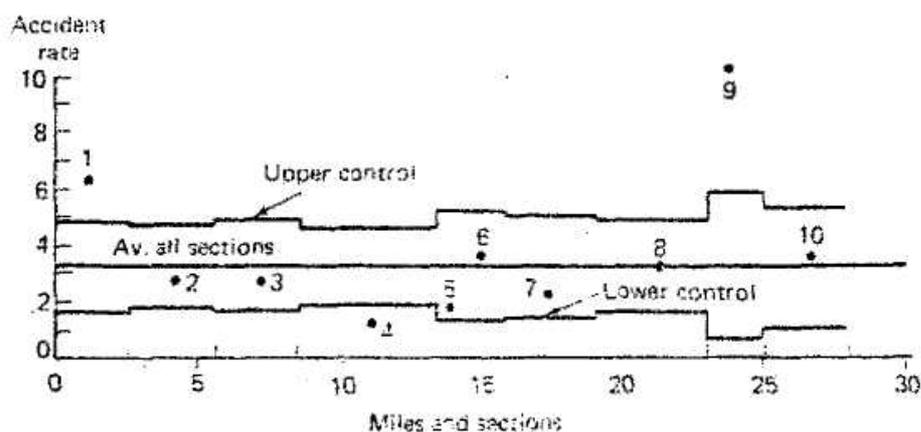


Figura 6. Representação das Seções

Fonte: Baerwald (1976)

## 4.2 Traffic Engineering ( McShane e Roess, 1990)

Neste livro, o tratamento dos acidentes de trânsito é apresentado no capítulo 8, o qual é intitulado de Accident Studies. Os autores sugerem que sejam obtidas as seguintes informações para que se consiga fazer uma boa análise sobre os acidentes ocorridos:

- ✓ Identificação dos locais com elevado número de ocorrências de acidentes;

- ✓ Detalhes funcionais do local para que se possa descobrir as causas que contribuíram para estas ocorrências;
- ✓ Desenvolvimento de medidas estatísticas gerais com vários relatos sobre a ocorrência de acidentes, para tentar descobrir tendências introspectivas, fatores causais comuns, perfil dos motoristas, entre outros;
- ✓ Desenvolvimento de procedimentos que possibilitem a identificação dos riscos diante do grande número de ocorrências.

#### **4.3 Highway Safety Guidelines: Accident Reduction and Prevention (IHT , 1990)**

Segundo este documento, os dados necessários para identificação dos segmentos são classificados nos seguintes grupos:

- ✓ Descrição básica do acidente: referência, severidade, número de veículos envolvidos, número de vítimas, data e hora, localização, fatores contribuintes (se fornecidos por pessoal especializado), manobras e movimentos;
- ✓ Tipo da via: classe e número da via, tipo da via e número de faixas, limite de velocidade, tipo de inserção e controle;
- ✓ Fatores ambientais: condições de luminosidade, tempo condições do pavimento, condições especiais, perigos na via, fatores do veículo, tipos de veículos, posição do veículo, localização da interseção, derrapagem e colisão com obstáculo;
- ✓ Fatores do motorista: idade e sexo, nível de embriaguez, fuga do motorista;
- ✓ Detalhes do acidente: tipo de usuário, severidade do ferimento, localização e movimento dos pedestres, motorista em treinamento, fatores da via, geometria (curvatura, largura, intersecções), pavimentação (tipo de textura do pavimento), sinalização (iluminação, sinais, marcação), limites de velocidade, obstáculos na estrada (postes, árvores, defensas, bancos) e uso do solo lindeiro;
- ✓ Características do tráfego: fluxo (por direção e classe do usuário, inclusive fluxo de pedestres), composição, velocidade, afastamento entre veículos (brechas) e atrasos.

Os programas de incremento a segurança rodoviária envolvem estudos e procedimentos que visam à identificação dos locais problemáticos e diagnóstico para definição e avaliação de medidas de tratamentos, desenvolvendo-se, geralmente, conforme as seguintes etapas:

- ✓ Coleta dos dados necessários – a coleta e o armazenamento de dados básicos de acidentes, do tráfego e das condições físicas, operacionais e características geométricas das vias;
- ✓ Identificação de áreas problemáticas e/ou locais (trechos, subtrechos e segmentos)- dados dos acidentes, recuperados por via (local, classe, área e condições de tráfego).
- ✓ Listagem dos locais problemáticos por técnicas numéricas e/ou estatísticas, para dar uma visão da situação dos acidentes e estabelecer as prioridades tanto para a investigação direcionada para a aplicação de contramedidas, como para a pesquisa;
- ✓ Diagnóstico dos problemas - observação local, estudo de conflitos, amostragem local; estudo detalhado dos relatórios para informações adicionais sobre os locais; determinação dos fatores relevantes para os acidentes como uma orientação na determinação de possíveis medidas corretivas e identificação dos fatores dominantes da via e reconhecimento de correlações; e,
- ✓ Proposta e avaliação de medidas de tratamento - determinação da gama de medidas que podem influenciar os fatores dominantes e da via; avaliação econômica de benefício/custo e seleção das medidas a serem implementadas.

Considera-se, portanto, essas quatro etapas como os estágios sucessivos do processo de coleta de dados, análise, diagnóstico e proposição de ações que podem ser aplicadas como medidas adequadas para corrigir ou minimizar o problema.

#### **4.4 Traffic Engineering Handbook (Pline, 1992);**

Neste livro, o tratamento dos acidentes de trânsito é apresentado no capítulo 4, o qual é intitulado de Traffic Accident and Highway Safety.

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 nas rodovias e ruas. No nível mais elevado, os dados são compilados nacional e internacionalmente para desenvolver medidas comparativas a fim de caracterizar a segurança, e o desempenho das rodovias em função das características destas, bem como dos veículos, ou motoristas, os quais contribuem para causar ou reduzir acidentes.

Estas análises podem ser usadas para desenvolver prioridades para fundamentar e implementar medidas técnicas para melhorar a segurança, tal como as escolhas operacionais. Esses dados são essenciais para propor e avaliar os efeitos de várias escolhas implementadas para melhoria da segurança. Análises semelhantes são feitas para desenvolver um melhor entendimento, por exemplo, os efeitos da segurança são uma forma de controlar o tráfego dentre outras.

A segunda 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 e os efeitos contra-medidas, e para monitorar os efeitos das melhorias na segurança. As análises técnicas, neste caso, são bastante diferentes, dependendo menos do desenvolvimento das relações estatísticas e mais de um entendimento do tráfego e condições ambientais de cada local o qual pode estar ligado às causas dos 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 (intersecções, duas faixas de rodovia, quatro faixas de rodovia, etc.) e têm similares volumes de tráfego (uma medida e exposição ao risco de acidente). 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).

Várias técnicas são avaliadas para identificar tais localizações. Muitas destas técnicas usam métodos estatísticos com uma “tela” ou “peneira” para reter somente aquelas localizações com maior número esperado de acidentes ou percentagem de

acidentes. O cálculo da percentagem crítica de acidentes depende da média percentual dos acidentes dos locais da rodovia que são considerados.

### 3.4.1 Cálculo das Percentagens de Acidentes

As percentagens dos acidentes são, normalmente, consideradas as melhores medidas do risco de acidentes, pois leva em conta diferentes fluxos de tráfego. A equação padrão para calcular a percentagem de acidentes é:

$$\text{Percentagem} = \text{número de acidentes/exposição}$$

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:

- percentagem de acidentes

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

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

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

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 percentagem dos acidentes de tráfego algumas vezes aumenta com o volume. Por exemplo, uma auto-estrada de 6 faixas com 100.000 veículos/dia teria uma percentagem de acidentes mais alta que uma auto estrada de quatro faixas suportando 20.000 veículos/dia.

Percentagens 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 a propriedade (EPDO) 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 a seguir:

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

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).

