

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROCEDIMENTO PARA MONITORAR
MEDIDAS VOLTADAS À REDUÇÃO DOS
ACIDENTES NO SISTEMA VIÁRIO**

Carlo da Silveira Framarim

Porto Alegre, 2003

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROCEDIMENTO PARA MONITORAR MEDIDAS
VOLTADAS À REDUÇÃO DOS ACIDENTES NO SISTEMA
VIÁRIO**

Carlo da Silveira Framarim

Orientador: Professor Luis Antonio Lindau, Ph. D

Banca Examinadora:

**Ana Maria Volkmer de Azambuja da Silva, Dr.
Prof. Depto. de Matemática / FURG**

**Heitor Vieira, Dr.
Prof. Depto. de Materiais de Construção / FURG**

**Helena Beatriz Bettella Cybis, Ph.D
Prof. PPGEF / UFRGS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Área de concentração: Sistemas de Transportes

Porto Alegre, maio de 2003.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. Luis Antonio Lindau, Ph. D

Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Coordenador PPGEF/UFRGS

Banca Examinadora:

Ana Maria Volkmer de Azambuja da Silva, Dr.

Prof. Depto. de Matemática / FURG

Heitor Vieira, Dr.

Prof. Depto. de Materiais de Construção / FURG

Helena Beatriz Bettella Cybis, Ph.D

Prof. PPGEF / UFRGS

AGRADECIMENTOS

Quero registrar meu agradecimento especial à minha namorada Janaina. A compreensão pela minha ausência e principalmente seu incentivo foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a minha colega de trabalho Christine Tessele Nodari pelo companheirismo e atenção.

À minha família por sempre depositarem confiança nos meus projetos profissionais.

Ao meu orientador pelo grande auxílio no desenvolvimento da dissertação.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
ÍNDICE.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE QUADROS.....	X
GLOSSÁRIO	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo principal.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	3
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2 O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA.....	6
2.1 INTRODUÇÃO.....	6
2.2 JUSTIFICATIVA PARA PRÁTICA DO GSV	7
2.3 REVISÃO DAS PRÁTICAS DO GSV NO MUNDO	8
2.3.1 A estrutura organizacional das entidades que adotaram o GSV	8
2.3.2 O planejamento dos programas de segurança viária.....	11
2.3.3 Métodos de avaliação dos programas	17
2.4 O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA NO BRASIL.....	20
2.5 CONCLUSÕES	21
3 MONITORAMENTO DE MEDIDAS MITIGADORAS	24
3.1 INTRODUÇÃO.....	24
3.2 A ESSÊNCIA DO MONITORAMENTO.....	25
3.3 TIPOS DE MONITORAMENTO	27
3.3.1 Primeiro Grupo – A análise de dados apenas do local tratado	28
3.3.2 Segundo Grupo – A análise de dados do local tratado e de locais com características similares, sem o tratamento.	32
3.3.3 Terceiro Grupo - A análise de dados do local tratado e de locais com características distintas, sem o tratamento.	36
3.4 APERFEIÇOAMENTO DOS PROCESSOS DE MONITORAMENTO.....	37
3.4.1 Identificação da tipologia de acidente afetada pela medida	37
3.4.2 Método de avaliação do desempenho da medida mitigadora	37
3.4.3 Estimativa do desempenho da medida	46

3.5	CONCLUSÕES	47
4	TÉCNICA DE ANÁLISE DE CONFLITO DE TRÁFEGO	49
4.1	CONCEITO DE TCT	49
4.2	JUSTIFICATIVA DO USO DA TCT	50
4.3	APLICABILIDADE DA TCT	51
4.4	ESTRUTURA DA TCT	52
4.5	A VALIDAÇÃO	54
4.6	RESUMO DAS TCTS NO MUNDO	56
4.7	DESENVOLVIMENTO DA TCT	59
4.8	A TCT NO BRASIL	60
4.9	AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DAS TCTS AO CASO BRASILEIRO ..	61
4.10	TÉCNICA DE CONFLITO DE TRÁFEGO CANADENSE	63
4.10.1	Avaliação da severidade dos conflitos.....	63
4.10.2	Os tipos de conflitos de tráfego.....	64
4.10.3	A planilha de coleta de dados	65
4.10.4	Método de observação	65
4.10.5	O treinamento dos observadores.....	66
4.10.6	Método de análise	67
4.11	CONCLUSÕES	69
5	PROBLEMAS NA ANÁLISE DE DADOS DE ACIDENTES.....	71
5.1	DISTORÇÕES NO ARMAZENAMENTO DE DADOS	73
5.2	DISTORÇÕES NA ANÁLISE DE DADOS	74
5.2.1	Distorções em conjunturas qualitativas.....	75
5.2.2	Distorções em conjunturas quantitativas	82
5.3	CONCLUSÕES	91
6	O MÉTODO EMPÍRICO BAYESIANO	93
6.1	A ESSÊNCIA DO MÉTODO	93
6.1.1	O grupo de referência	95
6.1.2	O método	97
6.2	CÁLCULO DO EFEITO DO FENÔMENO DE REGRESSÃO À MÉDIA	100
6.3	APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO EB	102
6.3.1	Caracterização dos cenários	103
6.3.2	Identificação da distribuição prévia para os cenários.....	104
6.3.3	A influência do efeito do FRM para os dois cenários.....	105
6.4	CONCLUSÕES	108
7	O PROCESSO DE MONITORAMENTO PROPOSTO.....	109
7.1	DEFINIÇÃO DA ZONA DE MONITORAMENTO	109
7.2	IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS DE REFERÊNCIA	111
7.3	AVALIAÇÃO DO EFEITO DO FENÔMENO DE MIGRAÇÃO DE ACIDENTES 112	
7.3.1	Disposição matricial dos acidentes na zona de monitoramento	113
7.3.2	Caracterização do efeito de migração de acidentes na zona de monitoramento.....	114
7.4	APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ANÁLISE DE CONFLITOS DE TRÁFEGO. 115	
7.5	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO APRESENTADO POR HAUER 116	
7.6	ESTRUTURA PARA REGISTRO E ARMAZENAMENTO DE DADOS	117

7.6.1	Dados relevantes ao armazenamento.....	118
7.6.2	Ligações entre os dados.....	120
7.6.3	Estrutura do banco de dados.....	121
8	CONCLUSÕES.....	124
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
	ANEXO A – TIPOS DE CONFLITOS DE TRÁFEGO E PLANILHA DE REGISTRO DE DADOS PARA A TCT CANADENSE	135
	ANEXO B – CÁLCULO DA SÉRIE ARTIFICIAL E REGISTROS DE ACIDENTES	138
	ANEXO C – FÓRMULAS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO APRESENTADO POR HAUER.....	152

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Processo de planejamento sugerido pela OECD.	11
Figura 3.1 - Estudo "antes - depois"	30
Figura 3.2 - Estudo "antes-durante-depois"	31
Figura 3.3 - Comparação da tendência temporal da série de acidentes do local tratado	32
Figura 3.4 - Estudo "antes-depois" com local de comparação	33
Figura 3.5 - Comparação antes e depois do tratamento	35
Figura 4.1 - Divisão de zonas com mesmo TTC	65
Figura 4.2 - Índice de Conflito da Interseção.	69
Figura 5.1 - A relação da segurança objetiva e subjetiva	77
Figura 5.2 - Diferença no processo de adaptação do motorista	79
Figura 5.3 - Série temporal de registros de acidentes.....	84
Figura 5.4 - Reta de ajuste sobre a verdadeira série temporal (a) e a série temporal artificial da média móvel (b).....	86
Figura 5.5 - Média mensal do número de acidentes de 13 anos de dados.....	88
Figura 5.6 - Fenômeno de regressão à média da taxa de acidentes.	90
Figura 5.7 - Magnitude do efeito de regressão a média	91
Figura 6.1 - Modificação da distribuição prévia pela inserção de dados	94
Figura 6.2 - Distribuição de frequência do VDMA das 192 interseções.....	104
Figura 6.3 - Ajuste da distribuição gama para 192 interseções.	105
Figura 6.4 - Ajuste da distribuição gama para 48 interseções.	106
Figura 6.5 - Efeito do FRM para o Cenário 1 e 2.....	106
Figura 7.1 - Procedimento para monitorar a influência de medidas mitigadoras implementadas no tráfego.....	110
Figura 7.2 - Definição da zona de monitoramento.	111
Figura 7.3 - Representação matricial da malha viária.	113
Figura 7.4 - Croqui auxiliar de trajetória de manobra.	121
Figura 7.5 - Estrutura proposta para armazenamento de dados.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Série temporal do valor de ' $\hat{\omega}$ '.....	41
Tabela 5.1 - Índice de Estacionalidade.....	87
Tabela 5.2 - Variação da taxa de acidentes ao longo dos anos para 181 interseções.....	89
Tabela 6.1 - Histórico de acidentes da Av. Ipiranga X R. Silva Só.	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Resumo de objetivos de redução de acidentes fatais em programas de segurança viária em diferentes países	14
Quadro 2.2 - Detalhes de programas de monitoramento no mundo	15
Quadro 3.1 - Parâmetros utilizados pelo método.	38
Quadro 3.2 - Passo 1 e Passo 2 para avaliação do efeito do medida em um único local.	39
Quadro 3.3 - Contagens de acidentes e valores esperado.....	40
Quadro 3.4 - Exemplo prático para escolha do local de comparação.....	42
Quadro 3.5 - Equações para os Passo 1 e Passo 2 do método, com a utilização de locais de comparação.....	43
Quadro 3.6 - Equações para os Passo 1 e Passo 2, sem a utilização de grupo de comparação.....	45
Quadro 3.7 - Equações para o Passo 3 e Passo 4 para avaliação do efeito do medida em um único local	47
Quadro 4.1 - Elementos operacionais das TCT	57
Quadro 4.2 - Elementos registrados na planilha de campo das TCTs.....	59
Quadro 4.3 - Avaliação do desempenho das TCTs em 6 critérios.	61
Quadro 4.4 - Índices do tempo para o acidente e risco de colisão.	64
Quadro 4.5 - Programa de treinamento da TCT canadense.....	67
Quadro 4.6 - Sumário do índice de conflitos da interseção	69
Quadro 6.1 - Exemplo de grupos de referência apropriados para algumas medidas mitigadoras	96
Quadro 7.1 - Divisão dos dados para análise do efeito de medidas de segurança implementadas no tráfego.....	118
Quadro 7.2 - Delimitações para a ligação entre os dados.....	120
Quadro 7.3 - Código de identificação de dados.....	121

GLOSSÁRIO

Alfabeto grego

- δ - redução do número de acidentes esperado após o tratamento, dada por $\lambda - \pi$.
- κ - número de acidentes esperado antes do tratamento no local tratado.
- λ - número de acidentes esperado depois do tratamento no local de tratado.
- μ - número de acidentes esperado antes do tratamento no local de comparação.
- ν - número de acidentes esperado depois do tratamento no local de comparação.
- π - número de acidentes esperado no período após a implementação da medida que ocorreria se o tratamento não fosse aplicado.
- θ - efetividade do tratamento, dada por λ/π .
- ω - razão de desigualdade.

Alfabeto latim caixa baixa

- \wedge - simboliza a estimativa do parâmetro.
- n - período de ocorrência de acidentes.
- r_c - parâmetro de correção da variação de acidentes do local de comparação, dado por ν/μ
- r_d - parâmetro de correção da influência temporal.
- r_t - parâmetro de correção da variação de acidentes do local tratado, dado por π/κ .
- r_{tf} - parâmetro de correção da influência do tráfego.
- s - número de acidentes.

Alfabeto latim caixa alta

- ACS - severidade média por tipo de conflito.
- AHC - média horária dos conflitos de tráfego.
- K - número de acidentes antes do tratamento no local tratado.
- L - número de acidentes depois do tratamento no local tratado.
- M - número de acidentes antes do tratamento no local de comparação.
- N - número de acidentes depois do tratamento no local de comparação.
- OACS - severidade média global dos conflitos.
- TEV - média horária do volume de tráfego entrando na interseção.

RESUMO

O presente trabalho propõe um processo de monitoramento de medidas visando a redução de acidentes de tráfego aplicadas em vias rurais e urbanas. O monitoramento é definido como um conjunto de técnicas que são aplicadas seqüencialmente para a caracterização do desempenho de medidas mitigadoras. O processo de monitoramento é apresentado passo a passo no que se refere às várias técnicas e ações contempladas. Do processo de monitoramento participam técnicas que incorporam, entre outras, o fenômeno de regressão à média, o fenômeno de migração de acidentes e a análise de conflitos de tráfego.

ABSTRACT

The objective of this dissertation is the proposition of a monitoring process for remedial measures aimed at reducing traffic accidents along urban and rural roads. Monitoring is defined as a set of techniques that are applied sequentially to identify the performance of remedial measures. The monitoring process is presented in a step-by-step way with regard to the several techniques and actions being proposed. The monitoring process includes techniques that incorporate the regression-to-mean effect, the accident migration effect and the traffic conflict analysis.

1 INTRODUÇÃO

O mundo presencia um grande número de fatalidades provenientes dos acidentes de trânsito. Prevenir a ocorrência de acidentes é uma das importantes tarefas atribuídas à Engenharia de Tráfego. Os recursos financeiros destinados à implantação de medidas preventivas, muitas vezes escassos, devem ser devidamente alocados para efetivamente conduzir à reduções no número de acidentes. O monitoramento da efetividade das medidas implementadas para redução dos acidentes se constitui em um instrumento importante para avaliação do real retorno dos investimentos feitos na área de segurança viária.

O profissional da área de segurança viária deve conhecer as conseqüências de decisões que visam a redução do número de acidentes. O estudo do fenômeno do acidente e a avaliação do efeito de medidas mitigadoras de acidentes oferecem ao analista mais confiança para amenizar o efeito dos acidentes na sociedade. Portanto, o gerenciamento da segurança viária demanda a utilização de técnicas de aferição, para que as medidas adotadas sejam efetivas e se evite o desperdício de recursos financeiros.

A mensuração dos acidentes viários sofre interferências de diferentes fenômenos. Os processos de coleta e análise de dados devem levar em consideração fenômenos estatísticos e temporais. As distorções provenientes destes fenômenos devem ser excluídas para a avaliação do efeito do tratamento. Apenas com a exclusão de interferências de fenômenos estatísticos e temporais é possível identificar, precisamente, locais propensos à geração de acidentes e avaliar a redução real dos acidentes após a implantação de medidas preventivas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A verdadeira redução do número de acidentes, devido à implantação de determinada medida visando a segurança viária, pode não ser alcançada ou, ainda, ser erroneamente avaliada. O erro na análise mascara a efetividade da medida adotada, propiciando que medidas ineficientes sejam não apenas mantidas como também aplicadas novamente em outros locais com problemas similares.

O processo de monitoramento de medidas para reduzir os acidentes viários vem crescendo em países desenvolvidos. O acompanhamento do desempenho destas medidas

adotadas em planos de segurança viária vem propiciando um gerenciamento eficiente dos recursos financeiros e a possibilidade de reavaliar medidas pouco eficientes. O Brasil ainda não conta com um processo de monitoramento consolidado e operacional. Desta forma, é relevante apresentar um processo de monitoramento adequado para a prática brasileira.

O monitoramento de medidas adotadas para reduzir o número de acidentes viários propicia ao engenheiro de tráfego acompanhar o período de influência da medida no tráfego. Através do monitoramento é possível reforçar ou substituir medidas cuja influência no comportamento dos usuários da via diminui com o passar dos anos. Desta forma, o processo de monitoramento oferece um melhor retorno à sociedade dos investimentos direcionados aos planos de segurança viária.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é propor um processo de monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes aplicadas no sistema viário visando a segurança do tráfego.

1.2.2 Objetivos específicos

- i. Apresentar as fontes potenciais de distorções nas análises de registros histórico de acidentes (fenômeno de regressão a media, fenômeno de migração de acidentes, sazonalidade da série temporal de registros de acidentes, compensação de risco);
- ii. Apresentar formas de monitoramento de medidas aplicadas para a redução de acidentes (estudo antes e depois, estudo antes, durante e depois, comparação da tendência temporal, utilização do grupo de controle, utilização do grupo de comparação, estudo “*Cross-section*”), assim como medidas alternativas de avaliação (Técnicas de Conflitos de Tráfego);
- iii. Propor um método de monitoramento de medidas de segurança aplicadas no tráfego, apresentando os conceitos e formulações do método.

- iv. Sugerir dados a serem coletados e uma estrutura para armazenamento dos dados necessários para acompanhamento e avaliação da efetividade de medidas mitigadoras de acidentes;

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho aborda a importância de um procedimento para monitorar medidas mitigadoras de acidentes. Ele inicia com uma revisão de programas de gerenciamento de segurança viária e dos tipos de processos de monitoramento de medidas mitigadoras implementadas no tráfego em diferentes países. A revisão de programas de gerenciamento de segurança viária é feita principalmente em países membros da *Organisation for Economic Co-operation and Development*. A abordagem está restrita à estrutura organizacional, planejamento e métodos de avaliação dos programas de segurança viária nestes países. Também são apresentados os conceitos envolvidos em diferentes tipos de processos de monitoramento. A apresentação dos conceitos não é feita através de dados numéricos devido à dificuldade de se encontrar registros de dados de processos de monitoramento já implementados.

Ainda, com o objetivo de apresentar um método de avaliação expedita de medidas mitigadoras de acidentes, o trabalho apresenta a técnica de análise de conflito de tráfego. Essa é uma técnica alternativa de avaliação de problemas de segurança viária aplicada em diferentes países. O trabalho apresenta cinco abordagens de análise de conflitos de tráfego e faz comparações entre elas. Outras técnicas de conflito de tráfego foram excluídas do estudo por não serem usualmente praticadas.

O método proposto é apresentado através de um procedimento passo a passo que contempla várias técnicas e ações. No entanto, este método não é aplicado na prática. A proposta limita-se em apresentar teoricamente as formulações e os procedimentos para o tratamento de fontes de distorções potenciais no processo de avaliação do desempenho de medidas mitigadoras de acidentes.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em oito capítulos. Após o presente capítulo segue-se uma revisão da prática do gerenciamento da segurança viária. A revisão das práticas de GSV adotadas no mundo está organizada em três tópicos. O primeiro refere-se à estrutura organizacional das entidades que adotaram o GSV, o segundo trata do planejamento de programas de segurança viária. Por fim, o terceiro tópico diz respeito à metodologia de avaliação desses programas.

No terceiro capítulo é apresentada uma revisão dos tipos de processo de monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes implementadas no tráfego. Este capítulo apresenta os conceitos e as limitações de cada tipo de processo de monitoramento.

O quarto capítulo apresenta uma revisão das Técnicas de Análise de Conflitos de Tráfego, TCT, desenvolvidas e praticadas nos Estados Unidos, Canadá, França, Inglaterra, Suécia. O capítulo apresenta uma revisão bibliográfica considerando: (i) os conceitos gerais de cada técnica; (ii) as aplicações das TCTs no mundo e no Brasil, (iii) a validade das TCTs no diagnóstico de segurança viária. Na segunda parte é apresentada a TCT proposta pelo trabalho. Nesta parte é feita a apresentação e a descrição completa da TCT proposta.

No quinto capítulo são apresentados os problemas na análise estatística de dados de acidentes. O capítulo apresenta uma revisão de quatro fontes de distorção influentes na análise do efeito de medidas de segurança implementadas no tráfego. A apresentação destas fontes de distorções é feita com a descrição do fenômeno de compensação de risco, do fenômeno de migração de acidentes, da análise da série temporal de dados de acidentes e do fenômeno de regressão à média.