Quando o local for identificado para análises adicionais, os processos normais incluem os seguintes passos:

1. Obtenção de todas as percentagens de acidentes e relatórios por um período mínimo de tempo de dois anos;
2. Preparação de um relatório resumido sobre as percentagens dos acidentes, incluindo data e hora dos acidentes, condições do clima, condições da rodovia, tipo de acidente (colisão lateral, colisão traseira, etc.), tipo de veículo envolvido, ação do motorista e outras informações do relatório formal;
3. Preparação do diagrama da colisão para identificar um padrão para a ocorrência dos acidentes que podem auxiliar a análise na procura de soluções de engenharia;
4. Preparação de um diagrama de condições ou um desenho (croqui) do local, incluindo características físicas tais como um plano de controle de tráfego, condições do pavimento;

5. Obtenção de outras percentagens tais como velocidade e volume de tráfego e classificação dos veículos;
6. Visita aos locais para observar e familiarizar-se com as características específicas deste, como o modelo de tráfego e outras informações disponíveis.

### 3.4.2 Avaliações

As melhorias na segurança, resultantes da aplicação de alguma alternativa, são verificadas a partir de avaliações do tipo “antes e depois”. A análise aparente razoável é usualmente apresentada como a seguir:

$$\text{Eficácia (\%)} = ((\text{Nb}-\text{Na}/\text{Nb}) * 100) \quad \text{onde,}$$

Nb = média dos acidentes/período anterior à mudança

Na = média dos acidentes/período posterior a mudança

### 4.5 Analyse des Accidents – Infrastructure et Sécurité ( Ferrandez, 1993)

Neste documento o autor afirma que existem três métodos tradicionais para a verificação do local de surgimento dos acidentes:

- ✓ Análise estatística ou epidemiológica: neste estudo obtém-se a representatividade, frequência e tendências gerais dos acidentes, fornecendo elementos necessários as políticas nacionais de segurança viária;
- ✓ Análise efetuada a partir de processos verbais: são emitidos questionamentos sobre o evento ocorrido e a partir daí desenvolvem-se as análises e o diagnóstico de segurança com vistas a identificar as possíveis causas do acidente;
- ✓ Estudos detalhados dos acidentes (EDA): neste estudo o acidente é praticamente reconstituído em laboratório e simulações são feitas a partir de informações recolhidas no local do acidente. Faz parte desta metodologia, a reconstituição cinemática do evento, que graças a sistematização de várias

etapas do acidente, a análise é simplificada. Observa-se o comportamento do condutor nas seguintes situações, imediatamente anterior a ocorrência do evento:

- Qualquer instante que conduz a situação de ruptura;
- A situação de urgência, que ocorre qualquer segundo antes do choque;
- A situação de choque e suas conseqüências.

#### **4.6 Um Nuevo Enfoque de los Programas de Seguridad Vial. Tratamiento de Tramos con Concentración de Accidents y Actuaciones Preventivas (Mayora, 1996)**

Este autor apresenta técnicas evolutivas para identificação, análise e tratamento da segurança viária. Sua metodologia foi aceita, em grande parte, pelo Comitê Técnico de Segurança Viária, com sede na Espanha. Segundo o autor, a maior parte dos países concentra seus programas de melhoria da segurança viária no tratamento dos pontos onde se verificam um número elevado de acidentes, os denominados “pontos críticos”. Em geral os “pontos críticos” são aqueles trechos das rodovias com extensão pré-definida, onde ocorrem número de acidentes superior a um limite estabelecido ao longo de um determinado período (1 a 5 anos).

Os locais identificados são submetidos a atuações de melhoria de segurança, com a finalidade de eliminar os fatores que originam acumulação de acidentes. O autor explica que as questões importantes que devem ser consideradas para estabelecer os critérios de identificação e avaliação dos trechos em que ocorrem concentração significativa de acidentes, são as seguintes:

- ✓ Relação entre número de acidentes e volume de tráfego;
- ✓ Relação entre acidentes e características de um determinado trecho (risco intrínseco);
- ✓ Componente aleatória nas ocorrências e localização dos acidentes;
- ✓ Existência do fenômeno de migração dos acidentes;
- ✓ Existência do fenômeno de regressão a média.

### **3.6.1 Relação entre número de acidentes e a exposição**

O número de acidentes que ocorre em um trecho de uma rodovia, ao longo de um determinado período, pode ser considerado como um resultado do produto de dois fatores: a exposição ao risco de sofrer um acidente, expressa mediante o número de quilômetros percorridos ao longo do trecho pelo conjunto de usuários e o risco de sofrer um acidente, em termos de número de acidentes por quilômetro percorrido.

As medidas que tendem a reduzir o número de acidentes, pode atuar sobre um dos fatores ou sobre ambos. As medidas relacionadas com a exposição tendem a impor restrições à mobilidade e, em muitos casos, não são bem aceitas socialmente. O risco, expresso através do índice de periculosidade, depende de uma série de componentes, entre as quais, o comportamento dos usuários, as características da infra-estrutura e seus entornos, característica do tráfego e fatores aleatórios.

Inúmeras investigações desenvolvidas em diversos países têm demonstrado que a relação entre o número de acidentes e o volume da circulação em um mesmo trecho, não é linear. Em geral, para trechos de características semelhantes, o índice de periculosidade decresce quando aumenta o Volume Médio Diário (VMD). Por isso, o risco intrínseco de um trecho, se estabelece para o nível de circulação que suporta, e sofreria variações se este mudasse substancialmente.

### **3.6.2 Risco Intrínseco**

O autor entende que o comportamento geral dos usuários e a presença dos veículos são, em princípio, modificáveis mediante atuações sobre a infra-estrutura. Ao contrário, as características da rodovia e de seus entornos determinam o que poderíamos denominar de risco intrínseco associado ao trecho nas condições existentes, que seria: a probabilidade de que um veículo que percorre um quilômetro ao longo do trecho sofra um acidente.

O autor também define como risco intrínseco subjetivo, o nível de perigo percebido pelo usuário da rodovia em cada instante no processo de condução do veículo.

### **3.6.3 Componente Aleatória**

O risco subjetivo é um fator determinante do comportamento do motorista no processo de condução do veículo e como consequência, dos acidentes. O condutor adapta sua conduta às mudanças que percebe a sua volta. Quando o risco subjetivo é maior, trata de compensá-lo atuando com maior atenção, diminuindo a velocidade.

Ao contrário, se o risco diminui, o nível de atenção tende a ser menor e a velocidade a aumentar. Isto pode explicar em parte a migração dos acidentes, que seria devido, ao menos parcialmente, a uma diminuição do risco percebido pelos motoristas no segmento tratado, que induziria a uma menor precaução dos condutores ao entrar em segmentos contíguos. A aleatoriedade das ocorrências, ao menos em parte, encontraria respaldo na mesma justificativa.

### **3.6.4 O fenômeno da Migração dos Acidentes**

O autor entende que a migração dos acidentes é um fenômeno que ocorre quando um trecho concentrador de acidentes é submetido a medidas de segurança. Os acidentes que ocorriam no local tratado, tendem a ocorrer em locais próximos a esse.

Esse efeito supõe ter havido uma redução aparente da eficácia das atuações impostas aos locais críticos. A migração pode ser definida como uma transferência de acidentes de um ponto crítico às zonas lindeiras, quando se executa um tratamento naquele local crítico.

### 3.6.5 O Problema da Regressão à Média

Segundo o autor, a regressão à média é um fenômeno estatístico, identificado no século passado, o qual afeta a frequência dos acidentes, antes e depois de um tratamento de segurança. Verifica-se que as taxas médias de acidentes nos trechos que apresentam maior número de acidentes ao longo de um determinado período, tendem a diminuir e aproximar-se da média nos períodos sucessivos.

Em outras palavras, significa dizer que os acidentes que ocorreram em um determinado trecho, em um determinado ano que foram superiores à média, tendem a diminuir no futuro, seja este trecho tratado ou não e seja ou não efetivo este tratamento.

O número de acidentes que ocorre por ano em um determinado trecho, está submetido a variações aleatórias de ano a ano, por isto, deve ser analisado com técnicas estatísticas para se poder determinar esta componente aleatória. A partir dos anos 80 o efeito da regressão a media no campo da segurança viária foi estudado por diversos autores.

Nos estudos realizados demonstrou-se que a regressão à média pode produzir redução aparente da taxa de acidentalidade, que varia de 5% a 30%. De posse dessas informações, pode-se estabelecer uma definição mais precisa do conceito de “trecho de concentração de acidente”, ou seja: é aquele trecho de rodovia que apresenta um risco intrínseco de acidente significativamente superior à média de trechos de características semelhantes, e que, portanto, uma atuação de melhorias pode conduzir a uma redução efetiva de incidências, independente de efeitos aleatórios.