O sexto capítulo apresenta o Método Empírico Bayesiano. O capítulo é dividido em duas partes. A primeira parte apresenta os conceitos e formulações do método. Na segunda parte é descrito em exemplo prático para compreensão do Método Empírico Bayesiano e quantificação do efeito do fenômeno de regressão à média.

O sétimo capítulo apresenta a proposta do trabalho em duas partes. Na primeira parte do capítulo são apresentados os conceitos e formulações aplicadas no método proposto. Na

segunda parte do capítulo é apresentada uma sugestão de estrutura para o registro e armazenamento de dados relevantes à avaliação do efeito efetivo da medida de segurança implementada no tráfego.

O oitavo capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho e indica propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2 O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA

2.1 INTRODUÇÃO

Não existe cura para os acidentes viários. Os danos causados pelo acidente viário provêm da troca de energia entre corpos, adquirida pela mobilidade entre um ou mais corpos. Pode-se minimizar as conseqüências dos acidentes, ou a probabilidade de um veículo ser envolvido em uma colisão, mas enquanto existir mobilidade motorizada é, provavelmente, impossível erradicar os acidentes.

Segundo Hauer (1998), existem dois modelos extremos de gerenciamento da segurança viária, um modelo com estilo pragmático e o outro com estilo racional. O profissional ou empresa que se atém ao estilo pragmático baseia seus conhecimentos no julgamento popular, sendo a opinião pública o fator determinante para a identificação e alocação de medidas preventivas. As medidas adotadas buscam apenas apresentar à opinião pública a pretensão de atuar sobre a incidência de acidentes no sistema viário. O modelo de gerenciamento adotado é do estilo pragmático quando: (i) as decisões forem tomadas sem o conhecimento das conseqüências das ações; (ii) não for fornecido treinamento ou equipamento para se adquirir conhecimentos sobre a segurança viária; e (iii) não forem aplicadas pesquisas para se aprender com o sucesso ou falha de ações.

Já a empresa ou profissional enquadrado ao estilo racional têm como ideal reduzir os danos dos acidentes de forma eficiente. Existe o interesse: (i) pela previsão das conseqüências de decisões e ações; (ii) por balancear os custos e os benefícios; e (iii) por melhorar o gerenciamento da segurança analisando experiências passadas de implementação de medidas.

Muitas decisões na área de segurança viária ainda são tomadas com cunho político ao invés de técnico. Os profissionais da área de transportes necessitam se conscientizar de que suas decisões influem na segurança das pessoas. Na área da saúde, o diagnóstico e o tratamento são responsabilidades de um profissional treinado no assunto. A intuição não serve para a segurança viária. O clamor por mais pesquisas na área deve ser vinculado a um direcionamento dos profissionais que atuam na área de segurança viária para o modelo racional. Caso contrário, a pesquisa não proporcionará efeito algum na atuação sobre os acidentes ou, ainda, terá sua credibilidade contestada.

De acordo com a definição proposta pelo FHWA (2001), o Gerenciamento da Segurança Viária, GSV, é um processo sistemático que visa a redução da quantidade e da severidade dos acidentes. Nesse processo, a segurança deve ser tratada de forma explícita em todas as fases de um empreendimento viário. Dessa forma, objetiva-se garantir que todas as oportunidades factíveis de oferecer melhores condições de segurança nas etapas de planejamento, projeto, execução, manutenção e operação, sejam devidamente identificadas, avaliadas e implementadas. O GSV também tem por objetivo a consolidação e disseminação de informações úteis para a elaboração de estratégias e projetos que contribuam de forma efetiva para promover a segurança viária.

De um modo geral, os programas de segurança viária têm-se restringido ao tratamento isolado de locais onde é verificado um alto número de acidentes graves. Esse tipo de atuação, no entanto, pode apresentar falhas na priorização dos reais problemas de segurança viária (OECD, 2002).

O GSV surgiu como uma alternativa aos programas de segurança viária realizados de forma pontual e isolada. Esse novo procedimento de atuação vem sendo preconizado por países com tradição na pesquisa e no desenvolvimento de políticas de segurança viária. A divulgação de experiências bem sucedidas na aplicação do GSV pode servir como uma fonte de informação importante para a melhoria da prática do GSV em países menos atuantes nesta área. Contudo, não existe um modelo padrão de gerenciamento. Nesse capítulo, objetiva-se explicitar como os programas de GSV bem sucedidos foram desenvolvidos de forma a prover informações relevantes a futuros programas de melhorias da segurança viária.

2.2 JUSTIFICATIVA PARA PRÁTICA DO GSV

A falta de um programa de GSV que integre os diferentes órgãos responsáveis pela redução de acidentes é um dos fatores que prejudica a efetividade de programas de segurança viária (TRL, 2002). Diferentes organizações, tanto públicas como privadas, e de âmbito nacional, regional e local estão envolvidas na redução dos acidentes. No entanto, ainda é bastante limitada a integração entre o setor público, o setor privado e as ONG's nos programas de segurança viária.

Muitos programas para redução de acidentes são desenvolvidos simultaneamente, e de forma independente, por diferentes órgãos ou empresas. Essa falta de integração decorre, muitas vezes, das características da estrutura organizacional de certas instituições que restringem ou dificultam a integração no planejamento e na execução de projetos de segurança viária. Também é possível verificar falhas na coordenação e na comunicação entre os setores responsáveis pelo planejamento do transporte e pela segurança viária. A aproximação desses dois setores tem se mostrado essencial no tratamento da segurança viária, permitindo uma abordagem mais ampla do problema. Desta forma, não é raro que existam deficiências na circulação de informações entre as instituições sobre os processos de implantação ou sobre os resultados de programas de redução de acidentes executados. O desenvolvimento de programas de gerenciamento integrado da segurança viária é um caminho sólido para programas efetivos de segurança e para a maximização dos benefícios de investimentos públicos (OECD, 2002).

2.3 REVISÃO DAS PRÁTICAS DO GSV NO MUNDO

A revisão das práticas de GSV adotadas no mundo está organizada em três tópicos. O primeiro refere-se à estrutura organizacional das entidades que adotaram o GSV, o segundo trata do planejamento de programas de segurança viária. Por fim, o terceiro tópico diz respeito à metodologia de avaliação desses programas.

2.3.1 A estrutura organizacional das entidades que adotaram o GSV

De uma forma geral, dois modelos organizacionais podem ser caracterizados nas práticas mundiais de GSV. O primeiro modelo caracteriza-se por atribuir a responsabilidade de coordenação dos programas de segurança viária a um ministério ou organização governamental. No segundo modelo, conselhos ou comitês independentes são encarregados de definir o alcance e preparar os programas que serão submetidos à aprovação governamental.

O primeiro modelo é predominante na maioria dos países. Geralmente o órgão responsável pela implementação de políticas de segurança viária é o Ministério dos Transportes (Alemanha, Austrália, Canadá, Dinamarca, Estados Unidos, França, Holanda, Hungria, México, Polônia, Reino Unido, República Checa, Suécia). O Ministério da Justiça

desempenha esta função na Irlanda e no Brasil, onde em 2003 o Departamento Nacional de Trânsito, DETRAN, passou a estar vinculado ao Ministério das Cidades. Representantes regionais fazem parte de comitês em alguns países (Alemanha, Canadá e Holanda) assim como organizações não governamentais (Alemanha, Holanda, República Checa e Suécia) (OECD,2002).

A definição de uma agência ou órgão legalmente responsável pela segurança viária forma a base de uma boa estrutura organizacional para o GSV. No Reino Unido e nos Estados Unidos, a definição legal dos responsáveis pelo tratamento dos acidentes rodoviários foi feita na década de 70, influenciada pelo elevada ocorrência de acidentes (TRL, 2002). De um modo geral, em países onde se obteve sucesso na redução de acidentes viários (ex: Suécia e Reino Unido), a segurança viária foi conduzida por agências rodoviárias. Também existem experiências bem sucedidas onde essas atribuições foram delegadas à polícia (ex: Japão). Em documento publicado pelo TRL (2002), recomenda-se que agências rodoviárias recebam este encargo.

A coordenação entre diferentes órgãos atuantes em melhorias da segurança viária é mais relevante que a estrutura organizacional adotada no gerenciamento da segurança viária. Não existe um único padrão eficiente de estrutura organizacional a ser adotado (Trinca *et al. apud* TRL, 2002). No entanto, a coordenação entre os órgãos envolvidos nesta área é fundamental para se alcançar bons resultados. A coordenação é importante para evitar uma duplicação de esforços ou ações divergentes. As informações referentes à definição dos objetivos, ao planejamento, ao desenvolvimento e à implantação de um programa devem ser constantemente compartilhadas.

Três métodos de coordenação de múltiplas instituições são apresentados pela *Organisation for Economic Co-Operation and Development* (OECD, 2002). No método 1, as instituições planejam independentemente seu próprio programa e distribuem suas propostas a outras instituições interessadas em integrar seus programas de segurança. No método 2, as instituições interessadas na definição da proposta do programa de segurança promovem encontros para a elaboração de um programa comum de segurança. Já no método 3, as instituições interessadas no programa de segurança participam de um conselho através de seus representantes. O programa é planejado e implementado por este conselho.

O método 1 é recomendado quando as medidas implementadas sob responsabilidade de diferentes instituições são independentes. Por outro lado, os métodos 2 e 3 são indicados quando existe afinidade entre as medidas a serem implementadas. Quando se torna necessário formar um conselho, é preciso definir o poder de decisão e a autoridade de cada membro representante das diferentes instituições.

A troca de informações e a coordenação entre representantes dos setores público, privado, ONGs e universidades propicia uma melhor avaliação do desempenho de programas de segurança viária. No Japão, uma organização semi-governamental promove melhorias eficientes na área de segurança viária através da integração de diferentes órgãos que atuam com pesquisa e análise de dados de tráfego. Implantado por lei em 1992, o ITARDA – *Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis* conta com a colaboração do *Ministry of Construction, Ministry of Transport, National Police Agency, Japan Automobile Manufacturer's Association, Japan Federation of Economic Organizations* e *Marine and Fire Insurance Association of Japan*. O instituto pesquisa, de forma multidisciplinar, temas que contribuam para o desenvolvimento de métodos de análise de acidentes e medidas de segurança viária (FHWA, 1995).

Também no Japão, se verifica a integração entre as universidades e o setor privado. O *Council for Transport Technology*, unidade responsável pela avaliação da segurança viária no Ministério dos Transportes, é composto por representantes do setor público, privado e por universidades. Através de informações registradas no banco de dados consolidado pelo ITARDA, este conselho desenvolve pesquisas e análises para melhorias na segurança viária (FHWA, 1995).

Na Nova Zelândia, o *National Road Safety Council*, NRSC, órgão responsável pela melhoria da eficiência e efetividade de programas de segurança viária, é assistido por vários comitês, incluindo: (i) *National Road Safety Working Group* – responsável por detalhar a coordenação política entre as organizações pertencentes ao NRSC; (ii) *National Road Safety Advisory Group* – responsável por monitorar a implementação de programas nacionais de segurança viária e atuar como fórum sobre o assunto, aconselhando o NRSC; (iii) *Industry Consultive Group* – representante do setor comercial de transportes (associações automobilísticas, associação de rodoviários, associação de caminhoneiros, etc); e (iv) *NZ Road Safety Programme Management Review Group* – constituído por membros da polícia,

do Ministério do Transportes e por membros da agência responsável pela segurança viária do país (*New Zealand's Land Transportation Safety Authority*) (TRL, 2002).

2.3.2 O planejamento dos programas de segurança viária

A atuação governamental na área de segurança viária abrange diferentes níveis (municipal, estadual, federal). Devido à sua complexidade, faz-se necessária a adoção de um método de planejamento. O processo de planejamento proposto pela *Organisation for Economic Co-Operation and Development* é apresentado na Figura 2.1.

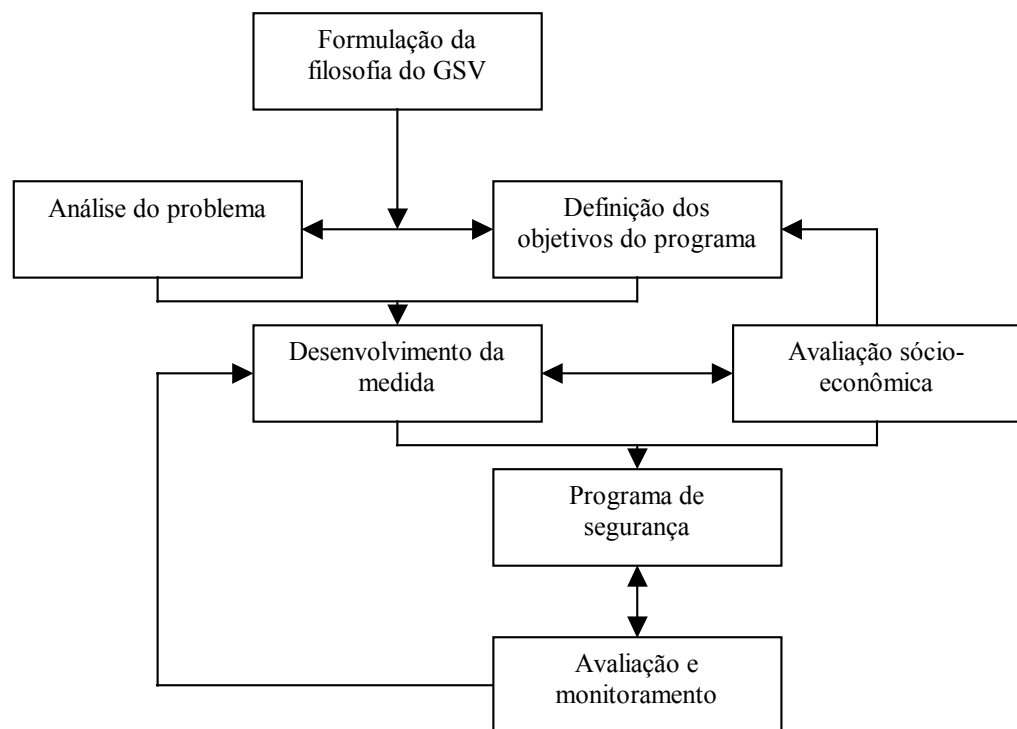


Figura 2.1 - Processo de planejamento sugerido pela OECD (OECD, 2002).

As deficiências e as virtudes deste processo de planejamento do GSV, já foram identificadas em vários países. O objetivo da maioria das publicações sobre a boa prática de GSV é reportar situações de falhas e de sucessos de programas implementados para a redução da severidade e do número de acidentes. A seguir, são apresentados alguns fatores que contribuíram para o sucesso ou fracasso de programas de segurança viária. A divulgação das virtudes e das deficiências dos processos de GSV já implementados permite que experiências bem sucedidas sejam copiadas e aprimoradas e que os erros não sejam replicados.

2.3.2.1 Deficiências no processo de planejamento de programas para segurança viária

Os programas para a segurança viária com metas muito ambiciosas se tornam, muitas vezes, inviáveis. Programas ambiciosos em países em desenvolvimento tendem a contemplar múltiplas recomendações para vários setores, tornando difícil sua implementação. As dificuldades na implementação de programas para a segurança viária podem ser minimizadas se for restringida a quantidade de metas a serem cumpridas em cada setor envolvido no programa (TRL, 2002).

Os financiamentos concedidos para programas de segurança abrangem, normalmente, apenas a fase de elaboração de um projeto. A falta de continuidade no financiamento desses programas compromete o custeio das fases de projeto, implementação, monitoramento e avaliação. Dessa forma, fica prejudicado o cumprimento do programa de segurança em sua totalidade (TRL, 2002). Em um contexto de recursos escassos, a falta de empenho na busca de fontes de financiamento contribui, inevitavelmente, para que os programas de segurança resultem em documentos teóricos ao invés de aplicações práticas.

O período de planejamento e a duração dos programas de segurança influenciam os seus resultados. Em países desenvolvidos, os programas geralmente levam vários anos para serem desenvolvidos e envolvem um extenso processo de consultoria. A duração dos programas também tende a ser longa. Em países em desenvolvimento, os programas de segurança geralmente são montados em meses ou semanas. A busca por consultoria especializada, e/ou o financiamento dos programas geralmente são restritos a um curto período de tempo. Processos de curto prazo resultam em programas superficiais ou programas que rapidamente caem no esquecimento.

2.3.2.2 Fatores contribuintes para o sucesso dos programas para segurança viária

Dois aspectos fundamentais para o sucesso de programas de segurança viária são identificados em práticas bem sucedidas do GSV, em diferentes países. São eles: (i) a definição clara dos objetivos do programa e, (ii) o monitoramento periódico das medidas mitigadoras de acidentes implementadas e da efetividade da estrutura multidisciplinar

montada para assegurar a redução de acidentes. Esses dois aspectos normalmente estão presentes no GSV praticado em países com tradição em políticas de segurança.

a) Definição dos objetivos do programa

Existem dois tipos de objetivos a se traçar nos programas de segurança viária: o idealístico e o realístico. Os objetivos são considerados idealísticos quando não é especificada a maneira de se alcançar os objetivos. Por outro lado, os objetivos do programa são considerados realísticos quando forem embasados na estimativa do efeito das medidas de segurança viária disponíveis. Muitos países usam uma combinação do realismo com o idealismo.

Como exemplo de objetivos idealísticos podemos citar os programas implementados na Suécia e no Canadá. No caso da Suécia, o programa Visão Zero visa a eliminação dos acidentes graves e fatais das rodovias do país. O pensamento incorporado ao programa é “o que deve ser feito para alcançar as metas?” ao contrário de “o que podemos obter com as medidas de segurança disponíveis?” (TRL, 2002). Já no Canadá, o programa que busca tornar as rodovias do país “as mais seguras do mundo” também reflete o idealismo incorporado ao programa (OECD, 2002).

Em outros países, a quantificação representa o realismo na definição dos objetivos. Uma redução de 50% no número de fatalidades é almejada tanto na França como na Holanda, porém em períodos diferentes. Na Holanda se busca esta redução no período de 1986 até 2010, enquanto que na França, em apenas cinco anos (OECD, 2002). O Quadro 2.1 apresenta um resumo dos objetivos definidos para programas de segurança viária em diferentes países.

É possível melhorar a segurança viária mesmo sem definir objetivos quantificáveis. Contudo, a falta de objetivos claros pode limitar a criatividade na busca de soluções para o problema da falta de segurança e, no longo prazo, levar a ações e pensamentos mais conservadores. A definição dos objetivos conduz à elaboração de programas mais realísticos e efetivos, resultando em uma maior integração de esforços institucionais e em uma alocação de recursos mais definida.

Quadro 2.1 - Resumo de objetivos de redução de acidentes fatais em programas de segurança viária em diferentes países (OECD, 2002)

País	Ano base para comparação	Ano limite para atingir objetivo	Objetivo (fatalidades)
Austrália	1999	2010	-40%
Canadá	média (1996-2001)	média (2008-2010)	-30%
Coréia	2000	2006	-62%
Dinamarca	1998	2010	-40%
Estados Unidos	1996	2008	-20%
	1998	2010	-50% (caminhões pesados)
Finlândia	1989	2005	-65%
França	1997	2002	-50%
Holanda	1986	2010	-50%
Hungria	1992	2000	-25~30%
Islândia	1991-96	2000	-20%
Polônia	1997	2001	-20%
Reino Unido	1994-98	2010	-40%
Suécia	1996	2007	-50%
União Européia	1995	2010	-40%

Objetivos com razoável grau de ambição induzem a geração de novos conhecimentos direcionados à melhoria da segurança viária. A procura por novos conhecimentos promove a pesquisa inovadora voltada para a redução do número de acidentes.