A aplicação prática da metodologia proposta pelo autor exige classificar os trechos da rodovia em função das suas características relevantes quanto a segurança viária, como base para o cálculo dos índices médios de acidentalidade, em trechos de características semelhantes. Os aspectos que devem ser considerados são:

- ✓ Tipo de rodovia (classificação funcional da rodovia);

- ✓ Características do trecho (urbano/interurbano; interseção/fora da interseção);
- ✓ Intensidade do tráfego (Tráfego Médio Diário-TMD).

A classificação funcional das rodovias baseada nas características que influem no nível de segurança, é um aspecto importante para a identificação dos trechos de concentração de acidentes. O objetivo principal é o tratamento de itinerários completos de rodovias para proporcionar a homogeneidade de suas características e evitar que uma descontinuidade ao longo do percurso possa proporcionar má percepção por parte dos usuários e, por conseguinte, aumentar os riscos de envolver-se em acidentes.

Segundo o autor, as atuações preventivas são destinadas a reduzir as zonas de conflito potencial e homogeneizar as características de uma rodovia e seus entornos, com o objetivo de facilitar a percepção pelos condutores das características da rodovia, evitando, a medida do possível, às situações perigosas.

Essas situações não são determinadas exclusivamente pelos acidentes registrados. Devem-se observar também as carências de segurança que a rodovia apresenta, estabelecida em função da sua hierarquia. As atuações preventivas de segurança encontram-se, segundo o autor, nos seguintes grupos:

- ✓ Sinalização e balizamento;
- ✓ Sistema de contenção;
- ✓ Tratamento de travessias;
- ✓ Iluminação;
- ✓ Tratamento de intersecções;
- ✓ Redimensionamento de acessos;
- ✓ Correções de traçado, melhoria da seção transversal, tratamento de marginais, dotação de sistema de segurança em túneis; supressão de passagens em nível;
- ✓ Criação de áreas de descanso;
- ✓ Tratamento do pavimento.

#### **4.7 Analysis of Roadside Accident Frequency and Severity and Roadside Safety Management (Lee e Mannering, 1999)**

Neste livro, o tratamento dos acidentes de trânsito é apresentado no capítulo 6, o qual é intitulado de A More Detailed Discussion on Risk and Exposure in the Context of Infrastructure.

Segundo este documento, no estado de Washington a prioridade do programa avaliação e mitigação dos acidentes envolvem a análise das características da margem da estrada e os efeitos que tais características possuem na frequência e na severidade dos acidentes.

O estado investigou as relações entre a geometria da estrada, as características da margem da estrada, a frequência dos acidentes fora da estrada e a severidade a fim de prover uma base para identificação do custo efetivo a fim de melhorar a rodovia e reduzir a probabilidade dos veículos de deixarem a rodovia e a severidade do quando o fazem.

Dentre os fatores que influenciam na frequência dos acidentes (variáveis) encontram-se :

- Rodovias Rurais:
  - ✓ Declive lateral → incremento a ocorrência;
  - ✓ Distância da extremidade externa do acostamento ao guardrail;
  - ✓ Número de árvores na seção.
- Rodovias Urbanas:
  - ✓ Comprimento da ponte;
  - ✓ Distância do acostamento ao guardrail;
  - ✓ Comprimento da cerca.

#### **4.8 Métodos de Evaluación de la Seguridad vial en Estudios de los Accidentes “antes” y “después” (Quintero, 1999)**

O autor, pesquisou a segurança viária antes e depois da implementação de melhorias. Segundo ele, a avaliação da efetividade de cada uma das atuações contempladas em um programa de melhoria da segurança da circulação, é necessária e pode ser realizada de duas maneiras:

- ✓ Diretos e de avaliação longitudinal: recorre-se aos estados antes e depois das atuações e a avaliação da efetividade por métodos estatísticos clássicos;
- ✓ Indireto ou avaliação de corte transversal: seus modelos relacionam as características físicas e geométricas da via com os acidentes, através de uma análise de regressão. Assume-se que exista uma relação causa e efeito entre os acidentes e as características da via.

O autor propõe também, como diretrizes básicas para investigação e avaliação da segurança viária, estabelecer em primeiro lugar, por tipo de rede (primária, secundária ou terciária), todos os tipos de melhorias executadas nos últimos anos, tendentes a melhorar as condições de segurança das rodovias. Estas melhorias podem ser, por exemplo:

- ✓ Aumento do coeficiente de aderência;
- ✓ Atualização e melhoria da sinalização: uniformizando e adaptando a sinalização antiga, principalmente em curvas perigosas, trechos em obras e zonas urbanas;
- ✓ Instalação de barreiras e proteção de obstáculos fixos: destinada a proteger postes, árvores, cabeceira de pontes e demais obstáculos rígidos;
- ✓ Reordenamento de acessos: melhorias nos acessos sem pavimento, isolamento com barreiras de segurança ou cordões e setas;
- ✓ Bloqueio de acessos: principalmente em zonas urbanas e locais inadequados;
- ✓ Eliminação de pistas estreitas: em pontes ou faixas de tráfego;
- ✓ Melhoria das intersecções: Eliminar giros à esquerda, quando se faz necessário giro prévio a direita;

- ✓ Construção e adequação de pistas adicionais (3ª faixa): faixa para tráfego lento em zona independente;
- ✓ Melhoria da drenagem superficial da pista: obras para evacuar rapidamente a água superficial com a finalidade de impedir a aquaplanagem;
- ✓ Construção de pavimentos especiais em locais perigosos: em curvas, intersecções, cruzamentos, construção de pavimentos porosos;
- ✓ Melhoramento em túneis: sinalização, balizamento, pintura faixas refletivas;
- ✓ Melhoria dos cruzamentos em nível: iluminação, construção de refúgios para pedestres, construção de rotatórias;
- ✓ Melhoria das travessias urbanas: construção de variantes em zonas urbanas ou anéis viários com o propósito de minimizar os tempos de percurso e conflitos;
- ✓ Iluminação: em cruzamentos, intersecções, etc.
- ✓ Proteção de taludes: obras para evitar escorregamentos;
- ✓ Adequação de raios de curvas: obras destinadas a corrigir curvas e raio insuficientes, transições inadequadas;
- ✓ Criação de áreas de descanso, para condutores que percorrem muitos km;

O autor sugere ainda, a criação de um catálogo ou manual de segurança viária por país, que daria a idéia global sobre a efetividade e rentabilidade das melhorias efetuadas.

#### **4.9 The Uses of Exposure and Risk in Road Safety Studies (Hakkert e Braimaister, 2002)**

Neste documento o tratamento dos acidentes é apresentado no capítulo 6, o qual é intitulado A more detailed discussion on risk and exposure in the context of infrastructure.

Muitos estudos de segurança envolvem o uso da exposição do risco para avaliar os acidentes. Este relatório explora as possibilidades teóricas de definir a exposição e o risco, discutindo os problemas associados com o uso da exposição e

do risco e dando exemplos de vários estudos de segurança com o uso de indicadores de exposição e risco.

Segundo o autor o acidente é geralmente definido como um evento no qual pelo menos um veículo automotor está envolvido ocorrendo este em uma estrada pública e resultando em um dano.

Já a exposição, significa a exposição ao risco, a qual parte do pressuposto que certos segmentos de uma população estejam mais propícios a estarem envolvidos em um acidente. A medição da exposição é geralmente definida (relacionada) com a forma de medir o número de viagens com o veículo ou a pé. Uma vez identificada, o número de viagens e conhecendo as atividades dos usuários das rodovias e o número de colisões associadas com as atividades ou população, o risco associado pode ser calculado.

Por outro lado, o risco segundo o dicionário Oxford é a chance de alguma consequência ruim, perda, etc. exposição para erro. O dicionário Collins define o risco como a possibilidade de algo desagradável ou indesejável possa acontecer, algo que você faz que possa ser desagradável ou indesejável.

No campo da segurança de estradas, o conceito de risco é usado como um modo para quantificar o nível absoluto de segurança da estrada relativo à exposição ao invés do número absoluto de acidentes ou vítimas.

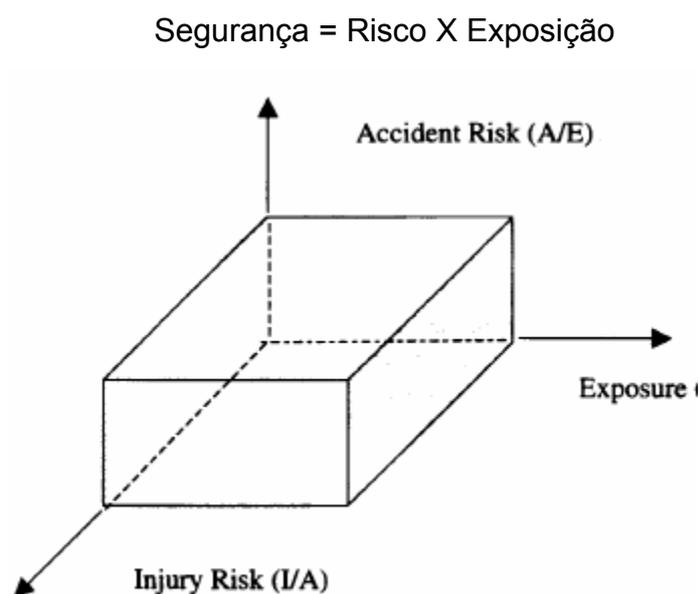


Figura 7→ Problema segurança (exposição risco de acidente e dano do acidente)

Fonte: Braimaister (2002)

## **5 Sugestões para Aperfeiçoamento da Metodologia**

Conforme se pode observar nos itens anteriores, são muitas as metodologias que podem ser utilizadas para tratamento dos acidentes de trânsito. Nesta etapa do trabalho, vão-se apresentar algumas sugestões a serem incorporadas na metodologia atualmente utilizada pelo DNIT de Santa Catarina, a qual foi descrita nos itens 2.1, 2.2 e 2.4. Juntamente com essas sugestões serão apresentadas as justificativas para tais proposições.

### **4.1 Visão Geral da Metodologia Existente**

A metodologia atualmente utilizada pelo DNIT, leva em conta somente o número de acidentes ocorridos em um determinado segmento, sem levar em conta outros itens, como condições da rodovia, do fluxo, composição do tráfego, entre outros.

A situação atual da rodovia é levada em consideração a partir da utilização do coeficiente  $\lambda$ , o qual por sua vez não apresenta nenhuma relação com os itens da rodovia descritos anteriormente, visto que só leva em conta o número de acidentes.

Outro fato que pôde ser constatado é que a metodologia utiliza de um coeficiente  $k$ , que se adotado de modo subjetivo, pode determinar grandes variações na consideração ou não de seções críticas.

Outro fator que pode ser observado é que não há a diferenciação das seqüelas proporcionadas pelo acidente, assim acidentes com ou sem vítimas e com mortos são considerados igualmente no cômputo do número dos acidentes.

## **4.2 Sugestões de Aperfeiçoamento**

As sugestões de aperfeiçoamento da metodologia a ser utilizada tem por base as metodologias citadas nos itens 2 e 3. Procura-se com isso aproveitar alguns aspectos tratados por algumas metodologias específicas de modo a aprimorar a atualmente existente.

### **4.2.1 Desagregação do Ambiente Considerado**

Uma das sugestões para o aperfeiçoamento da metodologia, é a desagregação do ambiente em estudo em função dos ambientes pelo qual cruza, como por exemplo, ambiente urbano, suburbano e rural. Esta desagregação é muito importante, pois, as características geométricas, operacionais e funcionais interferem na quantidade de acidentes.

Assim, a incorporação deste item pode ser feita de dois modos, no primeiro os trechos desagregados seriam comparados entre si tanto o rural como o urbanizado, sendo que este último seria especificado quando na apresentação dos acidentes por trechos.

A segunda maneira de levar este fato em consideração é através da separação dos trechos urbanizados dos trechos rurais, pois o valor de  $\lambda$  é calculado tendo em vista todos os segmentos sem a distinção das especificidades presentes em cada ambiente.

Acredita-se que a alteração deste valor de  $\lambda$  levaria a considerações muito mais precisas a respeito do assunto, pois, áreas urbanas podem muitas vezes elevar o índice crítico de acidentes, tendo em vista o grande número de ocorrências de atropelamentos e acidentes característicos destas áreas.

Esta elevação do índice crítico dificulta, muitas vezes, a identificação de áreas críticas, isto ocorre porque ao utilizar um índice crítico maior, deixa-se de considerar áreas com índices inferiores, as quais podem ter as causas dos acidentes associadas às condições de infra-estrutura, e passa-se a considerar áreas com

índices maiores, as quais possuem na maioria das vezes causas associadas às condições físicas e psíquicas do condutor.

#### **4.2.2 Consideração da Gravidade do Acidente**

Esta sugestão tem por finalidade dar prioridade para os trechos que possuem um maior índice de acidentes com vítimas e com mortos. Assim, sugere-se a inserção de uma correção do número de acidentes de acordo com o item 2.8, o qual foi apresentado pela CEFTRU (2002) por meio de um convênio com o Ministério dos Transportes – Programa PARE.

Segundo esta premissa, o número equivalente de acidentes utilizado, seria calculado através da seguinte equação:

**Número Equivalente de Acidentes** =  $1 \times n^\circ$  acidentes somente com danos materiais  
 $+ 4 \times n^\circ$  acidentes com ferido(s) +  $13 \times n^\circ$  acidentes com vítima(s) fatal(is)

A correção deste tipo de dado é importante, pois, permite que se faça uma maior consideração, ou seja, que se dê uma priorização a trechos com mortos e feridos no estudo de acidentes de trânsito.

Outro fator que pode ser utilizado para justificar a utilização deste índice é a possibilidade de contabilizar para cada segmento os benefícios advindos de um determinado melhoramento tendo em vista a situação atual do mesmo. Isto pode ser realizado a partir da utilização de custos associados aos acidentes, os quais podem ser encontrados em pesquisas como as realizadas pelo IPEA/ Denatran (2003).

Segundo esta pesquisa, um acidente de trânsito tem um custo médio de R\$8.782,49, considerando todos os tipos de acidentes. No caso apenas dos acidentes com vítimas, o valor médio de um acidente eleva-se para R\$ 35.136,15.

Deste modo, percebe-se que os acidentes com vítimas possuem custo associado bem maior do que acidentes sem vítimas, o que torna os benefícios advindos de uma melhoria em trechos que envolvam este tipo de acidente, maiores.

### **4.2.3 Adequação do Número de Acidentes**

Tendo em vista a metodologia apresentada no item 3.1, a qual provavelmente tenha originado a metodologia atualmente existente no DNIT, sugere-se a adequação do número de acidentes estudado por seção.

Esta adequação justifica-se pela necessidade de evitar estudos de segmentos com muitos ou poucos acidentes. Assim, propõe-se que as seções com menos do que sete acidentes sejam combinadas com as seções adjacentes, nas quais há a ocorrência de menos acidentes. Por outro lado, se a seção possui mais de 30 acidentes, deve-se dividir em duas seções para aplicação da metodologia.

### **4.2.4 Correção do Número de Mortes no Trânsito**

Tendo em vista a incompatibilidade existente entre o número real de mortos em acidentes de trânsito e número registrado de acidentes nas polícias responsáveis, propõem-se a sistematização de um procedimento de coleta agregando a Polícia Rodoviária Federal, DNIT, IML e Hospitais.

Esta agregação permitirá com base nos boletins de ocorrência verificar a situação das pessoas envolvidas nos acidentes. Segundo OMS o prazo de acompanhamento de uma vítima de acidente de trânsito é de 30 dias, período no qual se ocorrer o falecimento deverá esta, ser considerada como vítima fatal do acidente.

O resultado de uma pesquisa efetuada pelo DETRAN do distrito Federal (1997, apud HENRIQUE, 2002, p.37), indicando o percentual acumulado do número de dias transcorridos entre a data do acidente e o óbito, demonstra as distorções que ocorrem quando não é efetuado o acompanhamento das vítimas após o acidente (Tabela 11 ).