A definição clara dos objetivos também facilita o processo de monitoramento dos programas. Através do monitoramento é possível avaliar a efetividade, permitindo que sejam intensificados os esforços que estão dando bons resultados e redefinindo aqueles que não vêm obtendo bom desempenho. Portanto, para o monitoramento, é importante que os objetivos sejam mensuráveis.

b) Monitoramentos periódicos

É útil desenvolver revisões periódicas dos resultados alcançados pela implementação de um programa de segurança viária, principalmente quando a execução do programa envolve múltiplas instituições. O monitoramento periódico permite que sejam minimizadas as incertezas a respeito do efeito das ações individuais implementadas. Desta forma, é possível ir ajustando o programa para se alcançar as metas originalmente estabelecidas.

O monitoramento permite o acompanhamento dos investimentos e dos resultados de programas de segurança de forma periódica. O programa de melhorias da segurança viária, implantado nos Estados Unidos – *Highway Safety Improvement Program* (FHWA, 1981), exige que os estados incluam um processo de avaliação do efeito das melhorias viárias. Essa avaliação deve incluir, de acordo com o FHWA (2001): (i) o custo e os benefícios derivados dos vários métodos usados para mitigar ou eliminar os acidentes; (ii) os registros de acidentes antes e depois da implementação de projetos de melhorias viária; e (iii) a comparação entre o número de acidentes, as taxas e as severidades observadas após a implementação do projeto e os valores esperados caso as melhorias não fossem feitas.

No entanto, é recomendável que o monitoramento das medidas e a avaliação dos efeitos sejam feitos por instituições independentes. É aconselhável que agências independentes, com boa capacidade de pesquisa e conhecimento técnico, sejam encarregadas do monitoramento e da avaliação de medidas implementadas para a redução dos acidentes. O Quadro 2.2 apresenta um resumo do monitoramento empregado em programas de segurança viária no mundo.

Quadro 2.2 - Detalhes de programas de monitoramento no mundo (OECD, 2002).

País	Agência responsável pela avaliação	Foco	Periodicidade
Alemanha	Ministério dos Transportes	Estatísticas de acidentes, medidas de segurança e ações	Uma vez a cada dois anos
Austrália	Força Tarefa Nacional	Fatalidades e acidentes graves para programas específicos	Uma vez ao ano
Áustria	Não existe responsabilidade formal para o monitoramento; desenvolve monitoramento de programas específicos	Taxa de acidentes dos municípios	Uma vez a cada três anos
Bélgica	Cada agência é responsável por sua própria avaliação; Instituto de Segurança Viária Belga (IBSR-BIVV) conduz avaliações nacionais	Vidas salvas vs. Recursos empregados	Não conhecido
Canadá	Governo Federal ou Provincial (Condutores) Governo Federal (Veículos) Governo Provincial (infra-estrutura)	Taxas de acidentes e fatalidades	Uma vez ao ano

Quadro 2.3 - Detalhes de programas de monitoramento no mundo (continuação...).

País	Agência responsável pela avaliação	Foco	Periodicidade
Coréia	Cada agência é responsável por sua avaliação; Ministério dos Transportes desenvolve avaliações nacionais	Fatalidades	Uma vez ao ano
Dinamarca	Comissão Dinamarquesa de Segurança Viária	No. de acidentes No. de acidentes fatais e sérios	Três vezes ao ano
Estados Unidos	Monitoramento e registro de acidentes pelo NHTSA (<i>National Highway Traffic Safety Administration</i>). Estratégias desenvolvidas por: NHTSA, <i>Federal Highway Administration</i> , <i>Federal Motor Carrier Safety Administration</i>	Acidentes, causalidades, fatalidades por milhões de veículos-milha Tipos de acidentes, tipos de fatores presentes	Monitoramento contínuo. Boletim anual
Finlândia	Comitê consultor em segurança viária, Ministério dos Transportes e províncias	No. de acidentes, causalidades e fatalidades	Uma vez ao ano
França	O Primeiro Ministro e o Ministério dos Transportes – Comitê Interministerial de Segurança Viária (CISR)	No. de acidentes, causalidades e fatalidades	Uma vez ao ano
Hungria	Ministério dos Transportes e Ministério do Bem Estar Social	Número de acidentes, lesões e fatalidades	Uma vez ao ano
Islândia	Conselho de Segurança Viária Islandês, autoridades municipais	Programas de segurança viária, redução de fatalidades, análise dos tipos de colisão	Uma vez ao ano
Itália	Cada agência é responsável por suas atividades.	Programa de segurança viária nacional em preparação. Fatalidades e casualidades	Uma vez ao ano
Japão	Cada agência é responsável por seu programa de avaliação	Acidentes com fatalidades e causalidades	Uma vez ao ano
Holanda	Ministério dos Transportes, Instituto de Segurança Viária (SWOV), províncias e municípios	Acidentes, fatalidades, causalidades e riscos	Uma vez ao ano; A cada quatro anos (em maiores detalhes)
Noruega	Administradores de rodovias públicas e autoridades provinciais	Redução de acidentes	Uma vez ao ano
Nova Zelândia	Conselho Nacional de Segurança Viária	Fatalidades e acidentes graves	Mensalmente

Quadro 2.4 - Detalhes de programas de monitoramento no mundo (continuação...).

País	Agência responsável pela avaliação	Foco	Periodicidade
Polônia	Conselho de Segurança Viária do Ministério dos Transportes	Integrado à programas de segurança viária	Não detalhado
Reino Unido	DETR (<i>Dept. of Environment and Transport</i>)	Acidentes, causalidades por severidade e grupos de usuários	Uma vez ao ano. No futuro, revisão a cada três anos
República Checa	Cada ministério possui sua responsabilidade Ministério dos Transportes e Ministério do Interior são responsáveis por avaliações nacionais	Avaliação geral	Uma vez ao ano
Suécia	Instituto Nacional de Pesquisa Rodoviária e Administradores das rodovias nacionais	Programas detalhados com muitas sub-áreas, cada uma com um objetivo. Possui curvas de previsão de acidentes e vítimas.	Uma vez ao ano

Existe uma diferença considerável na prática do monitoramento entre os diversos países. O monitoramento e a avaliação de projetos de melhorias viárias têm merecido destaque nos Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Dinamarca, Finlândia e Holanda. Da mesma forma, o monitoramento vem se tornando importante na França e no Japão. Contudo, o monitoramento ainda não é uma prática geral.

2.3.3 Métodos de avaliação dos programas

Os métodos de avaliação de programas de segurança viária possuem a mesma importância que os processos de monitoramento. Os programas de segurança viária contemplam uma mistura de ações políticas, técnicas, legais e sócio-econômicas. Portanto a avaliação dos programas de segurança viária deve abranger esses aspectos. Devido à escassez de recursos para investimentos nesta área, o acompanhamento dos gastos nos projetos e dos indicadores do seu desempenho é fundamental na identificação de medidas “rentáveis” de segurança viária.

A avaliação do programa e de seus resultados deve fazer parte do processo de gerenciamento. O “*feedback*” do monitoramento e a avaliação do programa são essenciais

para um processo eficiente. Os métodos de avaliação e os indicadores apresentados a seguir são baseados na proposta da OECD (OECD, 2002).

2.3.3.1 Tipos de métodos de avaliação

Em geral, existem três métodos de avaliação de medidas de segurança viária: (i) análise custo/efetividade; (ii) análise multi-criterial; e (iii) análise benefício/custo.

A análise da razão custo/efetividade procura o caminho mais efetivo para se atingir os objetivos previamente estabelecidos do programa. Essa análise não define se um projeto deve ser realizado ou não, apenas avalia o nível de efetividade da política de segurança adotada. Neste método, as políticas de segurança viária são priorizadas conforme a estimativa da razão custo/efetividade.

A análise multi-criterial está baseada na definição e avaliação de critérios relevantes para que os projetos de segurança viária alcancem os objetivos pré-definidos. Pesos e valores escalonados são usados para ponderar a influência destes critérios nos projetos de melhorias viária. Todos os fatores relevantes ao julgamento podem ser analisados neste método. No entanto, o processo para agregar todos fatores relevantes é complexo e, freqüentemente, não muito claro aos tomadores de decisão.

A análise social da razão benefício/custo é a ferramenta mais propícia para avaliações públicas. Este método integra o lado da oferta de política de segurança viária (proveniente da análise custo/efetividade) com o lado da demanda social por políticas de intervenção (disponibilidade da população em pagar pelos seus anseios). A convergência das duas curvas indica o nível social ótimo para a segurança viária. A necessidade de uma definição do valor monetário de todos os efeitos das intervenções é a maior barreira para se desenvolver análises deste tipo.

Contudo, a análise da razão custo/benefício não é uma prática comum. Devido à falta de registros dos benefícios atingidos com o programa, obtidos na etapa de monitoramento, há falhas na continuidade e confiabilidade dos dados. Da mesma forma, a necessidade de mensurar os benefícios em termos monetários, incluindo o valor da vida, dificulta este tipo de análise.

A obtenção do valor monetário de todos os impactos provenientes da implementação de uma medida é possível. Assemelha-se à mensuração do custo esperado de investimentos operacionais e de manutenção, apesar da mensuração de efeitos intangíveis necessitar de métodos padronizados e confiáveis. Ao contrário de se tentar mensurar o valor da vida, deve-se encontrar o valor que as pessoas estão dispostas a pagar para a redução do risco ao acidentes e às suas conseqüentes lesões. Desta forma, o valor da fatalidade está diretamente relacionado ao valor da prevenção da mesma. Deve-se salientar que esta análise do “*trade-off*” de políticas de melhorias viárias é feita implicitamente no planejamento de políticas de segurança viária.

Os três métodos podem ser utilizados conjuntamente. Por exemplo, no programa de ações de segurança viária da União Européia, realizado no período de 1997-2001, a análise multi-criterial de ações de segurança viária foi seguida por uma análise do custo/efetividade das ações, permitindo um ordenamento das prioridades de curto e médio prazo (OECD, 2002).

2.3.3.2 Indicadores

Normalmente, a avaliação da segurança viária é baseada no número de acidentes e de vítimas (fatais e não-fatais). No entanto, a adoção destes dados como única fonte de avaliação indica a falta de habilidade em se coletar mais informações que revelem as causas precursoras do acidente. Programas de segurança viária, constituídos por campanhas de conscientização e educação de tráfego, não devem ser avaliados unicamente pela redução do número de acidentes e de vítimas. Nesses programas, é importante que outros tipos de indicadores, capazes de avaliar o comportamento do condutor, sejam também considerados, como, por exemplo, o número de conflitos de tráfego.

A avaliação dos programas de segurança viária deve ser feita baseada em três grupos de indicadores. Os indicadores devem avaliar: (i) o produto dos programas; (ii) o processo dos programas; e (iii) a efetividade da estrutura organizacional no gerenciamento do programa.

Os indicadores para avaliação do produto dos programas estão associados aos resultados das atividades de segurança viária. Esses indicadores podem ser classificados em:

- i. Indicadores de acidentes e/ou vítimas – descrevem o número de acidentes e/ou vítimas relevantes às atividades e permitem avaliar suas alterações no programa;
- ii. Indicadores comportamentais – descrevem as mudanças no tipo de comportamento relevantes às ações (uso do cinto de segurança, velocidades, conflitos de tráfego).

Os indicadores do processo descrevem os esforços alocados no decorrer do programa. São exemplos de indicadores de processo o número de horas de fiscalização policial, o número de horas-aula nas escolas, etc. Esses indicadores são úteis para avaliar o programa de segurança, pois indicam a adesão das atividades no programa.

Já os indicadores da efetividade da estrutura organizacional descrevem o desempenho da organização durante a execução do programa. Esses indicadores podem fornecer indicações sobre a efetividade da organização e sua contribuição para alcançar as metas do programa.

2.4 O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA NO BRASIL

No Brasil não existe um padrão de GSV. A falta de critérios de avaliação de programas de segurança viária propicia que cada órgão municipal ou estadual desenvolva seu plano de avaliação. Com isso, torna-se inviável a sistematização de um procedimento que possibilite a comparação de resultados provenientes de diferentes municípios. Ainda, conhecimentos adquiridos com políticas de segurança viária bem sucedidas tendem a ter circulação restrita ao corpo técnico que atua no setor.

Duas publicações nacionais foram editadas em décadas diferentes com o objetivo de padronizar a atuação na área da segurança viária (Denatran, 1987; MT, 2002). Ambos manuais focam na identificação e análise de pontos críticos. Apesar das publicações distarem bastante no tempo, os métodos apresentados são os mesmos. A identificação do ponto crítico é feita por um método numérico, onde se compara a taxa de acidentes do local, considerando a severidade dos acidentes, com uma taxa previamente estabelecida em função da ocorrência média de acidentes na via. Ainda, os manuais ressaltam a importância do processo de monitoramento. Em ambos, propõe-se a comparação das ocorrências de acidentes de uma

situação anterior e posterior à implementação do tratamento. O período de 12 meses é usado para caracterizar a situação anterior e posterior.

A semelhança entre as técnicas propostas por essas publicações não demonstra uma influência da evolução do estado-da-prática internacional nos manuais nacionais. Países desenvolvidos adotam modelos matemáticos probabilísticos na identificação de pontos críticos, como por exemplo, o método de Controle da Qualidade da Taxa (Garber e Hoel, 1998). Ainda, o processo de monitoramento empregado nesses países considera influências de fatores relevantes à variação das ocorrências de acidentes (Hauer, 1997), o que não ocorre nos manuais brasileiros.

Segundo Dutra *et al.* (2001), as técnicas para identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito nas vias urbanas não têm sido suficientemente utilizadas pelos órgãos gestores brasileiros. As limitações à disseminação dessa cultura decorrem, entre outros motivos, das sobreposições de competência de atuação dos órgãos, da falta de recursos financeiros, tecnológicos e humanos, da falta de cultura de uma efetiva política de segurança e da inexistência de banco de dados confiáveis que possam ser utilizados no desenvolvimento de projetos de segurança.

Deficiências não encontradas nos países desenvolvidos limitam o emprego de técnicas sofisticadas para o GSV no Brasil. Nos países desenvolvidos, existe tradição de pesquisa científica em segurança viária e disponibilidade de recursos humanos e financeiros. No Brasil, a situação é inversa. Não há seqüência de trabalho na sistematização dos registros de acidentes, os locais de risco de acidentes são potencializados devido à inadequação do sistema viário e ao volume de tráfego existente, há pouco investimento na formação de recursos humanos e na elaboração de pesquisas científicas.

2.5 CONCLUSÕES

O clamor por mais pesquisas na área de segurança viária deve ser vinculado a um direcionamento dos profissionais que atuam na área para o estilo racional. A empresa ou profissional enquadrado ao estilo racional tem, como ideal, reduzir os danos dos acidentes de forma eficiente, prevendo as conseqüências de decisões e ações no tráfego rodoviário.

Programas de GSV buscam garantir que todas as oportunidades factíveis de oferecer melhores condições de segurança nas etapas de planejamento, projeto, execução, manutenção e operação, sejam devidamente identificadas, avaliadas e implementadas. Ainda, o desenvolvimento de programas de gerenciamento integrado da segurança viária é um caminho sólido para programas efetivos de segurança e para a maximização dos benefícios de investimentos públicos. A troca de informações e a coordenação entre representantes dos setores público, privado, ONGs e universidades propicia uma melhor avaliação do desempenho de programas de segurança viária. A coordenação entre diferentes órgãos atuantes em melhorias da segurança viária é um aspecto relevante do GSV.

Outros dois aspectos relevantes para o sucesso de programas de segurança viária são a definição dos objetivos do programa e o monitoramento periódico de ações no tráfego. A definição dos objetivos de um programa de segurança viária conduz à elaboração de programas mais realísticos e efetivos, resultando em uma maior integração de esforços institucionais e em uma alocação de recursos mais definida. Existem dois tipos de objetivos a se traçar nos programas de segurança viária: o idealístico e o realístico. Os programas idealísticos não especificam a maneira de alcançar os objetivos. Os programas são considerados realísticos quando forem embasados na estimativa do efeito das medidas de segurança viária disponíveis.

O monitoramento periódico das medidas de segurança implementadas no tráfego é um dos aspectos fundamentais para o sucesso de programas de segurança viária. O mesmo está presente no GSV praticado em países com tradição em políticas de segurança. O monitoramento permite o acompanhamento dos investimentos e dos resultados de programas de segurança de forma periódica e minimiza as incertezas a respeito do efeito das ações individuais. Devido à escassez de recursos para investimentos na área de segurança viária, o acompanhamento dos gastos nos projetos e dos indicadores do seu desempenho é fundamental na identificação de medidas “rentáveis” de segurança viária. Ainda, através do monitoramento é possível ir ajustando o programa de gerenciamento para se alcançar as metas originalmente estabelecidas.

Não é comum a prática de GSV no Brasil. Os manuais nacionais apresentam limitações visto que a identificação de pontos críticos é feita de maneira simplista, apenas pela comparação da taxa de acidentes do local com uma taxa previamente estabelecida pela equipe

técnica. Ainda, o método de monitoramento de medidas não é detalhado, sendo proposta a comparação das ocorrências de acidentes no período anterior e posterior à implementação. A inexistência de uma sistematização do processo de monitoramento nos manuais nacionais dificulta o seu emprego em programas de segurança viária. O próximo capítulo apresenta um resumo dos principais conceitos e restrições para cada tipo de monitoramento utilizado para avaliar o desempenho de medidas mitigadoras de acidentes.

3 MONITORAMENTO DE MEDIDAS MITIGADORAS

3.1 INTRODUÇÃO

O monitoramento de medidas mitigadoras pode ser definido como uma coleção sistemática de dados relativos ao desempenho de uma medida mitigadora de acidentes após sua implementação. A avaliação após a implementação de uma medida mitigadora de acidente é essencial para diagnosticar o efeito (positivo ou negativo) de um tratamento e então melhorar a precisão e confiança de previsões da efetividade do mesmo em implementações futuras.

O desempenho de um tratamento na área de segurança viária pode ser avaliado apenas através do monitoramento. Ao contrário de pesquisas nas áreas da física, química e inclusive engenharia, as pesquisas na área de segurança viária possuem restrições quanto à possibilidade do desenvolvimento de experimentos em laboratório. A análise de uma variável influente no processo do acidente (como, por exemplo, condições climáticas, condições do veículo, etc.), não pode ser reproduzida mantendo todas as demais variáveis do processo fixas. Esta restrição impede o desenvolvimento de experimentos para conhecer a efetividade de uma mesma medida em diferentes condições do tráfego.

O monitoramento é importante para assegurar que a implementação de determinada medida mitigadora não acarrete um aumento nos acidentes. Problemas na operação do tráfego devido à implementação da medida, falhas no projeto ou a compensação do risco pelos motoristas, devem ser rapidamente diagnosticados para evitar um efeito contrário à proposta da medida mitigadora.

Ainda, através do monitoramento é possível reforçar ou substituir medidas cuja influência no comportamento dos usuários da via diminui ao passar dos anos (por exemplo, o recapeamento de uma via). O monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes propicia ao engenheiro de tráfego acompanhar o período de influência da medida no tráfego.

As oportunidades para aprender sobre o efeito de decisões de engenharia são abundantes. As obras de engenharia rodoviária são constantemente executadas. O registro do efeito destas obras sobre o comportamento do motorista permite a divulgação de um conhecimento técnico embasado ao invés de suposições. Por sua vez, a identificação da

efetividade da medida implementada no tráfego permite o desenvolvimento de avaliações econômicas.