Tabela 11 Tempo transcorrido entre a data do acidente e o óbito, percentual acumulado DF.

<b>Óbitos</b>	<b>%</b>
No local do acidente	<b>38,3</b>
No dia do acidente	<b>71,0</b>
Na primeira semana do acidente	<b>93,4</b>
Até 30 dias após o acidente	<b>98,3</b>

Fonte: DETRAN/DF (1997, apud HENRIQUE, 2002)

Todavia, se este levantamento não for possível, sugere-se como uma forma de diminuir a discrepância entre o número real de ocorrências e os registros oficiais, aplicar-se um coeficiente multiplicador no número de mortos. O valor deste coeficiente multiplicador pode ser observado na tabela 12.

Tabela 12. Fatores de Correção do Número de Mortes

<b>Tempo Decorrido entre o Acidente e a Morte</b>	<b>Correção Recomendada ao n° de mortes</b>
No local	+35%
24 horas	+30%
3 dias	+12%
6 dias	+9%
7 dias	+7%

Fonte: GREAT BRITAIN (1987)

Estes valores apresentados na tabela 12, são valores aproximados, recomendados para países europeus. Estes percentuais servem para corrigir os valores de mortos registrados em países que consideram como morto àquele que vem a falecer dentro do intervalo considerado na coluna da direita, para o intervalo recomendado de 30 dias (OMS).

Alguns Estados, a exemplo de método adotado em outros países, aplicam coeficiente multiplicador. Na cidade de São Paulo, por exemplo, o número de vítimas fatais no período de 30 dias é estimado multiplicando-se o número de mortos no local do acidente por um coeficiente de 1,3 (HENRIQUE, 2002).

#### 4.2.5 Variação Controlada do Coeficiente K

A metodologia do DNIT utiliza um coeficiente para levar em consideração à variação estatística dos dados de acidentes. A utilização deste coeficiente (k) pode ser definida para determinados intervalos, afim de não permitir a distinção de trechos hora considerados críticos, ou ora desconsiderados. Assim poderá ser feita uma categorização do seguinte modo:

$IS > IC_{1-0,005}$  – Trecho crítico (altamente significativa) ( $p < 0,005$ )

$IC_{1-0,05} < IS < IC_{1-0,005}$  – Trecho crítico (significativo)

$IC_{1-0,10} < IS < IC_{1-0,05}$  – Trecho Crítico (levemente significativo)

$IS < IC_{1-0,10}$  – Trecho não é crítico

#### 4.2.6 Avaliação do Histórico do Segmento

A avaliação do histórico do segmento tem por objetivo identificar as possíveis causas dos acidentes, bem como identificar possíveis alterações na infra-estrutura viária que tenham colaborado para redução ou acréscimo de segurança da rodovia.

Neste caso, sugere-se primeiramente verificar se o segmento crítico apresenta-se em todos os anos, mesmo que com um grau de confiança diferente. Após esta verificação devem-se realizar as seguintes análises, de acordo com item 2.7.1.3:

- ✓ 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 ser avaliado;

- ✓ 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.

#### **4.2.7 Alocação dos Segmentos Críticos**

Outra sugestão a ser incorporada não na metodologia, mas no processo de tratamento de acidentes, partindo da idéia apresentada no item 2.9.2, é o desenvolvimento de mapas de registro de acidentes, nos quais se poderá ter uma idéia da situação do Estado de Santa Catarina de forma rápida e clara.

Na realidade, essa sugestão já esta priorizada no Sistema de Informações Georreferenciada dos Acidentes de Trânsito contratado pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT a cargo da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, através do Laboratório de Transportes e Logística – LabTrans. Todavia, apresenta-se neste ponto esta sugestão, como forma de reforçar a necessidade e a importância da realização deste tipo tratamento.

Além da alocação dos acidentes, poder-se-á também determinar os custos dos acidentes para cada um dos eixos a partir do número de ocorrências por categoria de acidentes e seus respectivos custos. Deste modo, ter-se-á uma idéia dos custos associados a cada segmento, podendo-se até mesmo hierarquizar por este preceito os segmentos críticos a serem tratados prioritariamente.

#### **4.2.8 Caracterização do Local de Estudo**

Tendo em vista o grande número de trechos rodoviários existente no estado de Santa Catarina, propõem-se ao contrário do item 2.5, a caracterização somente dos locais identificados como críticos pela metodologia.

Assim, após a identificação destes locais, procede-se a caracterização desses, a fim de possibilitar o conhecimento das causas associadas aos acidentes, e também de auxiliar no tratamento destas causas.

Entre os fatores a serem apurados encontram-se: situação geográfica e topográfica do local; municípios e rios que cruza; determinação do tráfego atual da rodovia, indicando os percentuais básicos da participação de cada veículo; coleta dos dados sócio-econômicos da área de influência do projeto; levantamento dos principais pontos de interferência, tais como escolas, intersecções e igrejas; observação e registro das características da via, tais como largura, declividade e revestimento; registro da presença de tráfego não motorizado; o número de faixas, a presença de canteiro central, o tipo de acesso, condições de iluminação; etc.

Essa sugestão também está priorizada no Sistema de Informações Georreferenciada dos Acidentes de Trânsito contratado pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT a cargo da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, através do Laboratório de Transportes e Logística – LabTrans. Todavia, apresenta-se neste ponto esta sugestão, como forma de reforçar a necessidade e a importância da realização deste tipo tratamento.

#### **4.2.9 Avaliação da Ocorrência dos Acidentes**

Depois de caracterizado o ambiente que propiciou a ocorrência do acidente, poder-se-ia realizar uma análise estatística a fim de verificar quais características poderiam estar mais relacionadas com a ocorrência do acidente.

As causas associadas aos acidentes podem estar relacionadas com problemas na infra-estrutura da rodovia, nas condições do meio ambiente, com o estado do motorista entre outros fatores. A proposta é que seja realizada uma avaliação dos trechos de acordo com as suas características. Para tanto se pode inicialmente realizar-se um teste de regressão e verificar quais os fatores que estão mais relacionados às causas dos acidentes ou verificar de que modo características da via podem ser utilizadas na avaliação da situação da rodovia.

#### **4.2.10 Consulta a Comunidade**

Depois de identificados os segmentos críticos, sugere-se a realização de uma consulta a comunidades a fim de coletar informações adicionais aos boletins de ocorrência, registrando informações com os usuários da via, motoristas, pedestres, moradores, comerciantes, entre outros.

As informações que poderão ser coletadas dizem respeito ao ponto de vista da comunidade para: as condições da via e da sinalização; os fatores que intervêm no tráfego; os agentes envolvidos nos acidentes; e outros fatores que puderem auxiliar na verificação das reais causas dos acidentes verificados em determinado trecho.

#### **4.2.11 Avaliação das Causas em Intersecções**

Outra sugestão proposta para aprimoramento da metodologia, é a incorporação no caso de intersecções, da avaliação das causas dos acidentes através da técnica dos conflitos, a qual permite a verificação imediata dos possíveis conflitos sem a necessidade de coleta de dados.

## **5. Conclusão**

O conjunto de fatores possíveis de serem verificados nas ocorrências de acidentes de trânsito mostra os resultados da violência neste e dificulta cada vez mais observar as ocorrências de acidentes de trânsito como um acontecimento isolado, mas como um problema de saúde pública.

A falta de identificação das causas ou sua má definição constituem-se em empecilho para qualquer avanço em estratégias de prevenção e mortes por acidentes, pelo fato de estes serem os dados que tornam possível a análise e o conhecimento sobre o tipo de ocorrência.

Assim sendo, espera-se que este trabalho tenha servido para aprofundar o conhecimento dos métodos de tratamento dos acidentes de trânsito. Contudo, o sucesso das ações está diretamente relacionado ao compromisso individual e coletivo e ao desempenho e competência dos envolvidos em aplicar medidas que reduzam as influências das mortes por acidentes de trânsito.

## 6. Referências Bibliográficas

BRANDÃO, Lucia Maria. **Manual teórico prático – Medidores Eletrônico de Velocidade –Uma visão da engenharia para implantação.** Perkons, 2006. 148p.