3.2 A ESSÊNCIA DO MONITORAMENTO

O princípio do monitoramento de uma medida mitigadora é a comparação de uma situação sem a aplicação do tratamento com outra situação sob efeito do tratamento. Portanto, o efeito de determinada medida pode ser avaliado comparando a tipologia e contagem do número de acidentes no período anterior a implementação da medida com a tipologia e contagem do número de acidentes no período após a implementação da mesma. A diferença entre o número de ocorrências de acidentes nos dois períodos é atribuída ao tratamento se nenhuma outra mudança foi identificada no local (volume de tráfego, obra de engenharia, etc).

No entanto, a existência de uma tendência da série temporal dos dados de acidentes dificulta a comparação do período anterior com o período após a implementação da medida. Existe uma incerteza do analista na maneira de comparar a situação anterior ao tratamento com a situação posterior à sua implementação, tendo em vista que a semelhança entre as duas situações que serão comparadas deve ser a maior possível para permitir que as diferenças encontradas sejam unicamente devido ao tratamento.

A caracterização da segurança viária em um local (número de acidentes) no período anterior ao tratamento pode ser feita de muitas maneiras. Segundo Hauer (1997), as quatro prerrogativas mais empregadas para caracterização da segurança de um local no período anterior ao tratamento são considerar que o número de acidentes do período sem tratamento:

- i. seja igual ao número de acidentes ocorridos no primeiro ano anterior à implementação;
- ii. seja igual à média dos três primeiros anos anteriores à implementação;
- iii. esteja sobre a linha de tendência das contagens de acidentes dos cinco anos anteriores à implementação da medida;
- iv. varia similarmente a um outro local com características semelhantes, sem tratamento (grupo de comparação).

Os itens “i” e “ii” são embasados na mesma suposição. Ao contrário dos demais itens, os itens “i” e “ii” presumem que todos os fatores influentes no processo do acidente não variam com o tempo. Ou melhor, a suposição é de que a segurança de um local qualquer permanece constante no período anterior e posterior ao tratamento.

A limitação de dados históricos de acidentes para determinado local torna as considerações apresentadas nos itens “i” e “ii” mais atraentes para a caracterização da segurança do local, porém com ressalvas. Apesar de ser prática, a suposição de invariância dos fatores influentes no processo do acidente torna esta hipótese não adequada. Portanto a segurança do local prevista pelas considerações “i” e “ii” é menos precisa do que a prevista pelos os itens “iii” e “iv”.

As limitações existentes na utilização dos outros dois itens também devem ser explicitadas. A restrição do item “iii” se deve a um pensamento mecanicista. Conceber que a tendência dos acontecimentos passados influencie os acontecimentos presentes e futuros torna a previsão duvidosa. Da mesma forma, uma reta de ajuste traçada com base em apenas cinco pontos pode não expressar o comportamento global da série.

A relutância da consideração do item “iv” ocorre pela dificuldade de assemelhar as características físicas e operacionais do local tratado com o local de comparação. O afastamento entre os dois locais pode oferecer distinções importantes quanto à exposição, condições meteorológicas, etc. Mais comentários sobre a limitação da utilização de um local de comparação serão apresentados no item 3.3.2.

A escolha de uma das quatro considerações possíveis de serem adotadas para se identificar o número de acidentes no período anterior ao tratamento deve ser feita pelo técnico de forma cuidadosa. Apesar das considerações acima serem distintas, o técnico deve analisar, de posse dos dados históricos de acidente do local, qual das considerações é mais adequada para o caso em avaliação. Isto pode ser feito comparando os dados previstos pelas diferentes considerações com dados registrados em um período conhecido.

No entanto, outras constatações devem ser apreciadas para auxiliar na identificação do número de acidentes no período anterior ao tratamento (Hauer, 1997), como explicar:

- i. fatores causais que afetam a segurança de um local, que podem ser medidos e com influências conhecidas na segurança do mesmo. Por exemplo, se a relação entre o fluxo de tráfego e o número de acidentes de um local é conhecida, e se o fluxo de tráfego é conhecido antes e depois da implementação da medida, pode-se utilizar esta informação na análise da previsão;
- ii. demais fatores causais que afetam a segurança de um local, que não são medidos e com influências desconhecidas na segurança do mesmo. A análise da tendência da série temporal dos registros de acidentes ou a análise da variação do comportamento de um grupo de comparação facilitam a exposição do efeito destes fatores;
- iii. distorções presentes na análise dos dados. Dados históricos de acidentes, principalmente pontos com grande número de acidentes, não estão isentos do efeito do fenômeno de regressão a média;
- iv. variações da reportagem dos dados no tempo e de local para local. Quando possível (conhecido), deve-se excluir o efeito de erros na ação de reportar os dados de acidentes.

3.3 TIPOS DE MONITORAMENTO

O processo de monitoramento de uma medida mitigadora pode variar conforme a disponibilidade de dados. Deve-se avaliar a disponibilidade de séries temporais longas de acidentes, não só do local, mas também de locais vizinhos ao mesmo, assim como séries temporais de acidentes de locais com características (físicas e operacionais) semelhantes ao local tratado. Da mesma forma, dados de volume de tráfego e registros de alterações passadas implementadas no local estudado são informações importantes que podem definir o processo de monitoramento a ser aplicado.

Existem três grupos de monitoramento para medidas mitigadoras de acidentes. O primeiro grupo engloba os monitoramentos que analisam dados de acidentes apenas do local tratado, o segundo grupo engloba os monitoramentos que analisam dados de acidentes do local tratado e de outro local, com características similares ao mesmo, porém sem a implementação do tratamento e o terceiro grupo engloba os monitoramentos que analisam dados de acidentes do local tratado e de outro local, com características distintas ao mesmo, sem a implementação do tratamento.

3.3.1 Primeiro Grupo – A análise de dados apenas do local tratado

São três os processos de monitoramento baseados na análise de dados de acidentes apenas do local tratado. O conhecido estudo “antes - depois”, uma derivação deste chamada de estudo “antes – durante - depois” e o monitoramento feito pela “comparação da tendência temporal” da série de acidentes do local tratado.

Os processos de monitoramento pertencentes a este primeiro grupo são empregados com maior frequência que os dos demais grupos (Hauer, 1980; Persuad e Hauer, 1984). A grande frequência na utilização destes processos se deve a simplificação dos procedimentos para o monitoramento. A necessidade de se trabalhar apenas com registros históricos de acidentes do local, no qual a medida foi implementada, facilita ao técnico avaliar o desempenho da medida.

A duração do período existente de registro de acidentes é importante para os processos de monitoramento deste grupo. Quanto maior for a disponibilidade de dados, mais facilitada se torna a tarefa do técnico de analisar mudanças na segurança do local tratado.

O emprego do mesmo tipo de dados nos três processos de monitoramento deste grupo torna semelhantes suas limitações. A principal limitação deste grupo se deve a impossibilidade de separar o efeito da medida mitigadora de acidente com o efeito de outros fatores influentes na segurança do local, denominados de fatores causais. As variações temporais no tráfego, do comportamento do motorista, meteorológicas, da frota de veículos e outras, podem influenciar na ocorrência de acidentes de um local. Não agregar o efeito destas variações na avaliação da medida induz erro. O desempenho da medida é erroneamente avaliado, pois a variação das ocorrências de acidentes não é unicamente devido ao tratamento.

Outra importante limitação ocorre devido ao critério de seleção ao tratamento. O critério para a seleção de locais para o tratamento pode ser embasado em ocorrências “não usuais” de acidentes no período anterior ao tratamento. A seleção de pontos para o tratamento baseada em um número excessivo ou reduzido de acidentes, afastado do comportamento global de locais semelhantes, agrega à análise o efeito do fenômeno de regressão à média. Ou seja, pode-se observar uma redução no número de acidentes no período posterior ao tratamento que não é ocasionada pelo tratamento.

A variação da reportagem de acidentes ao longo do tempo e a falta de registros de outras medidas mitigadoras de acidentes também servem para expressar as limitações deste grupo. O número de sub-registros de acidentes pode variar ao longo dos anos. Esta variação também pode distorcer a análise da segurança da entidade no período anterior ao tratamento. Da mesma forma, a falta de registros de tratamentos anteriores para redução de acidentes do local pode propiciar um diagnóstico errôneo da segurança do local no período anterior ao novo tratamento.

O emprego dos processos de monitoramento deste grupo se deve à indisponibilidade de se trabalhar com comparações entre local tratado e locais não tratados, denominados de locais de comparação. A dificuldade em encontrar locais de comparação com características físicas e operacionais semelhantes ao local tratado estimula a utilização dos processos de monitoramento deste grupo.

Da mesma forma, a qualidade do monitoramento de medidas mitigadoras deste grupo está associada à qualidade do histórico dos registros de acidentes. O técnico reserva grande confiança nos dados de acidentes registrados no período anterior ao tratamento, realçando a importância de coleta de dados confiáveis.

Apesar de serem empregados com o mesmo tipo de dados, os processos de monitoramento deste grupo são utilizados em propostas diferentes. A característica de cada um e suas propostas de utilização são descritas a seguir.

3.3.1.1 Estudo “antes – depois”

É o processo de monitoramento mais simples para avaliar mudanças nos registros de acidentes em um local sob influência de uma medida mitigadora de acidente. Seu princípio consiste em comparar os acidentes ocorridos antes do tratamento com os acidentes ocorridos depois do tratamento.

A proposição deste processo de monitoramento se baseia na hipótese que a segurança de um local qualquer (número de acidentes) não varia com o tempo. As contagens de acidentes no período antes ao tratamento são usadas para prever como seriam as contagens de

acidentes no período depois do tratamento, se o tratamento não fosse implementado (Figura 3.1). Esta previsão pode ser feita: (i) sugerindo uma igualdade entre as contagens de acidentes no período de um ano antes e depois do tratamento; (ii) calculando a média das contagens de acidentes entre os últimos três a cinco anos antes do tratamento (ver item 3.2).

A metodologia para o estudo “antes – depois” pode ser resumida como (Ogden, 1996):

- i. Determinação prévia dos objetivos relevantes (por exemplo, tipo de acidentes pretendidos a serem afetados) e o critério de avaliação correspondente (número absoluto, taxa de acidente);
- ii. Monitoramento da área para obter valores numéricos deste critério, antes e depois do tratamento;
- iii. Comparação dos resultados de “antes” e “depois” da implementação da medida;
- iv. Consideração sobre a existência de outras explicações plausíveis para a variação encontrada nas contagens de acidentes e corrigi-las, se possível.

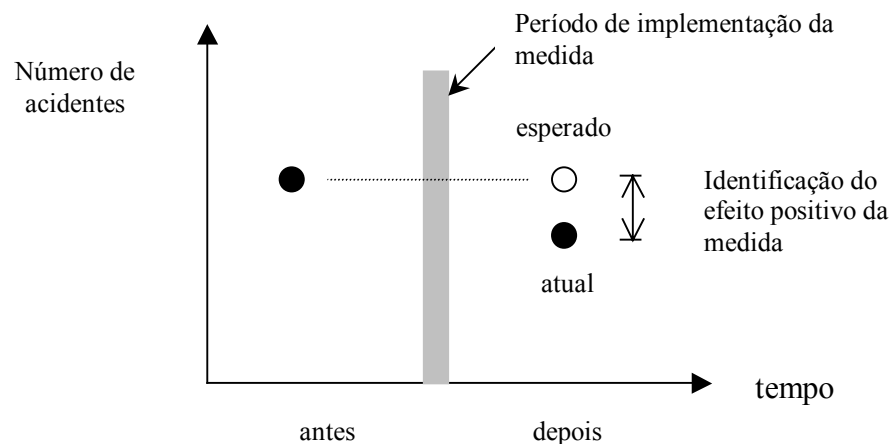


Figura 3.1 - Estudo "antes - depois" (FHWA, 1981).

3.3.1.2 Estudo “antes – durante – depois”

O método denominado de estudo “antes – durante – depois” é uma variação do método “antes-depois”. A vantagem em se monitorar o período durante a implementação da medida é acompanhar variações no comportamento dos usuários da via neste período. Obras rodoviárias desenvolvidas em longos períodos trazem transtornos aos motoristas. Muitas vezes a ausência ou deficiência na sinalização acarretam um aumento no número de acidentes

no período das obras. Acompanhar a ocorrência de acidentes neste período permite ao técnico reavaliar orientações do tráfego ou sanar deficiências nas informações oferecidas aos usuários da via (Figura 3.2).

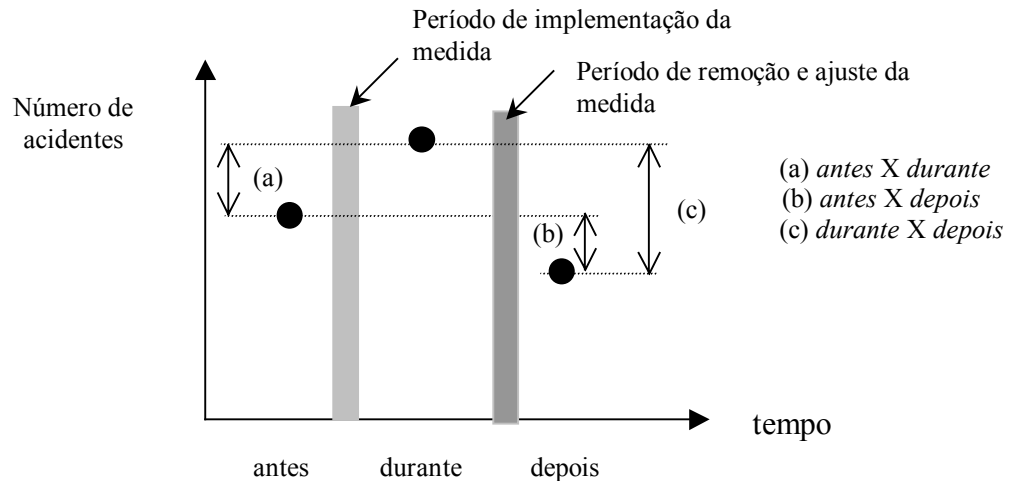


Figura 3.2 - Estudo "antes-durante-depois" (FHWA, 1981).

3.3.1.3 Comparação da tendência temporal

O monitoramento através da “comparação da tendência temporal” da série histórica de registros de acidentes envolve o desenvolvimento de um modelo para estimar a tendência dos registros de acidentes ao longo do tempo. Este processo de monitoramento é uma alternativa para apontar as mudanças ao longo do tempo sem usar locais de comparação.

Segundo Ogden (1996) a metodologia empregada por este método compreende em:

- i. determinar previamente os objetivos relevantes (por exemplo, tipo de acidentes pretendidos a serem afetados) e o critério de avaliação correspondente (número absoluto, taxa de acidente);
- ii. obter dados dentro do critério estabelecido para um período estendido de tempo, para o período antes e depois da implementação do tratamento;
- iii. desenvolver um modelo baseado nas observações do período anterior ao tratamento;
- iv. comparar as projeções obtidas pelo modelo para o período depois da implementação da medida com as observações registradas neste período;

- v. considerar se existem outras explicações plausíveis para a variação encontrada nas contagens de acidentes e corrigi-las se possível.

Este método é útil para avaliar variações comportamentais dos motoristas. O efeito de medidas como a obrigatoriedade do uso do cinto de segurança; e controle da alcoolemia de motoristas, pode ser avaliado através da comparação da tendência temporal de ocorrência de acidentes. A Figura 3.3 apresenta um esboço da idéia principal deste método.

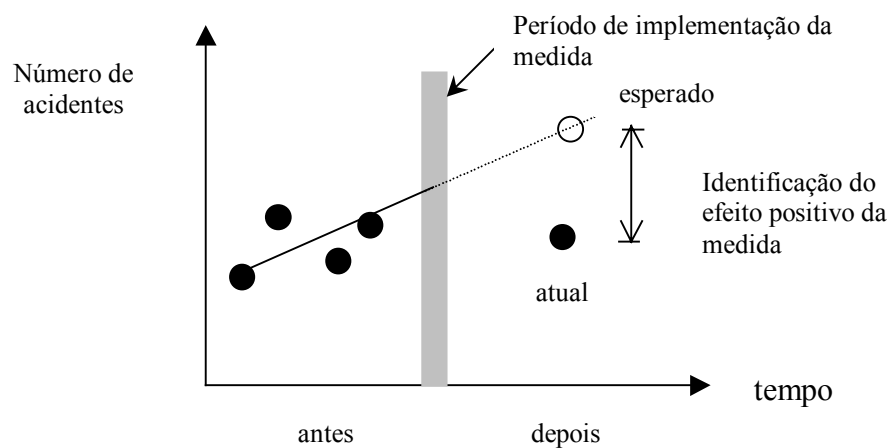


Figura 3.3 - Comparação da tendência temporal da série de acidentes do local tratado (FHWA, 1981).

3.3.2 Segundo Grupo – A análise de dados do local tratado e de locais com características similares, sem o tratamento.

A essência do monitoramento deste grupo é a utilização de locais de comparação. A hipótese deste grupo é que alterações da segurança do local de comparação (número de acidentes), no período antes e depois do tratamento, são um indicativo de como o local tratado irá variar (Figura 3.4). Portanto duas considerações são feitas pelos processos de monitoramento pertencentes a este grupo (Hauer, 1997): (i) os vários fatores que afetam a ocorrência de acidentes de um local variam no período antes e depois do tratamento da mesma maneira no local tratado e no local de comparação, e (ii) estas variações influenciam o local tratado e o local de comparação igualmente.

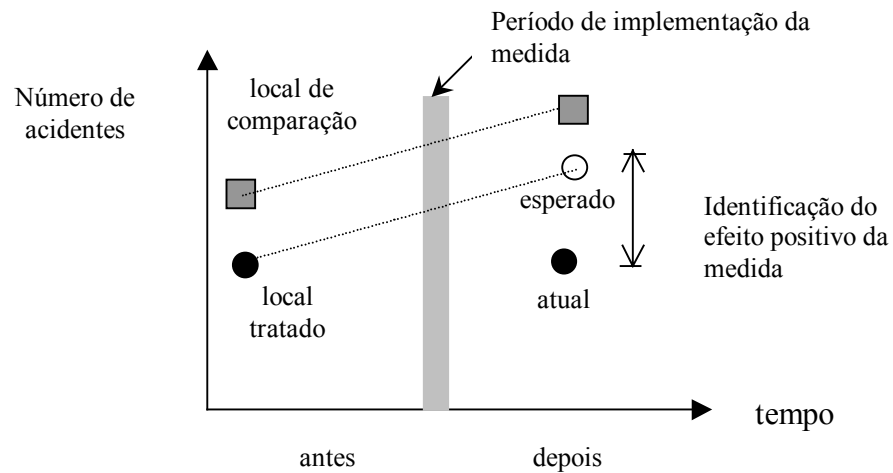


Figura 3.4 - Estudo "antes-depois" com local de comparação (FHWA, 1981).

A caracterização de locais de comparação é importante neste grupo de processos de monitoramento. A avaliação da efetividade da medida implementada em um local específico é feita comparando as ocorrências de acidentes do local tratado e local de comparação. Idealmente a seleção de locais de comparação deve ser aleatória (Ogden, 1996). Contudo, isto só é possível com a identificação de um grande número de locais de comparação. Os locais de comparação devem satisfazer os seguintes critérios (Ward e Allsop, 1982):

- i. serem similares ao local tratado em características físicas (geometria, uso do solo, etc.) e operacionais;
- ii. serem geograficamente próximos;
- iii. terem fluxos similares de tráfego;
- iv. não serem afetados pelos efeitos do local tratado;
- v. terem registros de acidentes e de outros dados (se aplicável) consistentes com o critério de coleta e registro dentro do período de estudo.

Geralmente os locais de comparação estão próximos ao local tratado para permitir que influências semelhantes de variação do tráfego, meteorológicas e outras atuem igualmente em ambos locais. Locais de comparação podem ser, por exemplo, uma secção rodoviária adjacente à rodovia tratada, interseções próximas da interseção tratada, etc.

A grande limitação dos métodos pertencentes a este grupo está na seleção de locais de comparação. O técnico pode encontrar dificuldade em identificar qual dos locais, dentro de um grupo (grupo de comparação), melhor representa as alterações sofridas pelo local tratado.

Existem dois processos de monitoramento neste grupo. O primeiro usando grupos de controle que são aleatoriamente selecionados e o outro usando um grupo de comparação selecionado.

3.3.2.1 Utilização do grupo de controle

Neste processo de monitoramento, vários locais candidatos ao tratamento são selecionados. Uma divisão aleatória é feita, separando os locais em dois grupos. Apenas em um grupo será implementado o tratamento. A proposta deste processo é criar um grupo de controle (grupo não tratado) e um grupo tratado semelhantes em todos os fatores, exceto pela implementação do tratamento. Os dois grupos não precisam necessariamente possuir o mesmo número de elementos, mas devem satisfazer as condições de semelhança.

Este processo de monitoramento através da utilização de um grupo de controle tem grande poder de investigação (Ogden, 1996). No entanto, sua validade é limitada, pois raramente existirá a possibilidade de se desenvolver experimentos controlados desta natureza. Desta forma, o método que utiliza locais de comparação é mais relevante.

3.3.2.2 Utilização do grupo de comparação

Neste processo é feita a comparação do período antes e depois das contagens de acidentes do local tratado com um local ou grupo de locais de comparação. Este local de comparação pode ser selecionado depois da implementação da medida devendo obedecer as condições de semelhança. A metodologia empregada por este processo compreende em (Ogden, 1996):

- i. determinar previamente os objetivos relevantes (por exemplo, tipo de acidentes pretendidos a serem afetados) e o critério de avaliação correspondente (número absoluto, taxa de acidente);

- ii. identificar um local de comparação ou um grupo de locais de comparação similares ao local onde o tratamento foi ou esta sendo implementado;
- iii. monitorar os locais tratados e os locais de comparação para obter dados dentro do critério estabelecido para o período antes e depois da implementação do tratamento;
- iv. comparar os registros de acidentes para o período antes e depois do local tratado e local de comparação (Figura 3.5);
- v. considerar se existem outras explicações plausíveis para a variação encontrada nas contagens de acidentes e corrigi-las se possível.

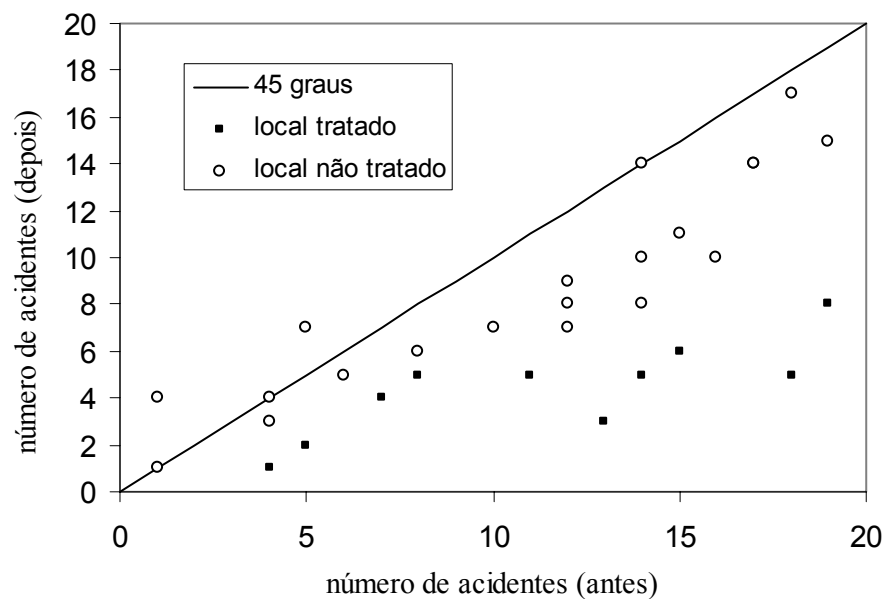


Figura 3.5 - Comparação antes e depois do tratamento (Ogden, 1996).

A Figura 3.5 sugere a forma gráfica para acompanhar as alterações nas contagens de acidentes do local tratado e do local sem tratamento (local de comparação). Observando a figura, fica claro que as distâncias entre os pontos representando o local tratado e o local de comparação à linha de 45 graus não são similares. Portanto, no caso apresentado pela figura, nota-se que os pontos do local tratado estão mais afastados da linha de 45 graus, significando, neste caso, um efeito positivo da medida.

3.3.3 Terceiro Grupo - A análise de dados do local tratado e de locais com características distintas, sem o tratamento.

Diferentemente dos processos apresentados no segundo grupo está o monitoramento de uma medida mitigadora feito pela comparação das contagens de acidentes do local tratado com as contagens de acidentes de locais com características distintas ao mesmo, denominado internacionalmente de “*Cross-section study*” (Hauer, 1997). O objetivo deste processo de monitoramento é avaliar o efeito na segurança viária de características diferentes das entidades rodoviárias. Por exemplo, para avaliar o efeito do tipo de controle de interseções (interseções operando com regra de priorização versus interseções semaforizadas) o processo de monitoramento é feito comparando a segurança de um grupo de entidades com características comuns (por exemplo, interseções operando com regra de priorização) com a segurança de um grupo de entidades diferente de características distintas do grupo anterior (por exemplo, interseções semaforizadas).

Este processo de monitoramento não faz comparações dos períodos antes e depois da implementação da medida. Ou melhor, as alterações do período antes e depois de uma entidade específica não são estudadas. A comparação é feita com grupos diferentes de entidades.

O domínio do estudo é diferente para este processo de monitoramento e os apresentados no primeiro grupo. O domínio de estudos utilizando os processos de monitoramento do primeiro grupo se limita a aplicações quando uma entidade rodoviária (curva, interseção, etc) alterada pelo tratamento, mantém seus atributos originais. Por exemplo, a implementação de semáforo em uma interseção não altera a geometria da entidade, permanecendo os atributos da mesma. Já a esfera de ação do *Cross-section* é avaliar as circunstâncias de quando o tratamento altera substancialmente as características da entidade. Por exemplo, o incremento no número de faixas de uma via (de 2 faixas para 4). Neste caso, através do *Cross-section* se pode aprender sobre o desempenho relativos à segurança viária do incremento no número de faixas.

Este tipo de monitoramento não é muito aplicado devido á dificuldade de se desenvolver comparação com entidades muito distintas. Conforme Hauer (1997), além dos questionamentos da avaliação do efeito de tratamentos nos processos de monitoramento do

primeiro grupo, o *Cross-section* trabalha com comparações de elementos completamente distintos, diminuindo sua credibilidade.

3.4 APERFEIÇOAMENTO DOS PROCESSOS DE MONITORAMENTO

Hauer (1997) apresenta uma descrição detalhada da metodologia para aperfeiçoar os processos de monitoramento do primeiro e segundo grupo, ou seja, para monitorar analisando dados de acidentes do local tratado ou utilizando o grupo de comparação. Esta metodologia é descrita a seguir para consolidar a teoria e apresentar um método prático de avaliação do efeito da medida mitigadora. Este trabalho não se detém na explicação da derivação das fórmulas apresentadas por não se tratar do propósito do mesmo. As derivações podem ser encontradas no trabalho do autor.

3.4.1 Identificação da tipologia de acidente afetada pela medida

O primeiro passo para avaliar o desempenho da medida no tráfego proposto Hauer (1997) é a identificação da tipologia de acidente afetada pela medida. A falta de uma definição da tipologia de acidente que é afetada pelo tratamento é uma falha cometida em muitos processos de monitoramento. Diferentes tipos de acidentes ocorrem no sistema viário. No entanto, muitas medidas de segurança atuam sobre uma tipologia específica de acidentes. É necessário identificar as tipologias de acidente afetadas pela medida antes de realizar a análise da variação da ocorrência de acidentes no local tratado. Não desagregar os tipos de acidentes para análise gerará um erro. Desta forma, o desempenho da medida é avaliado através da variação das tipologias de acidente que efetivamente estão sendo afetadas pelo tratamento, denominada de “acidentes alvo”.

3.4.2 Método de avaliação do desempenho da medida mitigadora

São utilizados quatro parâmetros para análise do desempenho da medida implementada no tráfego. Cada parâmetro e sua respectiva descrição estão apresentados no Quadro 3.1.

A estrutura básica de avaliação de eficiência da medida está dividida em quatro passos. A descrição dos dois primeiros passos é feita no Quadro 3.2. O Passo 3 e Passo 4

correspondem à etapa complementar do método, onde é feito o cálculo do desempenho da medida no tráfego.

Quadro 3.1 - Parâmetros utilizados pelo método.

Parâmetro	Descrição
π	é o número de acidentes esperado de um local específico, no período após a implementação da medida, que ocorreria se o tratamento não fosse aplicado (situação prevista).
λ	é o número de acidentes de um local específico que ocorre no período após a implementação da medida (situação real).
$\delta = \pi - \lambda$	representa a redução do número de acidentes esperado no período após a implementação da medida .
$\theta = \lambda / \pi$	representa a efetividade do tratamento. É o Índice de Efetividade.

O efeito da medida de segurança implementada no tráfego é mensurado pela comparação da segurança do local (número de acidentes) no período com e sem a influência do tratamento. A comparação neste método é feita entre situações que ocorrem no mesmo período de tempo. A situação que corresponde ao período de tempo em que o local tratado não está sob o efeito do tratamento será obtida por um processo de previsão (parâmetro π). O valor previsto caracterizará a segurança do local tratado, sem o efeito do tratamento, para o mesmo período em que o local está sob efeito do tratamento. Desta forma, a comparação será feita com a situação prevista com a situação real (parâmetro λ), que representa a segurança do local tratado no período após a implementação do tratamento sob efeito da mesma. Este procedimento ameniza a distorção indesejada proveniente da comparação de situações de períodos de tempo distintos.

A caracterização da segurança de um local só é possível pela análise de uma longa série de dados de acidentes. Devido a esta restrição, a estimativa de cada parâmetro será usada para a avaliação do desempenho do tratamento implementado no tráfego. A estimativas de cada parâmetro é representada pelo símbolo “^”. As estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ são obtidas através dos dados de acidentes. Quanto melhor os dados e os métodos de estimação e previsão, menor será a diferença $\hat{\lambda} - \lambda$ e $\hat{\pi} - \pi$. A descrição desta diferença será feita pela variância da estimativa. Por exemplo, a variância de $\hat{\lambda}$ será denotada por $\text{VAR}(\hat{\lambda})$.

Quadro 3.2 - Passo 1 e Passo 2 para avaliação do efeito do medida em um único local.

Passo	Descrição
Passo 1	Estimar λ e prever π. O valor de λ será estimado através das contagens de acidentes do período após a implementação da medida. A previsão de π dependerá do método escolhido para previsão de como ocorreria o número de acidentes esperado, no período após a implementação da medida, se o tratamento não fosse aplicado.
Passo 2	Estimar $\text{VAR}(\hat{\lambda})$ e $\text{VAR}(\hat{\pi})$. A estimativa de $\text{VAR}(\hat{\lambda})$ e $\text{VAR}(\hat{\pi})$ dependem do método escolhido para estimar $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$.

As variações do tráfego do local, das condições meteorológicas, da frota de veículos, das condições econômicas e outras, influenciam o número de acidentes de um local específico. A variação destes fatores, denominados de fatores causais, deve ser identificada, medida e agregada ao cálculo da estimativa $\hat{\pi}$. Este procedimento torna mais precisa a estimativa $\hat{\pi}$.

A inclusão do efeito de fatores causais no cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ é feita através de parâmetros de correção. Parâmetros de correção distintos são utilizados na análise da medida com e sem a utilização de locais de comparação. Desta forma, o cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ é influenciado pela escolha entre a utilização ou não do local de comparação. Esta escolha define as fórmulas que são empregadas no Passo 1 e Passo 2 do método de Hauer (1997).

3.4.2.1 Utilização de locais de comparação

O local de comparação permite agregar ao cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ além da influência de fatores causais conhecidos (variação do tráfego), a influência de fatores causais desconhecidos. Duas considerações são apreciadas pelo método para a utilização de um local de comparação no processo de monitoramento: (i) os vários fatores que afetam a ocorrência de acidentes de um local variam no período antes e depois do tratamento da mesma maneira no local tratado e no local de comparação, e (ii) estas variações influenciam o local tratado e o local de comparação igualmente.

A primeira etapa na análise da medida com a utilização do local de comparação é a escolha do local adequado para a comparação. Esta escolha é influenciada pela uniformidade entre os registros de acidentes de locais candidatos com os do local tratado.

a) Escolha do local de comparação

A similaridade das ocorrências de acidente do local tratado e do local de comparação é avaliada pela “razão de desigualdade”. Considerando K, L, M, N como as contagens de acidentes e $\kappa, \lambda, \mu, \nu$ como o valor esperado em longo prazo destas contagens de acidentes para um local tratado e para um local de comparação (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 - Contagens de acidentes e valores esperado

	Local tratado	Local de comparação
Antes	K, κ	M, μ
Depois	L, λ	N, ν

A razão entre o número de acidentes esperados nos dois períodos para o local de comparação e o local tratado é definida como $r_c = \nu/\mu$ e $r_t = \lambda/\kappa$ respectivamente. No entanto, π deve substituir λ para excluir o efeito do tratamento, sendo $r_t = \pi/\kappa$. Adotando a hipótese de que existe similaridade, com exclusão do efeito do tratamento, entre ‘ r_c ’ e ‘ r_t ’ podemos definir a “razão de desigualdade”. A “razão de desigualdade” será:

$$\omega = \frac{r_c}{r_t} \quad (1)$$

onde $r_c = \nu/\mu$ e $r_t = \pi/\kappa$.

O histórico de acidentes do local tratado e do local ou grupo de locais utilizado como base de comparação permite calcular uma estimativa de ω , $\hat{\omega}$. A estimativa não tendenciosa $\hat{\omega}$ será:

$$\hat{\omega} = \frac{\frac{KN}{LM}}{\left(1 + \frac{1}{L} + \frac{1}{M}\right)} \quad (2)$$

Na avaliação do histórico de acidentes do local tratado e do local de comparação teremos uma série temporal de “ $\hat{\omega}$ ’s”. A Tabela 3.1 apresenta, como exemplo, as séries

temporais de acidentes de um local tratado, do local de comparação e da razão de desigualdade.

A seqüência de valores de ‘ $\hat{\omega}$ ’ possui média $E(\omega)$ e $VAR(\omega)$. Para o local de comparação ser considerado “ótimo” será necessário que $E(\omega)=1$ e $VAR(\omega)=0$. No entanto, um local de comparação real terá $VAR(\omega)>0$.

Tabela 3.1 - Série temporal do valor de ‘ $\hat{\omega}$ ’.

Ano	Local tratado	Local de comparação	Valor de ‘ $\hat{\omega}$ ’
1980	181	159	
1981	178	186	1,18
1982	202	214	1,00
1983	226	198	0,82
1984	217	200	1,04
1985	184	214	1,25
1986	205	217	0,90

O valor da estimativa \hat{r}_c é associado ao cálculo de $\hat{\pi}$ quando a análise do efeito da medida é feita com a utilização do local de comparação. Considerando $r_c = r_t$, o valor da estimativa $\hat{\pi}$ é dado como

$$\hat{\pi} = \hat{r}_c K \quad (3)$$

para incluir a variação de fatores causais influentes no local de comparação no cálculo de $\hat{\pi}$. O valor de K é a contagem de acidentes no período anterior ao tratamento no local tratado.

Por se tratar de uma estimativa, \hat{r}_c apresenta uma variância. O valor de $V\hat{A}R(\hat{r}_c)$ influencia no cálculo de $VAR(\hat{\pi})$. Quanto menor for seu valor, melhor será a estimativa do efeito do tratamento. Portanto, o valor de $V\hat{A}R(\hat{r}_c)$ é utilizado como critério para a escolha do local de comparação. Seu valor é obtido por:

$$V\hat{A}R(\hat{r}_c) \cong \frac{1}{M} + \frac{1}{N} + V\hat{A}R(\omega) \quad (4)$$

onde M e N são contagens de acidentes do local de comparação para o período antes e depois do tratamento respectivamente e $V\hat{A}R(\omega)$ a variância de razão de desigualdade dos acidentes do local tratado e do local de comparação.

Como exemplo, considera-se 4 locais possíveis para serem utilizados como local de comparação (Quadro 3.4). Cada local, assim como a soma de acidentes de todos os locais, apresenta uma razão de desigualdade. Estipulando que no ano anterior à implementação de um tratamento ocorreram 190 acidentes no local tratado, podemos calcular $\hat{\pi}$. Por se tratar de um exemplo explicativo, apenas os valores de $V\hat{A}R(\omega)$ são apresentados, sendo ocultado dados intermediários. Observa-se no Quadro 3.4 que a soma das ocorrências de acidentes dos 4 locais, neste exemplo, apresentou o menor valor de $V\hat{A}R(\hat{r}_c)$, devendo ser esta soma a escolhida para elemento de comparação (grupo de comparação) para análise.

Quadro 3.4 - Exemplo prático para escolha do local de comparação.

Local	W	X	Y	Z	(W+X+Y+Z)
Acidentes “antes”	181	178	202	226	787
Acidentes “depois”	159	186	214	198	757
Razão de desigualdade	0,878	1,045	1,059	0,876	0,962
$\hat{\pi}=190\hat{r}_c$	166,9	198,5	201,3	166,5	182,8
$V\hat{A}R(\omega)$	0,0027	0,0032	0,0045	0,0039	0,0061
$V\hat{A}R(\hat{r}_c)$	0,0145	0,0142	0,0141	0,0134	0,0087

- b) Formulação para o Passo 1 e Passo 2 na avaliação do efeito da medida com a utilização de grupo de comparação.

Considera-se agora um tratamento implementado em locais distintos, denominando cada um destes locais por um número (1, 2,...,j ,...n). Durante o período anterior ao tratamento as contagens de acidentes foram K(1), K(2),..., K(n), onde K(j) é o numero de acidentes do local ‘j’ no período anterior ao tratamento. Da mesma forma, durante o período após a implementação do tratamento as contagens de acidentes foram L(1), L(2),..., L(n), onde L(j) é o número de acidentes do local ‘j’ no período após a implementação do tratamento. Com a utilização de grupos de comparação distintos para local ‘j’ teremos um valor $r_c(j)$. O valor de cada $r_c(j)$ e K(j) serão usados no cálculo da estimativa $\hat{\pi}$. As equações para o Passo 1 e Passo

2 para avaliação do efeito da medida utilizando locais de comparação são apresentadas no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Equações para os Passo 1 e Passo 2 do método, com a utilização de locais de comparação.