BAERWALD J.E.(ed) **Transportation and Traffic Engineering Handbook.** New Jersey Institute of Transportation Engineers: Prentice-Hall. 1976.

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.

DIDONÉ, L. A. **Análise e tratamento da segurança viária em rodovias. Um novo enfoque para tratamento de segmentos concentradores de acidentes. O caso da BR-101, lote 3.** 2000. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

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: DCTec, 1998. 140p.

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: Serviço de publicação do DNER, 1988. 72p.

FERRANDEZ, F. **Analyse des accidents. Infrastructure et sécurité.** In: Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n° 185. Mai-Juin 93. Art 3712

GREAT, Britain. **Road accidents – Great Britain – The casualty report UK (1987).**

HAKKERT, A.S. ; BRAIMAISTER L. **The uses of exposure and risk in road safety studies.** Leidschendam: SWOV. 2002

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.

HOFFMANN, Maria Helena. Programa preventivo para condutores acidentados e infratores. In: Comportamento humano no trânsito. São Paulo: Casa do psicólogo, 2003. p. 229-247.

GOLD, P.A. **Segurança de trânsito – aplicações de engenharia para reduzir acidentes**. São Paulo, SP: Banco Inter-americano de Desenvolvimento (BID). 1998.

IHT, Institution of Highways and Transportation. **Highway safety guidelines: accident reduction and prevention**. London, 1990.

IPEA e ANTP. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras : relatório executivo / Ipea, ANTP**. - Brasília : Ipea : ANTP, 2003. 43 p.

LEE, Jinsun; MANNERING Fred. **Analysis of roadside accident frequency and severity and roadside safety management**. Washington. 1999

LEMES, Ebirajara Corrêa. Trânsito e comunidade: um estudo prospectivo na busca pela redução de acidentes. In: Comportamento humano no trânsito. São Paulo: Casa do psicólogo, 2003. p. 136-151.

MAYORA, Pardillo José. **Un nuevo enfoque de los programas de seguridad vial. Tratamiento de tramos con concentración de accidentes y actuaciones preventivas**. Madrid :Asociación Técnica de Carreteras. mar.-abr.1996.

MCSHANE, William R; ROESS, Roger P. **Traffic Engineering**. Prentice Hall. 1990

MENESES, Fernando Antônio Beserra de. **Análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes de grandes centros urbanos**. 2001. 251p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transporte) – Curso de Pós

Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro.

PIETRANTONIO, Hugo. **Manual de procedimento de pesquisa para análise de conflitos de tráfego em interseções**. São Paulo: Seção de Engenharia de Tráfego e Transporte de Passageiros – IPT. 1991

PLINE, James L. (ed). **Traffic Engineering Handbook**. 4ªed. New Jersey: Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall. 1992.

PORATH, Reginaldo. **Sistemas de gerência de segurança para o trânsito rodoviário: o modelo SGS/TR**. 2002. 338p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

QUINTERO, Raúl Fernando. **Métodos de evaluación de la seguridad vial en los estudios de los accidentes "antes" y "después"**. Madrid: Asociación Técnica de Carreteras. mar.-abr.1999.

VIEIRA, Heitor. **Avaliação de medidas de contenção de acidentes: Uma abordagem multidisciplinar**. 1999. 332p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

## **ANEXO 1**



RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO EM CAMPO

LOCAL : \_\_\_\_\_

Aspectos Operacionais:                      SIM/NÃO comentários.....

Obstruções impedem a visão do fluxo oposto pelos motoristas?

Os motoristas respondem incorretamente aos semáforos, à sinalização?

Os motoristas tem problemas em achar o caminho correto para o movimento?

As velocidades são muito altas? Muito baixas?

Existem violações de regulamentação de estacionamento ou outras?

Os motoristas sentem confusão sobre orientação de ruas, locais?

É possível reduzir o atraso experimentado pelos veículos?

Existem deficiências ou conflitos associados com movimentos de conversão?

Operação em mão única pode tornar o local mais seguro?

O volume de tráfego pode ser considerado excessivo para a interseção?

O movimento de pedestres causa problemas no local?

O movimento de pedestres tem problemas no local, causados pelo fluxo veicular?

Existem outras deficiências ou conflitos típicos no local?

COMENTÁRIOS:

---

---

---

---

## **ANEXO 2**

Tipos de Acidentes	Causas Prováveis	Medidas Corretivas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisão Lateral</li> <li>• Colisão Transversal</li> </ul>	<p><b>Estacionamentos paralelos</b>, perpendiculares e/ou oblíquos ao longo das vias de tráfego, principalmente aqueles localizados no lado esquerdo e próximo às interseções, prejudicam a visibilidade dos condutores de veículos nos procedimentos de manobra.</p> <p><b>Desalinhamento na geometria horizontal</b> da via ou interseção gera conflitos entre fluxos do mesmo sentido e/ou mudança brusca de direção, em função da existência de meios-fios ou ilhas incompatíveis ao alinhamento horizontal.</p> <p><b>Sinalizações horizontal e vertical</b> precárias ou inexistentes provocam falta de orientação e/ou informações confusas aos condutores de veículos e, geralmente, ocasionam conflitos entre os movimentos contínuos e de conversões nas interseções.</p>	<p>-Eliminação de vagas de estacionamento localizadas próximo às interseções, por intermédio do alargamento das calçadas nas esquinas ou pela pintura de zebrados;</p> <p>-Redução da velocidade de tráfego na via; e</p> <p>-Reforço da sinalização horizontal e vertical.</p> <p>-Adequação do layout da interseção ou trecho, dentro dos padrões técnicos de geometria horizontal, buscando o alinhamento adequado aos fluxos de tráfego;</p> <p>-Implantação de canalizações por intermédio da pintura de faixas de tráfego e de balizamento com tachões refletivos para visualização à noite; e</p> <p>-Pintura de zebrados junto aos vértices das ilhas de refúgio e canalizações com tachões refletivos.</p> <p>-Implantação de sinalização horizontal e vertical segundo os padrões técnicos recomendados, com a utilização de tinta e tachões refletivos para visualização noturna.</p> <p>-Pintura de setas de direção no pavimento, próximas às interseções ou trechos onde a orientação para os movimentos de tráfego encontra-se confusa.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisão Transversal</li> <li>• Colisão Traseira</li> <li>• Engavetamento</li> </ul>	<p><b>Semáforo:</b></p> <p>-Com tempo de amarelo ou vermelho total insuficiente para a travessia completa dos veículos na interseção;</p> <p>-Com tempo de ciclo muito longo, induzindo o desrespeito dos condutores de veículos na prioridade de passagem;</p> <p>-Com defasagem inadequada e falta de sincronia entre interseções próximas e consecutivas; e</p> <p>-Com visibilidade prejudicada por estar implantado em local inadequado ou por interferências tais como árvores, vegetação, equipamentos urbanos, bem como em situações que provocam ofuscamento para visão do motorista.</p> <p><b>Excesso de velocidade</b> que pode ser induzido pelas características geométricas da via, com elementos horizontais superdimensionados, grandes declividades e vias com larguras excessivas.</p>	<p>-Redimensionamento dos tempos de ciclo dos semáforos, após a realização de contagens de tráfego na interseção e ajustes nos tempos amarelo e vermelho total quando necessário;</p> <p>-Implantação de dispositivos eletrônicos de controle de avanço de semáforo;</p> <p>-Sincronização de semáforos entre interseções próximas e consecutivas;</p> <p>-Relocação de conjuntos semafóricos; e</p> <p>-Desobstrução da visibilidade do semáforo pela remoção das barreiras visuais.</p> <p>-Adequação do layout da interseção ou trecho dentro dos padrões técnicos da geometria horizontal, buscando soluções voltadas à redução das velocidades, tais como: redimensionamento de curvas horizontais, alteração de traçado nas aproximações da interseção forçando a redução da velocidade, implantação de passeios, reduzindo o excesso de área de circulação;</p> <p>-Implantação de dispositivos de controle de velocidade, tais como: lombadas eletrônicas, ondulações transversais e sonorizadores, devidamente sinalizados, nos locais e trechos de grandes declividades e de altas velocidades; e</p> <p>-Implantação ou reforço da sinalização vertical de regulamentação da velocidade máxima permitida.</p>