Passo	Descrição
Passo 1	$\hat{\lambda}(j) = L(j)$ (5)
	$\hat{r}_t(j) = \hat{r}_c(j) = \frac{\frac{N(j)}{M(j)}}{1 + \frac{1}{M(j)}}$ (6)
	$\hat{\pi}(j) = \hat{r}_c(j)K(j)$ (7)
Passo 2	$V\hat{A}R(\hat{\lambda}(j)) = L(j)$ (8)
	$V\hat{A}R(\hat{r}_c(j)) \cong \frac{1}{M(j)} + \frac{1}{N(j)} + V\hat{A}R(\omega(j))$ (9)
	$V\hat{A}R(\hat{\pi}(j)) \cong \pi^2(j) \left(\frac{1}{K(j)} + V\hat{A}R(\hat{r}_c(j)) \right)$ (10)

3.4.2.2 Sem a utilização de locais de comparação

Não existindo a disponibilidade de um local de comparação, a melhoria da estimativa $\hat{\pi}$ é feita agregando a influência de fatores causais conhecidos. Dois parâmetros de correção são apresentados para incluir a influência da variação do tráfego e normalizar a influência temporal no cálculo da estimativa $\hat{\pi}$. A indisponibilidade de dados volumétricos restringe a melhoria da estimativa com apenas a normalização do efeito temporal.

a) Inclusão da influência da variação do tráfego

Um importante fator causal que varia nos períodos “antes” e “depois” é o fluxo de tráfego. A influência da variação do fluxo de tráfego sobre a ocorrência de acidentes se enquadra como um fator causal conhecido, pois seu efeito já foi avaliado no meio científico.

Neste trabalho é assumido que a ocorrência de acidentes é proporcional ao fluxo de tráfego. Considerar uma proporcionalidade entre as ocorrências de acidente o fluxo de tráfego

facilita na formulação a ser aplicada pelo método. No entanto, em muitos casos a relação entre o número de acidentes e o fluxo de tráfego não é linear. Portanto, é agregado um erro na previsão da estimativa $\hat{\pi}$. Maiores detalhes para previsão de $\hat{\pi}$ quando a relação entre o número de acidentes e o fluxo de tráfego não é linear podem ser encontrados em Hauer (1997).

Considerando que a relação entre o número de acidentes e o fluxo de veículos é linear e representada pela função $f=f(\text{fluxo})$. Sendo o valor do fluxo de veículos obtido por contagens veiculares realizadas em poucos dias de um ano, onde estas contagens oferecem uma estimativa do fluxo médio de veículos. Denominando de ‘A’ o fluxo de veículos de um local no período antes da implementação da medida e ‘D’ o fluxo de veículos do mesmo local no período depois da implementação da medida podemos esperar $f(A)$ e $f(D)$ acidentes para cada período no local. Podemos ter a estimativa \hat{r}_{tf} através da equação abaixo.

$$\hat{r}_{tf} = \frac{\hat{D}_{\text{médio}}}{\hat{A}_{\text{médio}}} \quad (11)$$

O valor de \hat{r}_{tf} usado no cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ agrega a influência da variação do tráfego na análise do efeito da medida.

b) Normalização da influência temporal

Considerando um tratamento aplicado em locais distintos, a duração de cada período ‘antes-depois’ difere-se para cada local. Portanto, existe a necessidade de se normalizar esta diferença para a avaliação do efeito do tratamento implementado em ‘n’ locais. Esta normalização é feita pela denominada “razão temporal” apresentada logo abaixo.

$$r_d(j) = \frac{\text{duração do período 'depois' para o local } j}{\text{duração do período 'antes' para o local } j} \quad (12)$$

O valor de r_d também é usado no cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ para análise do efeito da medida sem a utilização do grupo de comparação.

- c) Formulação para o Passo 1 e Passo 2 na avaliação do efeito da medida sem a utilização de grupo de comparação

O valor de r_d , \hat{r}_{tr} e K serão utilizados para o cálculo da estimativa $\hat{\tau}$. Sendo a análise feita do efeito do tratamento implementado em vários locais ($j=1, 2, \dots, n$), teremos $r_d(j)$, $\hat{r}_{tr}(j)$ e $K(j)$ para cada local 'j'. As equações para os Passos 1 e Passo 2 são apresentadas no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 - Equações para os Passo 1 e Passo 2, sem a utilização de grupo de comparação.

Passo	Descrição
Passo 1	$\hat{\lambda}(j) = L(j)$ (13)
	$\hat{\tau}(j) = r_d(j)\hat{r}_{tr}(j)K(j)$ (14)
Passo 2	$V\hat{A}R(\hat{\lambda}(j)) = L(j)$ (15)
	$V\hat{A}R(\hat{\tau}(j)) = r_d^2(j)[\hat{r}_{tr}^2(j)K(j) + K^2(j)V\hat{A}R(\hat{r}_{tr}(j))]$ (16)

O valor de $V\hat{A}R(\hat{r}_{tr})$ agrega a incerteza da precisão da contagem do fluxo de tráfego considerado para a previsão da estimativa $\hat{\tau}$. O valor da variância de \hat{r}_{tr} é obtido por:

$$VAR(\hat{r}_{tr}) = r_{tr}^2 \left(v^2 \left\{ \hat{D}_{\text{médio}} \right\} + v^2 \left\{ \hat{A}_{\text{médio}} \right\} \right) \quad (17)$$

onde 'v' é o coeficiente de variação da contagem de tráfego (número absoluto), sendo $v\left\{ \hat{D}_{\text{médio}} \right\}$ e $v\left\{ \hat{A}_{\text{médio}} \right\}$ o coeficiente de variação da contagem de tráfego respectivamente para o período "depois" e "antes" da implementação da medida.

O coeficiente de variação da contagem de tráfego é definido pela duração do período de contagem. Seu valor percentual pode ser obtido pela equação

$$v = 1 + \frac{7,7}{\text{número de dias da contagem}} + \frac{1650}{VDMA^{0,82}} \quad (18)$$

onde VDMA é o volume diário médio anual.

O acréscimo de $V\hat{A}R(\hat{r}_{if})$ no cálculo de $V\hat{A}R(\hat{\pi})$ determina um valor maior para $V\hat{A}R(\hat{\pi})$. Desta forma, incorpora-se maior variabilidade para estimar o efeito da medida implementada, pois o valor de $V\hat{A}R(\hat{\pi})$ é usado para o cálculo de $V\hat{A}R(\hat{\delta})$ e $V\hat{A}R(\hat{\theta})$.

Caso não se disponha de dados volumétricos, o cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ e de $V\hat{A}R(\hat{\pi})$ será influenciado apenas pelo parâmetro que normaliza o efeito temporal. Desta forma, teremos $\hat{\pi} = \sum_{j=1}^n r_d(j)\hat{\kappa}(j)$ e $V\hat{A}R(\hat{\pi}) = \sum_{j=1}^n r_d(j)^2 V\hat{A}R(\hat{\kappa}(j))$ para os Passo 1 e Passo 2 respectivamente sendo mantidas as demais equações do Quadro 3.6.

3.4.3 Estimativa do desempenho da medida

A estimativa do desempenho da medida é feita no Passo 3 e Passo 4. O valor de λ , π , $V\hat{A}R(\hat{\lambda})$ e $V\hat{A}R(\hat{\pi})$ obtidos no Passo 1 e Passo 2 são utilizados no Passo 3 e Passo 4. Desta forma, o valor de λ , π , $V\hat{A}R(\hat{\lambda})$ e $V\hat{A}R(\hat{\pi})$ para as equações do Quadro 3.7 são obtidos por $\lambda = \sum \lambda(j)$, $\pi = \sum \pi(j)$, $V\hat{A}R(\hat{\lambda}) = \sum V\hat{A}R(\hat{\lambda}(j))$ e $V\hat{A}R(\hat{\pi}) = \sum V\hat{A}R(\hat{\pi}(j))$. O símbolo Σ representa o somatório para todos os 'n' locais. Portanto se considera os 'n' locais tratados como uma entidade composta. O efeito do tratamento estimado pelo Passo 3 e Passo 4 é para esta entidade composta.

O produto final desejado pela análise é a estimativa $\hat{\delta}$ e $\hat{\theta}$. Portanto, os dados de acidentes serão convertidos nas estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ e essas estimativas permitirão calcular ao produto final do estudo $\hat{\delta}$ e $\hat{\theta}$.

O efeito do tratamento é avaliado pelos valores de $\hat{\delta}$ e $\hat{\theta}$. O índice de efetividade (θ) permite avaliar a efetividade do tratamento de maneira simplificada. O tratamento é efetivo quando $\theta < 1$ e é prejudicial à segurança viária quando $\theta > 1$. Ainda, $100 \times (1 - \theta)$ permite avaliar o percentual de redução do número de acidentes esperado. O valor de δ apresenta a redução da taxa de acidente em valor absoluto. A variância destes parâmetros ($V\hat{A}R(\hat{\delta})$ e $V\hat{A}R(\hat{\theta})$) representa a incerteza na estimativa do efeito do tratamento.

Quadro 3.7 - Equações para o Passo 3 e Passo 4 para avaliação do efeito do medida em um único local

Passo 3	<p>Estimar δ e θ usando $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ obtidos no Passo 1 e $\text{VAR}(\hat{\pi})$ obtido no Passo 2 em:</p> $\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} \quad (19)$ $\hat{\theta} \cong \frac{\left(\frac{\hat{\lambda}}{\hat{\pi}}\right)}{\left[1 + \frac{\text{VAR}(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2}\right]} \quad (20)$
Passo 4	<p>Estimar $\text{VAR}(\hat{\delta})$ e $\text{VAR}(\hat{\theta})$ usando $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ obtidos no Passo 1 e $\text{V\hat{A}R}(\hat{\lambda})$, $\text{V\hat{A}R}(\hat{\pi})$ obtidos no Passo 2 em:</p> $\text{VAR}(\hat{\delta}) = \text{VAR}(\hat{\lambda}) + \text{VAR}(\hat{\pi}) \quad (21)$ $\text{VAR}(\hat{\theta}) \cong \frac{\hat{\theta}^2 \left[\frac{\text{VAR}(\hat{\lambda})}{\hat{\lambda}^2} + \frac{\text{VAR}(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2} \right]}{\left[1 + \frac{\text{VAR}(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2} \right]} \quad (22)$

3.5 CONCLUSÕES

O controle da segurança viária passa pelo monitoramento de medidas de segurança implementadas no tráfego. O monitoramento é uma ferramenta que permite identificar o efeito de uma medida implementada no tráfego através da comparação de registros de acidentes. O monitoramento assegura que a implementação de uma medida de segurança não acarrete em um aumento nos acidentes, pois acompanha periodicamente o efeito da medida sobre o tráfego. Da mesma forma, o monitoramento permite acompanhar o período de influência de uma medida de segurança implementada no tráfego, permitindo reforçar ou substituir medidas cuja influência no comportamento dos usuários da via diminui ao passar dos anos.

Existem três grupos de monitoramento para medidas mitigadoras de acidentes, os que analisam dados: (i) do local tratado; (ii) do local tratado e de locais com características similares, sem o tratamento; (iii) do local tratado e de locais com características distintas, sem o tratamento. A escolha do tipo de monitoramento, que deve ser praticado para avaliar o efeito

de medidas de segurança implementadas no tráfego, é baseada na disponibilidade de dados. Portanto, a qualidade da avaliação da medida implementada está vinculada à qualidade dos dados registrados dos acidentes.

Os dois próximos capítulos apresentam formas de tratar do problema de disponibilidade e qualidade dos dados registrados de acidentes. O capítulo 4 apresenta um resumo de cinco técnicas de análise de conflitos de tráfego desenvolvidas em países distintos. Por não se valer de dados de acidentes, a técnica de análise de conflitos de tráfego pode ser utilizada como uma técnica alternativa para avaliação de medidas de segurança. No capítulo 5, ressalta-se a importância na qualidade dos dados de acidentes, apresentando alguns problemas decorrentes da análise.

4 TÉCNICA DE ANÁLISE DE CONFLITO DE TRÁFEGO

A confiabilidade da análise da segurança viária embasada na avaliação dos registros de acidentes sempre foi questionada, induzindo o desenvolvimento de medidas suplementares para diagnosticar o problema. Os acidentes são eventos raros e ocorrem aleatoriamente, o que determina um período de tempo bastante longo para obter uma amostra estatisticamente confiável. Da mesma forma, os dados apenas fornecem informações dos acidentes registrados.

A necessidade de identificar os problemas na operação do tráfego que acarretaram o acidente proporcionou o surgimento da técnica de análise de conflito de tráfego. Ao dirigir, o motorista deve interpretar facilmente as ações de outros motoristas e as informações que a via lhe oferece. A falha na interpretação destas informações, erro de decisão do motorista ou tempo insuficiente para realização de algum tipo de manobra evasiva gera o acidente. Uma ferramenta importante da Engenharia de Tráfego que permite avaliar o processo de interação entre os usuários, e entre esses e a via, é a análise de conflitos de tráfego.

4.1 CONCEITO DE TCT

Manobras evasivas emergenciais no curso de colisão, desenvolvidas com sucesso pelos usuários da via, caracterizam-se como conflitos de tráfego. De uma maneira geral, conflito de tráfego é uma observável situação em que dois ou mais usuários da via aproximam-se entre si, em espaço e tempo, e que suas trajetórias se estenderão em uma colisão iminente, caso seus movimentos permaneçam inalterados (Amundsen e Hyden, 1977).

Os conflitos podem ser classificados em uma escala de severidade baseada na característica da manobra evasiva (Muhlrad, 1998). Quanto mais severa a manobra emergente executada, ocasionada pela proximidade entre os usuários da via envolvidos no evento, mais próximo será o conflito de um possível acidente.

Técnicas de Análise de Conflitos de Tráfego, TCT, são processos de observações sistemáticas, que qualificam e quantificam os conflitos de tráfego, para identificar a localização de pontos potenciais de acidentes no sistema viário.

4.2 JUSTIFICATIVA DO USO DA TCT

A ocorrência de um acidente aéreo geralmente resulta em fatalidades, realçando as atenções dadas pela engenharia na operação do tráfego a fim de evitá-lo. O reduzido número de acidentes aéreos impossibilita que sejam gerados dados suficientes para inferir as causas do problema. Assim foi necessário desenvolver uma metodologia que permitisse diagnosticar falhas de operação, principalmente as relativas aos problemas de segurança, antes que os acidentes ocorressem.

Analogamente, encontramos em nosso sistema viário grande número de acidentes que direcionam as atenções de profissionais que atuam na melhoria da segurança viária. Porém, ao contrário da avaliação da segurança da operação do tráfego aéreo, o diagnóstico dos problemas do sistema viário é embasado nas fatalidades geradas pelos acidentes. Portanto cria-se um paradigma, determinando que a frequência dos acidentes facilitará a localização de pontos críticos.

Segundo Oppe (1985), para melhorar a segurança viária, é necessário compreender como os acidentes acontecem. Deve-se avaliar o comportamento do motorista como evidência de perigo, ao invés de se analisar dados acumulados dos registros de acidentes. É necessário compreender o processo de interação entre usuário, veículo e via e não apenas quantificar a falha nesta interação (acidente). Avaliar apenas números totais de acidentes, sem examinar suas causas, limita as conclusões da análise.

Existem dificuldades em se diagnosticar a segurança viária através dos registros de acidentes. Acidentes ocorridos no passado são insuficientes para prever futuros acidentes por apresentarem baixas correlações (Pugh e Halpin, 1974 e Guttinge, 1977), principalmente quando as condições não se assemelham (mudanças na geometria via, no volume de veículos na via). Ainda, no caso do Brasil, existe uma parcela considerável de sub-registro de acidentes (Meirelles, 1990).

A análise de conflitos de tráfego possui vantagens em relação à análise de registros históricos de acidentes. A simplicidade na coleta “*in loco*” com adequada confiabilidade, disponibiliza registrar dados atualizados da situação do tráfego. Da mesma forma, enquanto os acidentes distribuem-se na malha viária como um fenômeno aleatório, estatisticamente

raros, dados de conflitos cobrem apenas uma área selecionada, fornecendo o diagnóstico de problemas em pontos específicos.

A TCT auxilia na dificuldade de se trabalhar com dados históricos de acidentes. Junto com a análise de acidentes, a avaliação de conflitos de tráfego deve fornecer dados que ajudem planejar medidas para realçar a segurança viária. Somados aos acidentes, conflitos de tráfego devem ser usados como critério para definir a periculosidade de certas seções da rede viária e como critério para avaliar a adaptação dos participantes do tráfego com as condições do tráfego.

A frequência dos conflitos de tráfego e dos acidentes de trânsito está relacionada com a severidade do evento (Glauz e Migletz, 1980 e Hyden, 1987). Os sucessos de manobras evasivas em situações de risco são mais frequentes do que os acidentes. Portanto, o estudo de conflito permite avaliar o sistema de tráfego em um período mais curto, assim como gerar um número maior de observações.

4.3 APLICABILIDADE DA TCT

A facilidade em se obter dados de conflitos comparados aos dados de acidentes propicia aplicações da TCT para (Guedes *et al.*, 1997):

- i. avaliar implementação de medidas preventivas e/ou corretivas;
- ii. visualizar condições que provoquem o acidente;
- iii. servir como adendo aos dados de acidentes;
- iv. avaliar o desempenho dos motoristas (Risser, 1985);
- v. substituir dados de acidentes para avaliar pontos críticos.

A TCT geralmente é aplicada em locais determinados. Os locais são selecionados por apresentarem um problema de segurança já conhecido ou porque novas medidas de segurança foram implantadas.

A TCT, quando usada como ferramenta para avaliação comportamental do motorista, contribui para (Muhlrad, 1998):

- i. testar o comportamento dos motoristas quanto ao efeito de medidas e fatores específicos (programa de treinamento de motoristas, implantação de medidas mitigadoras de acidentes, alterações na infra-estrutura viária, etc);
- ii. identificar situações de risco ao motorista e seu comportamento na rede viária, onde não existem dados de acidentes.

Diversos estudos de avaliação da segurança viária através da TCT já foram publicados. Grande parte destes utilizou a TCT para avaliar pontos críticos em interseções (Glauz e Migletz, 1980; Williams, 1981; Guedes, 1995; Pietrantonio, 1991; Hayward, 1972). Outros utilizaram a técnica de conflitos de tráfego para diagnosticar problemas de turbulência no fluxo de uma via expressa ocasionada por rampa de acesso (Cima, 1977; Chin *et al.*, 1991). A TCT também possibilitou avaliar a interação entre veículos e pedestres em interações (Garden, 1989; Javid e Seneviratne, 1991; Draskoczy, 1992; Pietrantonio, 1998).

4.4 ESTRUTURA DA TCT

A estrutura das diferentes TCT desenvolvidas em países distintos não varia. Segundo Muhlrud (1998), a estrutura da TCT abrange uma descrição precisa do conflito, uma escala de severidade, um processo de observação e coleta de dados, um programa de treinamento para os observadores e alguns testes que apresentem a validação e confiabilidade da técnica, indicando as limitações da mesma.

É necessário definir, anteriormente ao processo de coleta dos dados, que tipos de ações dos usuários da via se caracterizam como conflitos de tráfego. As infrações no trânsito e a negligência do motorista à sinalização viária (ex: transgressão semafórica) não são definidas como conflito de tráfego em algumas técnicas. Da mesma forma, pode-se deixar de registrar os conflitos entre veículos e pedestres quando o interesse for apenas para avaliar a interação entre os veículos da via.

A escala de severidade para os conflitos de tráfego visa caracterizar e avaliar a emergência da manobra evasiva. O grau de severidade de um conflito pode ser definido pela distância em espaço e tempo entre os usuários da via no momento da manobra evasiva e a intensidade da desaceleração necessária para evitar o acidente. Os tipos de usuários da via envolvidos no conflito (pedestre, ciclista, motorista), suas velocidades de aproximação, e o

tipo de manobra evasiva adotada também são avaliados para caracterizar a severidade do conflito. A severidade atribuída a um conflito relaciona a proximidade da manobra evasiva ao acidente.

O registro dos conflitos de tráfego é feito pelo observador em uma planilha padrão. Para aplicação da TCT é necessário registrar informações do período de coleta, das manobras executadas pelos usuários da via e da caracterização do ambiente viário. Estas informações, levantadas de forma padronizada, facilitam o processo de armazenamento de dados e principalmente de comparações entre locais e períodos distintos.

O processo de registro dos conflitos de tráfego pode variar. É definido como direto, quando executado por um observador no local, permitindo a este um bom campo de visão para caracterizar e julgar o evento no tráfego. Pode-se perder dados com o registro direto, principalmente em locais com grande ocorrência de conflitos, devido à dispersão do observador ao sistema de tráfego no preenchimento da planilha de dados. Da mesma forma, a coleta de dados objetivos encontra restrições em relação à confiabilidade dos dados obtidos com a observação feita diretamente no local. Há dificuldade do observador submeter uma padronização na mensuração de valores de tempo e distância.

O modo de observação é definido como semi-automatizado quando a coleta de dados é feita através da transmissão de imagens, previamente gravadas, aos observadores. Neste caso, restringe-se, ao observador, caracterizar o conflito com imagens em duas dimensões e limitado campo de visão. Porém, retrocessos das imagens gravadas permitem extrair dados de velocidades de aproximação, classificação do tráfego e volumes, assim como reproduzir, a fim de sanar dúvidas, situações imprevistas. Em um processo automatizado, a análise das imagens é feita por programas computacionais.

Os treinamentos buscam uniformizar a avaliação dos conflitos de tráfego pelos observadores. O treinamento do observador visa padronizar a interpretação de eventos repetitivos, assim como uniformizá-las para diferentes observadores. O processo de treinamento dos observadores é feito intervalando aulas teóricas e práticas, visando apresentar os conceitos envolvidos na técnica, a caracterização dos graus de severidade e o procedimento de registro dos dados.

A validação da técnica e sua confiabilidade são importantes para caracterizar os registros de conflitos como indicadores de insegurança. Toda TCT necessita de uma validação. A validação pode ser da confiabilidade da técnica no processo de coleta de dados ou do potencial da técnica como indicadora de falhas da operação do tráfego. Quanto à confiabilidade no processo de coleta de dados, é necessário avaliar a uniformidade do julgamento dos observadores na identificação dos conflitos. Já foi constatado que a uniformidade do julgamento está relacionada com a severidade do evento (quanto mais severo o conflito, maior a correlação do julgamento (Grayson *et al.*, 1984; Hyden, 1987). Como indicadora de insegurança, a validação da técnica é feita relacionando conflito de tráfego com os acidentes. As principais críticas sobre a TCT focam nesta validação. O item a seguir desenvolve um pouco mais o assunto para ilustrar o posicionamento de pesquisadores sobre o assunto.

4.5 A VALIDAÇÃO

São duas as principais discussões no meio científico referentes à validação da TCT: i) a confiabilidade de interpretações subjetivas em classificar o conflito, pelo tipo e pela severidade, e ii) a possibilidade de se prever acidentes através de dados de conflitos.

Há diferenças entre as TCTs na avaliação da severidade do conflito. Para avaliar estas diferenças desenvolveu-se um estudo de calibração na cidade sueca de Malmö, em 1983 (Grayson *et al.*, 1984). Equipes da Finlândia, França, Alemanha, Inglaterra, Suécia, Estados Unidos, Áustria e Canadá, auxiliados pelas filmagens feitas pela equipe holandesa, aplicaram suas TCT em 3 interseções. Todas as TCTs conseguiram detectar os problemas de segurança dos locais estudados. Entretanto, não se verificaram semelhanças nas interpretações da severidade dos conflitos. O que ficou claro foi que a semelhança entre os registros diminui quanto menos emergente for a ação evasiva.

Devido à convivência no trânsito, pessoas não treinadas conseguem classificar os conflitos quanto ao seu grau de severidade de maneira intuitiva (Kruyssen e Wijnhuizen, 1992). Hyden (1987) identificou que pessoas não treinadas, entrevistadas após se envolverem em um conflito de tráfego, conseguem diferenciar de 55 a 80% dos conflitos sérios e 25% de conflitos não sérios.

As variações das interpretações dos observadores de conflitos não invalidam a TCT. Muhlrád (1998) aponta que fornecer treinamentos padronizados para observadores é mais confiável que diagnósticos simples em cima de dados de acidentes. Verifica-se que um dia de contagem de conflitos é mais preciso que um ano de histórico de acidentes, para locais com menos de 5 acidentes ao ano, e do que 3 anos para locais com menos de 1,7 acidentes no ano. (Garden, 1989).

Em relação à validação da TCT como ferramenta para avaliação da segurança viária, alguns estudos de conflitos falham em exibir nível aceitável da correlação estatística entre conflitos e acidentes (Willians, 1981). Este problema é proveniente da imprecisão, falta de confiabilidade e sub-registros dos próprios acidentes (Chin e Quek, 1997).

É necessário classificar conflitos e acidentes de acordo com tipos de manobras e níveis de severidade, para examinar uma correlação consistente. Os conflitos sérios apresentam alta correlação com os acidentes (Spicer *apud* Willians, 1981). Ainda, Guttinger (1979) exibiu que a correlação entre conflitos e acidentes locais melhorou quando conflitos de pedestres e ciclistas foram excluídos.

Chin e Quek (1997) caracterizam como um exercício desnecessário insistir em estabelecer uma relação estatística aceitável entre acidentes e conflitos para justificar o uso da TCT. O desenvolvimento do processo gerador de um evento crítico no sistema de tráfego apresenta uma divisão, um levando ao acidente e outro ao conflito. Portanto, acidentes e conflito de tráfego são eventos separados, associados em um macro nível através de ligações comuns com a percepção do perigo pelo motorista (Brown e Cooper, 1990). A correlação entre conflitos e acidentes é necessária apenas em estudo que pretendam prever a ocorrência de acidentes.

Garden (1989) propõe validar a TCT pela sua capacidade de mostrar todos os fatores responsáveis pelo acidente. Assim, deve-se promover a TCT como método complementar de avaliação de acidentes, como indicadora de segurança e de deficiências operacionais.

4.6 RESUMO DAS TCTs NO MUNDO

O desenvolvimento da TCT ocorreu separadamente em diferentes países. O desenvolvimento distinto da TCT tornou necessária realização de estudos de calibração para analisar as divergências entre as técnicas. Através da criação do “*International Committee on Traffic Conflict Techniques – ICTCT*”, dois estudos de calibração foram realizados (Older e Shippey, 1979; Grayson *et al.*, 1984).

Os estudos de calibração permitiram avaliar técnicas distintas em mesmas condições de tráfego. A aplicação simultânea, no mesmo local, da TCT correntemente usada em países europeus e norte-americanos, por equipes representantes destes países, permitiu comparar e avaliar a similaridade no processo de coleta, de análise e dos resultados encontrados (quantificação e caracterização de conflitos).

Apesar das tentativas de se ter um acordo na definição de conflito, ainda existem muitos fatores que diferem entre as técnicas. Algumas técnicas trabalham através da coleta de dados objetivos (Hayward, 1972; Horst, 1990; Hyden, 1987; Brown *et al.*, 1996), mensurando o espaçamento no tempo ou no espaço de veículos com trajetória eminente de colisão, enquanto outras trabalham através de coleta de dados subjetivos (IHT, 1986; Muhlrad, 1988), que permitem o observador identificar e classificar, quanto ao grau de severidade, manobras executadas para evitar o acidente.

O principal conceito anexado à análise de conflitos de tráfego por técnicas que coletam dados objetivos é o TTC, “*Time to Collision*”. TTC é definido como sendo o espaço de tempo existente entre os dois usuários da via, no momento da manobra evasiva, ao possível ponto de choque, pressupondo que os usuários da via permaneçam com a velocidade e direção inalterados. É função da velocidade de aproximação dos elementos conflitantes e da distância existente destes ao ponto de choque (Hyden, 1987; Brown *et al.*, 1996).

A facilidade de aplicação e o uso rotineiro da TCT em alguns países proporcionaram a difusão de algumas técnicas no mundo. As TCTs mais divulgadas são as provenientes do Canadá, dos Estados Unidos, da França, da Grã-Bretanha e da Suécia. A metodologia empregada na técnica utilizada por estes cinco países pode ser encontrada em manuais

(Brown *et al.*, 1996; FHWA, 1989a ,b; Muhlrاد, 1988; IHT, 1986; Hyden, 1987). O Quadro 4.1 apresenta os elementos operacionais destas técnicas.

Quadro 4.1 - Elementos operacionais das TCT (Older e Shippey, 1979)

Elemento		País	Canadá	Estados Unidos	França	Grã-Bretanha	Suécia
Tipo de localização	Urbana		X	X	X	X	X
	Rural		X	X		X	X
Ação evasiva			X	X	X	X	X
Escala de Severidade			X		X	X	
TTC			I			I	X
Risco de colisão			I				
Aceleração/desaceleração						I	
Velocidade					R		R
Separação						I	R
Anglo de colisão					R		
Tipo de usuário da via					R		R
Tipo de manobra					R		
Tipo de junção					R		R
Complexidade da ação evasiva						I	
Não considera violação leis de trânsito			X	X	X	X	X
Considera conflito veículo - ambiente					X		
Não se aplica a pedestres						X	

X: indica elemento básico da TCT

I: Indica que a medida é determinada, subjetiva ou objetivamente, mas não é usada como elemento independente na definição de conflito.

R: Indica que a medida não é usada para determinar se o conflito ocorreu, mas para determinar o risco associado ao conflito.

Os elementos apresentados no Quadro 4.1 são:

- i. *Ação evasiva*: mudança de direção ou velocidade por um ou ambos os elementos conflitantes;
- ii. *Escala de severidade*: baseada na severidade da ação evasiva necessária para evitar o acidente, na proximidade entre os elementos conflitantes, ou na severidade estimada do acidente potencial;
- iii. *TTC (Time to collision)*: é definido como sendo o espaço de tempo existente entre os dois veículos no momento da manobra evasiva ao possível ponto de colisão,

pressupondo que os usuários da via permaneçam com a velocidade e direção inalterados;

- iv. *Separação*: separação de espaço ou tempo entre os elementos conflitantes;
- v. *Ângulo de colisão*: se a manobra é uma colisão frontal, lateral, transversal, ou traseira;

O método de observação predominante das técnicas apresentadas é a observação direta. Todas as cinco técnicas apresentadas necessitam de observadores no local para a coleta de dados, com exceção da TCT sueca. O método de observação proposto pela técnica sueca pode ser direto ou semi-automatizado. Conforme os recursos disponíveis, os conflitos de tráfego podem ser registrados apenas com observadores no local, com observadores e câmeras filmadoras ou apenas com as câmeras filmadoras. A gravação dos conflitos facilita a avaliação do TTC, pois permite que o mesmo evento seja assistido várias vezes. Além das variações dos elementos utilizados para a definição de conflito, existem variações nas planilhas de registros de dados entre as técnicas. O Quadro 4.2 apresenta os elementos constituintes das planilhas para estas TCTs.

Em relação ao processo de treinamento, as TCT se assemelham na metodologia de ensino, porém variam no período de duração do treinamento da técnica aos observadores. Todas técnicas alternam aulas teóricas com aulas práticas. Nas aulas teóricas é feita a apresentação dos conceitos envolvidos na TCT através de vídeos, principalmente na caracterização de conflitos no tráfego e na escala de severidade. As aulas práticas buscam familiarizar os observadores ao processo de coleta de dados, visando identificar dúvidas dos mesmos neste processo.

O período de duração de treinamento entre as TCT varia de três a dez dias. Cada técnica possui um período pré-determinado de treinamento. A TCT com maior período de treinamento é a TCT americana, 10 dias, seguido pela técnica sueca, 5 dias, e pela TCT britânica, 4 dias. A TCT francesa propõem o menor período de treinamento, 3 dias. A TCT canadense avaliou a duração do período de duração do treinamento dos observadores com o aprendizado dos mesmos. Verificou-se que um período de treinamento maior do que 5 dias não compensa os gastos com os mesmos, sendo desta forma definido um período ideal para o treinamento entre 3 a 5 dias, conforme a capacidade individual dos observadores no aprendizado e sua familiaridade com o assunto.

Quadro 4.2 - Elementos registrados na planilha de campo das TCTs.

Elemento da definição	País	Canadá	Estados Unidos	França	Grã-Bretanha	Suécia
Escala de Severidade		M		C	C	
TTC		M				OK
Risco de colisão		M		C		
Velocidade						OK
Separação	Tempo				subj.	obj.
	Distância				subj.	
Tipo de usuário via		OK		OK	OK	OK
Classificação veicular		M		C	C	
Diagrama da manobra	Croqui	OK		OK	OK	OK
	Legenda		OK		OK	
Código do conflito				C		
Complexidade da ação evasiva		M			C	M
Legenda	Conflito		OK		OK	
	Usuário da via	OK		OK		
Identificação da Interseção		OK	OK	OK	OK	OK
Condições meteorológicas		M			D	M
Condições do pavimento (seco, úmido)				M		M
Identificação da sinalização		M				
Comentários		OK	OK	OK		OK
Dia da semana		M				
Check-list			M			
Contagem volumétrica			OK			
Tempo de coleta			OK	OK		

OK: existência do registro;

M: registro feito em forma de múltipla escolha;

D: registro feito descritivamente;

C: registro feito em forma de código;

subj.: dado subjetivo;

obj.: dado objetivo.

4.7 DESENVOLVIMENTO DA TCT

Um dos primeiros estudos visando obter indicadores para a previsão de acidentes viários foi realizado por Perkins e Harris (1967). Situações críticas no tráfego foram denominadas como conflitos de tráfego.

As TCTs desenvolverem-se de formas desiguais em países europeus e norte americanos. Análises subjetivas ou objetivas diferenciam as TCTs na mensuração dos conflitos. Na França em 1979, na Suécia em 1983 e Áustria em 1985 encontros do Comitê Internacional das Técnicas de Conflitos de Tráfego, ICTCT, visaram comparar as técnicas assim como verificar sua validação como ferramenta para a previsão de acidentes (Grayson *et al.*, 1984; Older e Shippey, 1979; Risser e Schützenhöfer, 1984).

Gaarder (1985) e Migletz *et al.* (1985) apresentaram a importância do estudo dos conflitos de tráfego. Ele mostrou-se como mais adequado para caracterizar os problemas do sistema viário do que a avaliação de amostras reduzidas de séries temporais de acidentes. As aplicações das TCTs concretizam-se em diferentes países, entre estes Alemanha, Áustria, Estados Unidos, Finlândia, França, Holanda, Reino Unido e Suécia, com a publicação de manuais referentes às técnicas (FHWA, 1989b; Hyden, 1987, IHT, 1986, Muhlrad, 1988, Erke e Gstalter, 1985; Risser *et al.*, 1991). Muhlrad (1998) cita o uso da TCT pelas autoridades locais na Inglaterra, pela polícia na Alemanha, pela entidade vinculada à administração rodoviária na Suécia e Finlândia, em programas de segurança viária na França e por autoridades federais nos Estados Unidos.

4.8 A TCT NO BRASIL

Na década de 90, iniciou-se a transferência de TCTs desenvolvidas em outros países ao contexto do sistema de tráfego brasileiro. Pietrantonio (1991) aplicou a técnica americana na cidade de São Paulo em uma interseção urbana, não semaforizada, com quatro aproximações com volume de tráfego, em um dia normal da semana, menor que 10 000 veículos. Das 16 colisões laterais ocorridas nesta interseção em 1990, apenas 8 possuíam informações claras do acidente. O experimento mostrou boa adaptação da TCT americana às condições existentes no Brasil.

Guedes (1995) avaliou a aplicação da técnica francesa na cidade do Rio de Janeiro, em uma interseção com três aproximações e fluxo no período da tarde de aproximadamente 2500 veículos/hora em um dia normal de semana. No período de 1/12/94 ao 19/3/95 foram registrados 7 acidentes. O experimento mostrou uma boa adaptação da TCT francesa ao Brasil. Incluiu-se, como conflito de tráfego, a violação da sinalização semafórica. Esta medida visou adaptar a TCT ao caso brasileiro, onde este evento é mais freqüente.

Outro estudo foi realizado por Pietrantonio (1998) em duas interseções semaforizadas na cidade de São Paulo. Seu objetivo era esclarecer conceitos gerais e operacionais na TCT desenvolvida no Lund Institute of Technology, LIT/Suécia, especialmente os problemas de segurança de pedestres. Pelos resultados obtidos, conclui-se que são necessários parâmetros adicionais para orientar o diagnóstico, pois a classificação da severidade dos conflitos recomendada pela técnica mostrou-se insuficiente.

Simões *et al.* (2000) desenvolveram a TCT SANCA2000. A técnica visa adequar-se às características do tráfego brasileiro, incluindo parâmetros relevantes típicos do país, por exemplo, o avanço no sinal vermelho. Vinte tipos de conflitos são descritos nesta técnica. É feita uma expansão dos dados para os períodos sem observação, semelhante a TCT americana (FHWA, 1989b). No entanto, a técnica não apresenta escala de severidade.

4.9 AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DAS TCTs AO CASO BRASILEIRO

Apenas com a apresentação dos elementos envolvidos na definição dos conflitos e de suas formas de registros não é possível identificar a praticidade de aplicação das TCTs e a adequabilidade das mesmas ao tráfego brasileiro. O desempenho das cinco TCTs em 6 critérios é apresentado no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Avaliação do desempenho das TCTs em 6 critérios.

Critério	Canadá	Estados Unidos	França	Grã-Bretanha	Suécia
1. Elementos da definição	☺	☹	☹	☹	☺
2. Índices de avaliação	☺	☺	☹	☹	☹
3. Material didático	☺	☹	☹	☹	☺
4. Praticidade de registro na planilha de campo	☺	☺	☹	☹	☺
5. Informações da planilha de campo	☺	☹	☹	☹	☺
6. Aplicações anteriores no Brasil	não	sim	sim	não	sim

Legenda: ☺ = bom, ☹ = regular, ☹ = ruim.

Os critérios apresentados no Quadro 4.3 são:

- i. *Elementos da definição* - A avaliação é feita com base no resultado do segundo estudo de calibração (Grayson *et al*, 1984). Neste estudo, o TTC foi identificado como elemento mais importante para avaliação da severidade do conflito de tráfego, seguido respectivamente pela “distância mínima” entre os usuários da via e pelo “tipo de usuário” da via envolvido no conflito (Hyden, 1987);
- ii. *Índices de avaliação* – A avaliação é feita considerando a apresentação de índices de avaliação dos dados de conflitos pelos manuais de cada TCT;
- iii. *Material didático* – A avaliação é feita considerando a disponibilidade do manual em inglês e de fitas de vídeo cassete para o treinamento de observadores;
- iv. *Praticidade do registro na planilha de campo* – A avaliação é feita sobre a forma de registro na planilha de campo e sobre a estimativa do tempo gasto para o seu preenchimento;
- v. *Informações da planilha de campo* – A avaliação é feita considerando o tipo de informação registrada na planilha de campo e sua relevância ao estudo de conflito de tráfego;
- vi. *Aplicações anteriores no Brasil* – identifica o emprego da TCT no tráfego brasileiro.