Tipos de Acidentes	Causas Prováveis	Medidas Corretivas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisão Transversal</li> <li>• Colisão Traseira</li> <li>• Engavetamento</li> </ul>	<p><b>Pouca visibilidade entre as aproximações</b> de interseções não semaforizadas, devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-edificações construídas muito próximas às vias, impedindo a visão dos condutores;</li> <li>-curvas verticais côncavas de comprimento inadequado; e</li> <li>-existência de barreiras obstruindo a visibilidade, tais como: barracas de camelô, placas de propaganda, arbustos, árvores e outros.</li> </ul> <p><b>Iluminação noturna</b> precária ou inexistente prejudica a visibilidade nas interseções e trechos viários e torna estes locais potencialmente mais perigosos quando associados à ausência de sinalizações horizontal e vertical.</p> <p><b>Estacionamento</b> de veículos muito próximo às áreas das interseções provoca conflitos entre os movimentos de manobra e de conversão de veículos nas interseções.</p> <p><b>Pavimento</b> em condições precárias e problemas na drenagem superficial ocasionam a presença de depressões, recalques, buracos e poças d'água.</p> <p><b>Sinalizações horizontal e vertical</b> precárias ou inexistentes resultam em falta de orientação e/ou informações confusas aos condutores de veículos. Esta situação é agravada pela falta de iluminação noturna.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sinalização de interseções com o deslocamento das faixas de pedestre para fora da área de conflito nas aproximações;</li> <li>-No topo das curvas verticais côncavas, evitar situações de conflito tais como: estacionamento de veículos, retornos, conversões prejudicadas pela visibilidade e travessia de pedestres;</li> <li>-Remoção de barreiras que possam estar obstruindo a visibilidade dos condutores nas interseções; e</li> <li>-Alteração dos sentidos de circulação em interseções ou proibição de movimentos de conversão que provoquem conflitos em áreas de pouca visibilidade.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implantação ou reforço da iluminação pública nos trechos e interseções onde os acidentes estejam relacionados à falta de visibilidade noturna; e</li> <li>-Implantação ou reforço de sinalização Horizontal e Vertical, com materiais refletivos.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Eliminação das vagas de estacionamento próximas às interseções por intermédio de alargamento de calçadas ou pintura horizontal em zebrado.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Recuperação do pavimento das vias;</li> <li>-Implantação ou correção de sistemas de drenagem superficial; e</li> <li>-Promoção de programa de manutenção e recuperação de vias.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implantação ou recuperação da sinalização horizontal e vertical, avaliando a sua necessidade de adequação em função das ocorrências dos acidentes de trânsito; e</li> <li>-Utilização de material para pintura no pavimento visível à noite e eficiente em tempos de chuva.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisão Traseira</li> <li>• Engavetamento</li> </ul>	<p><b>Travessia Irregular de pedestres</b> ocasiona freadas bruscas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Regulamentação das travessias de pedestres em locais de alta movimentação, por intermédio da implantação de faixas de pedestres sinalizadas ou semaforizadas, de acordo com as características do tráfego no local; e</li> <li>-Diminuição da velocidade de tráfego nas vias de grande movimentação de pedestres.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colisão Frontal</li> <li>• Choque com Objeto Fixo</li> </ul>	<p><b>Visibilidade precária</b> em vias com curvas verticais côncavas de desenvolvimento inadequado ocasiona acidentes em ultrapassagens, em vias de mão dupla.</p> <p><b>Pavimento danificado</b>, com depressões, recalques e buracos, ocasiona a mudança brusca de direção e perda do controle do veículo.</p> <p><b>Pavimento escorregadio</b> ocasiona derrapagens.</p> <p><b>Sinalizações horizontal e vertical</b> precárias ou inexistentes, omitindo regulamentação de sentidos de tráfego e/ou proibição de ultrapassagens.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Implantação ou reforço de sinalização viária proibindo ultrapassagens; e</li> <li>-Implantação de barreiras físicas, separando os fluxos opostos de tráfego, por intermédio de tachões, muretas de concreto e defensas New Jersey.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implantação e recuperação do pavimento e dos dispositivos de drenagem superficial; e</li> <li>-Adoção de revestimentos rugosos, que apresentam melhor resistência às derrapagens em locais críticos de frenagem de veículos, de travessia de pedestres e junto a semáforos.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implantação ou recuperação da sinalização horizontal e vertical, com reforço aos sentidos de tráfego, proibição de conversões e ultrapassagens; e</li> </ul>

Tipos de Acidentes	Causas Prováveis	Medidas Corretivas
	<b>Desrespeito à sinalização</b> horizontal e vertical relativa à proibição de ultrapassagens, movimentos de retorno e sentidos de tráfego.	-Implantação de barreiras físicas tais como tachões, muretas de concreto e defensas New Jersey.
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Capotagem</li> <li>•Tombamento</li> </ul>	<b>Excesso de velocidade</b> associado a vias com características geométricas precárias e situações de perigo.	-Implantação de dispositivos de controle de velocidades, tais como lombadas eletrônicas, ondulações transversais, sonorizadores com reforço de sinalização de advertência; e -Minimização das situações de perigo por intermédio da implantação de defensas, reforço da sinalização horizontal e remanejamento de acessos perigosos.
	<b>Pavimento danificado e/ou escorregadio</b> , ocasionando mudança brusca de direção, perda de controle do veículo e derrapagens.	-Recuperação do pavimento e adoção de revestimentos rugosos antiderrapantes.
	<b>Mudança brusca de direção</b> ocasionada por situações de perigo, tais como: objetos ou veículos parados indevidamente na pista, travessia irregular de pedestres ou animais. A capotagem e o tombamento também podem estar relacionados, direta ou indiretamente, aos outros tipos de acidentes de trânsito, ou seja: podem ocorrer pela reação do condutor na tentativa de evitar uma colisão ou atropelamento, ou pode estar associados a outro tipo de acidente (ex: capotagem com choque em objeto fixo).	-Adoção de medidas corretivas discriminadas nos demais tipos de acidentes, após a avaliação das causas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Atropelamento</li> </ul>	<b>Sinalizações horizontal e vertical</b> precárias ou inexistentes nas travessias de pedestres, sobretudo em áreas de grande movimentação de transeuntes e junto a equipamentos urbanos (hospitais, escolas e outros).	-Implantação ou recuperação da sinalização horizontal e vertical das travessias de pedestres; -Elevação do nível do pavimento nas faixas de pedestres localizadas em áreas centrais e de grande movimentação; e -Implantação de semáforo para pedestres nas travessias onde o desrespeito à sinalização é constante;
	<b>Desrespeito à sinalização</b> das travessias de pedestres.	-Implantação de dispositivos de redução de velocidade, tais como ondulações, sonorizadores no pavimento, tachões colocados transversalmente e lombadas eletrônicas.
	<b>Excesso de velocidade</b> desenvolvida em áreas urbanas, quer pelas características geométricas da via, quer por desrespeito às normas de trânsito.	
	<b>Iluminação noturna</b> precária ou inexistente em áreas de travessia de pedestres.	-Implantação ou reforço da iluminação pública noturna das travessias de pedestres.
	<b>Visibilidade precária</b> para o condutor do veículo e para o pedestre, em vias com curvas verticais côncavas de comprimento inadequado e nas travessias de pedestres.	-Relocação das travessias de pedestres, buscando os locais mais favoráveis à visibilidade dos condutores de veículos e dos pedestres.
	<b>Travessia irregular de pedestres</b> em locais inadequados à visibilidade dos condutores de veículos, tais como: entre veículos estacionados nas laterais da via e junto a pontos de ônibus e táxi.	-Implantação de faixas de pedestres em locais apropriados; -Implantação de dispositivos de controle de travessia irregular dos pedestres tais como: grades, muretas vazadas e ajardinamento de canteiros com arbustos.
<b>Largura excessiva das vias</b> , expondo o pedestre ao risco de atropelamento, associada ao desenvolvimento de altas velocidades.	-Alargamento de calçadas com o avanço dos passeios sobre a via nos locais de travessia de pedestres, para que estes fiquem mais visíveis aos condutores de veículos, encurtando o trecho de travessia; -Implantação de ilhas de refúgio para pedestres, auxiliando o resguardo nas travessias extensas; e -Implantação de dispositivos de redução de velocidade.	

Figura 9 Tipos de Acidentes, Causas Prováveis e Medidas Corretivas  
Fonte: CEFTRU (2002)

## **ANEXO 3**

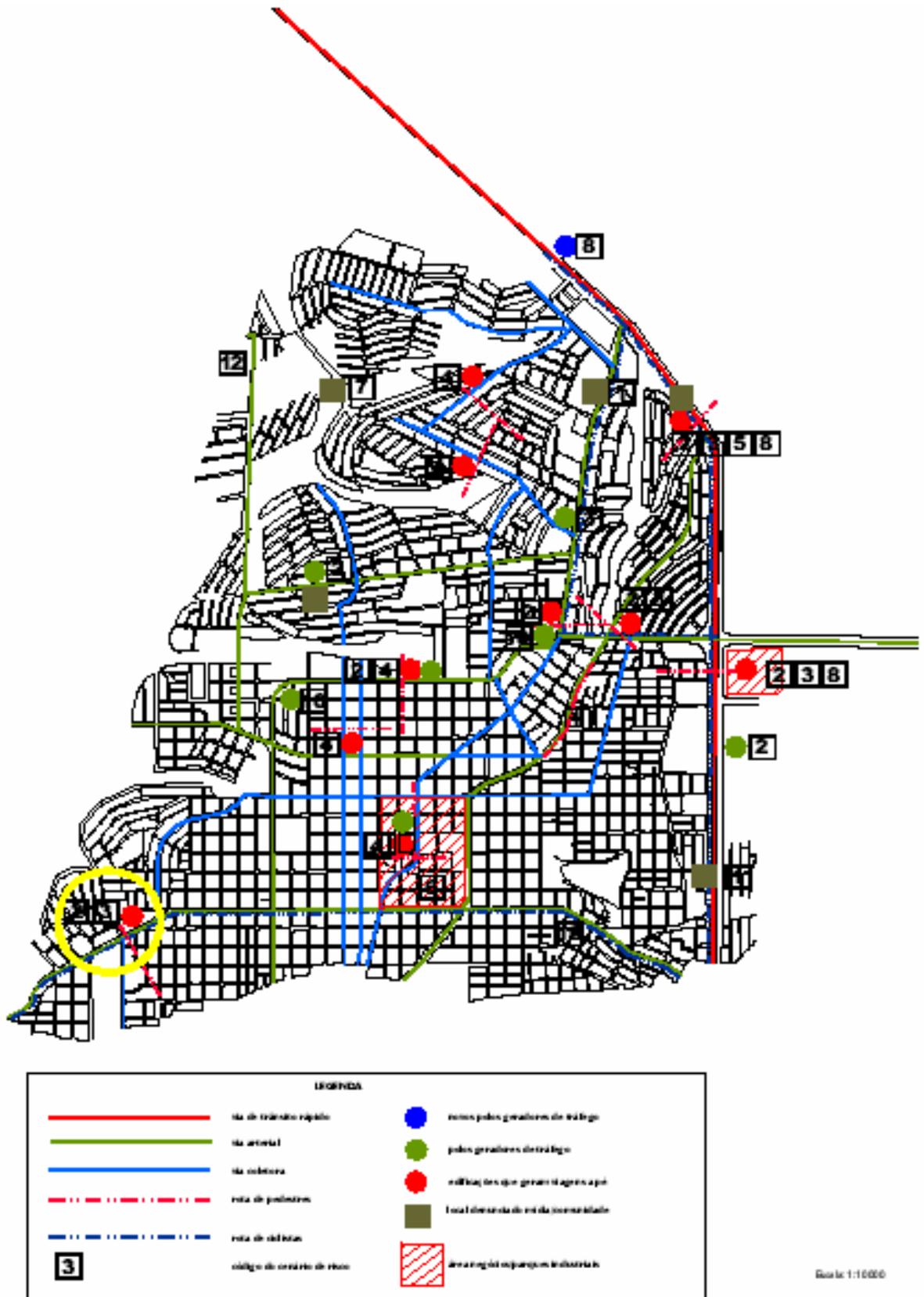


Figura 10. Reconhecimento dos Cenários de Risco  
 Fonte: Brandão (2006)

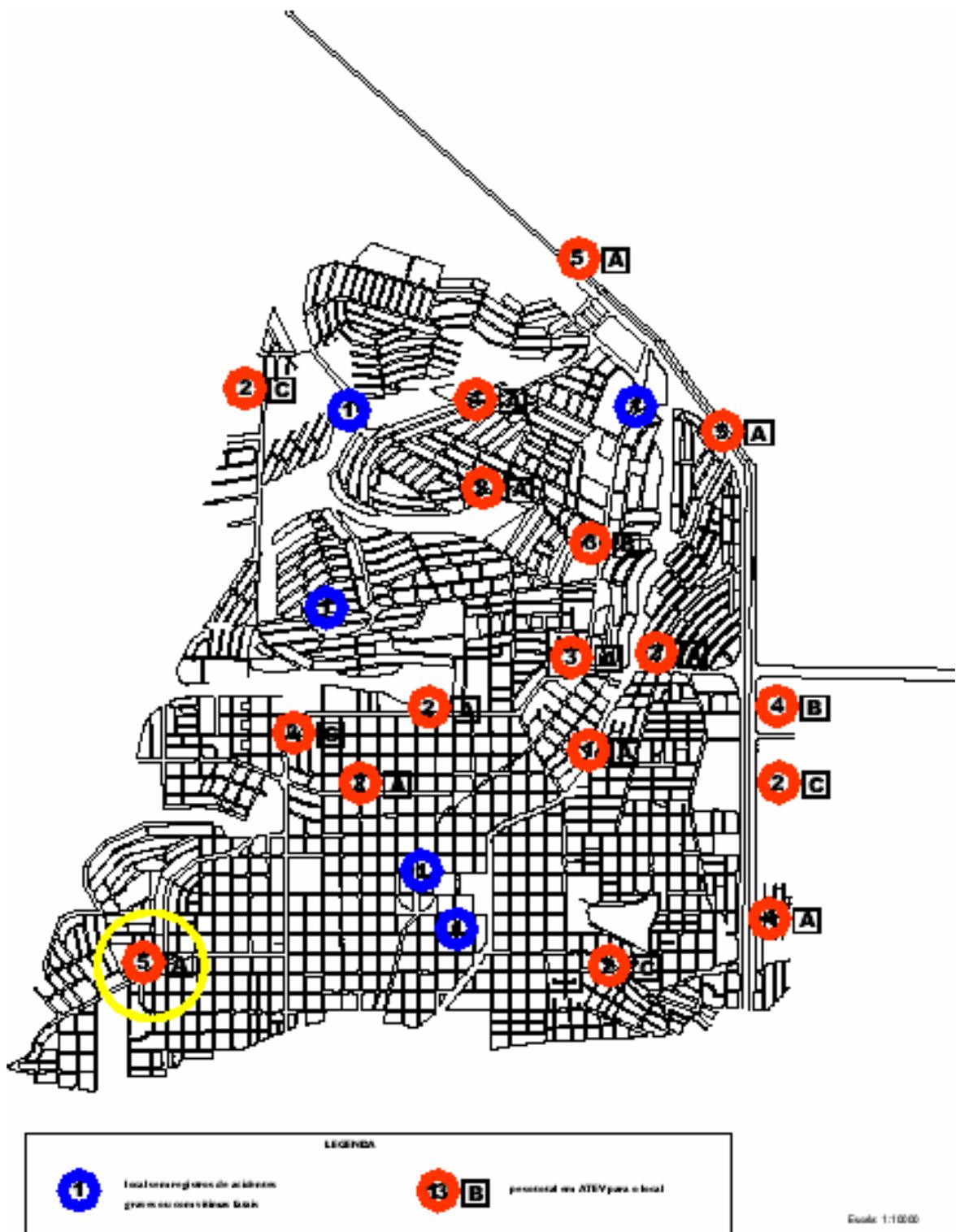


Figura 11. Locais Críticos em ATVE  
 Fonte: Brandão (2006)