Duas TCTs se sobressaem na avaliação. A técnica canadense e a sueca apresentam o melhor desempenho na maioria dos seis critérios avaliados. A TCT canadense se destaca por incluir os três elementos identificados como relevantes para a caracterização de conflitos de tráfego no segundo estudo de calibração (Grayson *et al*, 1984). O TTC e o “tipo de usuário” da via são incluídos diretamente na técnica, enquanto que a “distância mínima” é incluída indiretamente pela análise da TTC e da velocidade de aproximação dos usuários da via ao ponto de choque. Ainda, a TCT canadense registra a sinalização existente em campo específico da planilha, disponibilizando informações relevantes à análise de conflitos. No entanto, a TCT canadense apresenta a restrição de não ter sido aplicada no Brasil.

A TCT sueca, que também avalia o TTC, não caracteriza os índices para avaliação dos dados de conflitos e apresenta uma restrição importante. A TCT sueca é a única das cinco técnicas que define o conflito de tráfego como a interação de dois usuários da via, nem mais nem menos. O conflito de tráfego envolvendo um usuário da via é descartado. No caso deste estudo, onde a TCT será utilizada como uma das ferramentas para monitorar o desempenho

dos motoristas junto à implantação de medidas mitigadoras de acidentes, esta técnica se torna pouco atraente, pois muitos conflitos podem existir devido às falhas do ambiente viário.

A seguir são apresentados os detalhes da TCT canadense. O objetivo é apresentar a técnica que apresenta bom desempenho nos critérios avaliados, mas que ainda não foi empregada no tráfego brasileiro.

4.10 TÉCNICA DE CONFLITO DE TRÁFEGO CANADENSE

A técnica de análise de conflitos de tráfego canadense aplica o mesmo conceito de conflito que as demais técnicas desenvolvidas pelo mundo. Manobras evasivas emergenciais no curso de colisão, desenvolvidas com sucesso pelos usuários da via, caracterizam-se como conflitos de tráfego.

Sendo os usuários da via pedestres, ciclistas e veículos, pode-se caracterizar suas ações evasivas como sendo:

- i. Para veículos – freadas, aceleração, saídas laterais, desvio de trajetórias, etc;
- ii. Para pedestres e ciclistas – parada no local, aceleração, recuo, mudança de curso, etc.

4.10.1 Avaliação da severidade dos conflitos

A severidade dos conflitos é definida pela soma de índices atribuídos a dois fatores avaliados pelo observador. O tempo para o acidente (*Time-To-Collision*, TTC) e o risco de colisão (*Risk-of-Collision*, ROC).

4.10.1.1 Tempo para o acidente – TTC

O tempo para o acidente é definido como sendo o espaço de tempo existente entre os dois veículos no momento da manobra evasiva ao possível ponto de choque, pressupondo que os usuários da via permaneçam com a velocidade e direção inalterados. É função da velocidade de aproximação dos veículos e da distância destes ao ponto de choque. O observador deve estimar a velocidade e distância para encontrar o valor do TTC. O índice atribuído ao TTC é obtido pelo Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Índices do tempo para o acidente e risco de colisão.

Índice TTC e ROC	Tempo para o acidente (s)	Risco de colisão
1	Entre 1,6 e 2,0	Risco baixo
2	Entre 1,0 e 1,5	Risco Moderado
3	Entre 0,0 e 0,9	Risco Alto

4.10.1.2 Risco de colisão

O risco de colisão é uma medida subjetiva do potencial do acidente e está relacionado à percepção e ao controle do usuário da via no transcorrer do evento caracterizado como conflito de tráfego. É independente do TTC. Fatores como o espaço e a severidade da manobra evasiva devem ser considerados na avaliação do ROC. Da mesma forma que o TTC, deve-se consultar o Quadro 4.4 para obter o índice atribuído ao ROC.

4.10.1.3 O índice de avaliação da severidade do conflito – IAS

O conflito de tráfego pode obter um IAS de 2 a 6, na soma dos índices obtidos pelos fatores anteriormente explicados. Quanto maior o valor, mais severo o evento.

Devido à dificuldade encontrada em quantificar o TTC no envolvimento simultâneo de vários veículos em um incidente, a técnica sugere identificar zonas na interseção com mesmo índice de TTC para facilitar o trabalho de observação. Estas zonas são identificadas considerando os intervalos de tempo atribuídos a cada índice de TTC e a velocidade de aproximação do fluxo, que é considerada constante. A pintura no pavimento ou a marcação de pontos de referência é utilizada na caracterização das zonas (Figura 4.1).

4.10.2 Os tipos de conflitos de tráfego

A técnica canadense de análise de conflito de tráfego identifica 68 movimentos conflitantes em uma interseção com quatro aproximações. Estes estão divididos em sete grupos de conflitos (conversão à esquerda com sentido de aproximação oposto, conversão à esquerda com direção de aproximação oposta, cruzamento, colisão traseira, conversão à

direita, desvio lateral e conflitos com pedestres) conforme apresentado na Figura A.1 do Anexo A.

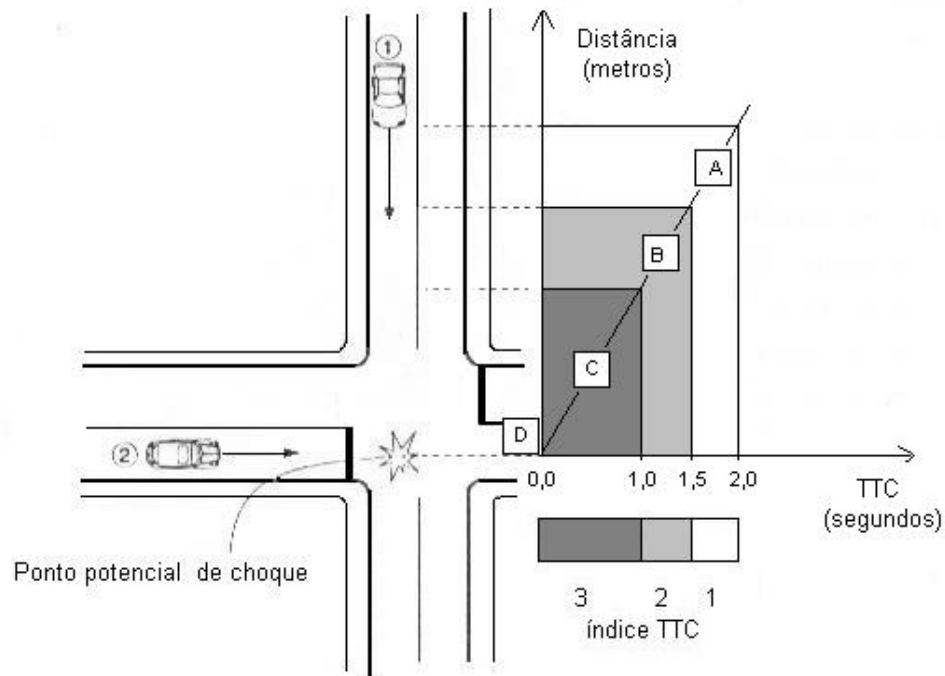


Figura 4.1 - Divisão de zonas com mesmo TTC.

4.10.3 A planilha de coleta de dados

A técnica estipula uma planilha de registro para cada conflito. A planilha alterna registros descritivos e quadros de múltipla escolha, visando facilitar os registros do observador. A formatação da planilha limita áreas para o registro dos dados do incidente buscando agilizar posterior computação (Figura A.2 do Anexo A).

4.10.4 Método de observação

O método de observação empregado pela técnica é o método de observação direta. A técnica não determina um número máximo de observadores, mas determina um número mínimo de total de horas de observação. A partir de dois observadores é possível desenvolver a coleta de dados em uma interseção com quatro aproximações. A técnica estabelece um mínimo de 32h de observações. Definindo 8h como a duração do período de coleta para cada observador, são necessários dois observadores para dois dias de coleta (16h para cada

observador) e quatro observadores para um dia de coleta de dados. Sugere-se que o período englobe os três picos de fluxo de tráfego diários.

Os observadores devem ser locados em uma área que permita a maior zona de cobertura. Os observadores devem estar posicionados anteriormente a zona com menor índice de TTC para evitar a indisponibilidade de registro de eventos mais afastados da interseção. A técnica sugere o posicionamento oblíquo dos mesmos para permitir uma boa área de visualização. Cada observador fica responsável em registrar os conflitos das duas aproximações mais próximas de si. Este posicionamento permite também, caso seja necessário, utilizar uma zona de calibração dos observadores (a região central da interseção). Destina-se esta área em que há a sobreposição de registros para avaliar a inter-relação dos observadores no registro dos conflitos.

4.10.5 O treinamento dos observadores

O programa de treinamento dos observadores previsto pela técnica prevê a alternância de aulas teóricas e práticas. As aulas teóricas visam apresentar os conceitos aplicados pela técnica e esclarecer dúvidas originadas após um trabalho de campo. O observador é posto no local para se familiariza com a coleta de dados e identificar dificuldades no trabalho de campo nas aulas práticas.

O treinamento do observador fornece habilidade na distinção dos três índices de cada intervalo de TTC. Apesar da pouca diferença de tempo existente entre os três índices de TTC, Horst (1990) observa boa correlação abaixo de 2 segundos entre o verdadeiro TTC do conflito e valores estimados pelos observadores.

O período de treinamento varia conforme a familiaridade dos observadores com os conceitos expostos de conflito de tráfego e a uniformização das interpretações dos mesmos. O intervalo de variação do período de treinamento está entre dois a cinco dias. Segundo o manual da técnica, a confiabilidade nos registros quantificados e qualificados atinge um patamar a partir do quinto dia de treinamento, o que torna desnecessário gastos com mais treinamento. O programa de treinamento para um curso de 3 dias de duração é apresentado no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Programa de treinamento da TCT canadense.

	Turno	Descrição da tarefa
Dia 1	Manhã (Estágio 1)	Aula teórica
	Tarde (Estágio 2)	Aula prática inicial; Esclarecimento de dúvidas.
Dia 2	Manhã (Estágio 3)	1º trabalho de campo Esclarecimento de dúvidas.
	Tarde (Estágio 3)	2º trabalho de campo Esclarecimento de dúvidas.
Dia 3	Manhã (Estágio 3)	3º trabalho de campo Esclarecimento de dúvidas.
	Tarde (Estágio 3)	4º trabalho de campo Esclarecimento de dúvidas.

4.10.6 Método de análise

O método de análise aplicado pela técnica busca apresentar de forma gráfica e numérica o resumo do estudo de diagnóstico de interseção desenvolvido pela análise de conflitos de tráfego. A identificação dos conflitos predominantes na interseção é feita através de um gráfico de barras do percentual de ocorrência de cada conflito. Ainda, o croqui da distribuição espacial dos conflitos no local auxilia na detecção de algum tipo de problema operacional.

O resumo da frequência dos conflitos é apresentado no relatório em forma numérica. A análise é feita embasada:

- i. na frequência dos conflitos observados, através da Média Horária dos Conflitos (*Average Hourly Conflicts*, *AHC*), definida por

$$AHC = \frac{\text{número total de conflitos observados}}{\text{número de horas observadas}} \quad (23)$$

- ii. no nível de exposição do tráfego ao conflito (*AHC/TEV*), que avalia a frequência horária dos conflitos (*AHC*) com o volume de tráfego entrando na interseção (*TEV*). A normalização da frequência dos conflitos pelo volume de tráfego permite comparar o nível de exposição ao conflito de interseções distintas.

$$AHC/TEV = \frac{AHC * 1000}{\text{média horária do volume de tráfego entrando na interseção}} \quad (24)$$

A média horária de volume de tráfego entrando na interseção é obtida pelo cálculo da média do pico horário do volume de tráfego do período da manhã, tarde e noite.

A análise da severidade dos conflitos é feita avaliando:

- i. a severidade média por tipo de conflito (*Average Conflict Severity, ACS*), obtida pela razão entre o somatório do índice de severidade, IAS, chamado de TCS (*Total Conflict Severity*), para cada tipo de conflito e o número total de registros do tipo de conflito analisados. Este parâmetro determina a severidade relativa por tipo de conflito.
- ii. a severidade média global dos conflitos (*Overall Average Conflict Severity, OACS*) obtida pela razão da soma do TCS de todos os conflitos e o número total de conflitos observados.

$$OACS = \frac{\sum \text{TCS para cada tipo de conflito}}{\text{número total de conflitos observados}} \quad (25)$$

Altos valores de ACS indicam alto risco de acidentes e baixos valores de TTC. Estudos de campo desenvolvidos com a aplicação da técnica indicam que o ACS igual ou superior a 4 se correlaciona significativamente com acidentes em interseções urbanas não semaforizadas. Portanto locais com índice de severidade igual ou superior a 4 indicam alto risco de acidente na interseção.

A comparação da segurança da operação entre as interseções é feita pelo Índice de Conflitos da Interseção, ICI. Este parâmetro permite categorizar as interseções estudadas quanto a deficiências da operação do tráfego, ajudando a identificar pontos a priorizar para aplicação de medidas preventivas. O ICI é identificado na Figura 4.2, obtido através dos valores da OACS e o nível de exposição do tráfego ao conflito (AHC/TEV). Identificado o ICI da interseção pode-se caracterizar o risco de conflitos na interseção pelo Quadro 4.6. O risco de conflitos da interseção combina a frequência e a severidade dos conflitos ocorridos na interseção.

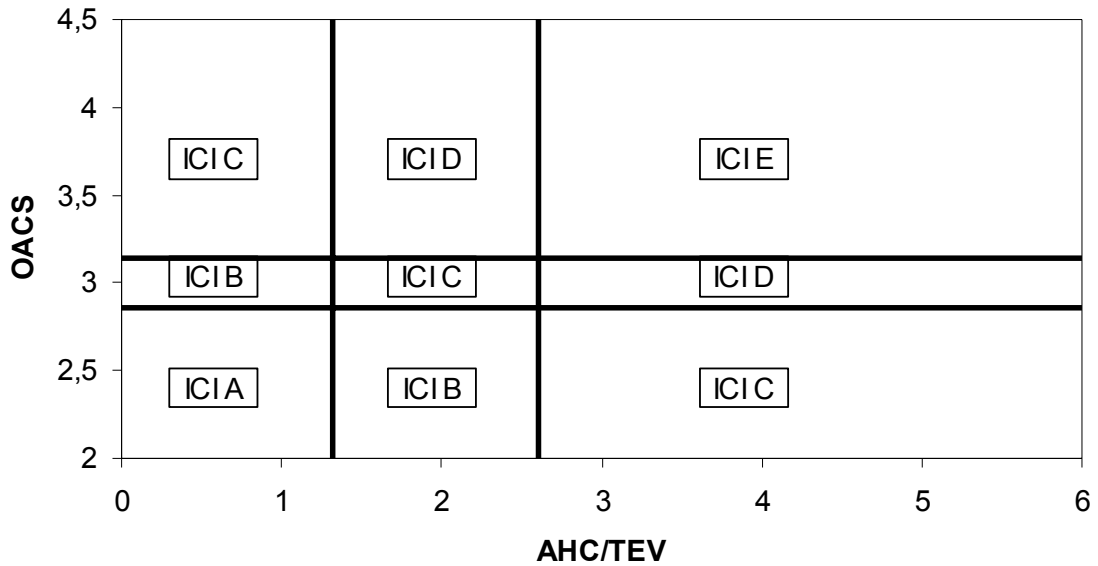


Figura 4.2 - Índice de Conflito da Interseção.

Quadro 4.6 - Sumário do índice de conflitos da interseção (Brown *et al*, 1996).

Índice de conflito de interseção	Risco de conflito (frequência e severidade combinada)
A	Mínimo
B	Baixo
C	Moderado
D	Alto
E	Extremo

4.11 CONCLUSÕES

Erros comportamentais do motorista devem ser examinados em todo o sistema viário. A avaliação do comportamento do motorista propicia que se diagnostiquem erros na ação de dirigir, permitindo identificar pontos potenciais de acidentes sem a utilização do histórico de registros de acidentes do local. Somados aos acidentes, conflitos de tráfego devem ser usados como critério para definir a periculosidade de certas seções da rede viária e como critério para avaliar a adaptação dos participantes do tráfego com as condições do tráfego. A relevância em se aplicar a Técnicas de Análise de Conflito de Tráfego, TCT, para avaliar medidas de segurança está vinculada ao seu curto período de coleta e análise de dados.

As principais TCT desenvolvidas no mundo possuem a mesma estrutura, porém com planilhas de coleta de dados distintas. Para a aplicação da TCT é necessário definir os

conceitos de conflito de tráfego, a escala de severidade do conflito, a forma de registro e coleta de dados e apresentar a validação na uniformidade na observação e no diagnóstico da segurança viária. A principal distinção entre as planilhas de registros de dados das principais TCT está na forma de registro. Os registros podem ser de forma descritiva, objetiva ou através de código. A forma de registro de dados determina o tempo gasto para o preenchimento da planilha de campo.

Os dois estudos internacionais de calibração desenvolvidos para diagnosticar o potencial da TCT na avaliação de problemas viários, destacaram o potencial da técnica na avaliação da segurança. Deve-se promover a TCT como método complementar de avaliação de acidentes, como indicadora de segurança e de deficiências operacionais.

Esse capítulo, a partir da avaliação da aplicabilidade de 5 TCTs distintas, enfatiza o potencial da TCT canadense, ainda não testada nas condições brasileiras.

5 PROBLEMAS NA ANÁLISE DE DADOS DE ACIDENTES

Para atenuar os acidentes no sistema viário, a decisão do analista pode ser baseada em experiências passadas ou fatos novos. As experiências passadas podem ser transmitidas através de cursos ministrados por profissionais com longos anos de prática na área ou por informações obtidas de um banco de dados bem estruturado. Informações são fundamentais para a formação de novos conhecimentos. O banco de dados útil para análise de ações no tráfego deve conter informações que permitam ao analista avaliar as três fases do acidente (*pre-crash*, *in-crash*, *pos-crash*). Os recursos financeiros serão mal alocados se a análise da efetividade de uma medida mitigadora não for baseada em estudos com dados confiáveis.

Qualquer atuação na fase *in-crash* e *pos-crash* não será tão efetiva como ações preventivas na fase *pre-crash*. A obrigatoriedade do cinto de segurança ou um bom serviço de emergência não previnem o acidente de ocorrer. As ações da engenharia de tráfego devem ser concentradas na prevenção dos acidentes e na avaliação de eficiência da adoção de medidas mitigadoras. Portanto, existe a necessidade de se criar bancos de dados que propiciem ao analista distinguir as ações apropriadas para reduzir diferentes tipologias de acidentes.

Existe, ainda, a necessidade de se registrar dados complementares aos dados de acidentes. Os bancos de dados brasileiros possuem falhas estruturais, não oferecendo ao analista condições de avaliar ações preventivas. Os dados apresentados na maioria dos bancos de dados reportam apenas o resultado final da falha na interação entre usuário, veículo e via, definido como acidente. Os registros buscam caracterizar o evento essencialmente para fins jurídicos, menosprezando os elementos de engenharia de tráfego presentes no incidente. Há falta de treinamento dos responsáveis pela coleta de dados e falta uma padronização das planilhas de registros em nível nacional dificultando as análises, gerando estatísticas pobres e pouco confiáveis (Baginski, 1995). É necessário compreender o processo e não apenas quantificá-lo. Avaliar apenas números totais de acidentes, ao invés de examinar suas causas, limita a realização de uma análise conclusiva.

O acompanhamento do comportamento do motorista no sistema viário ajuda a avaliar medidas preventivas e/ou mitigadoras de acidentes. Analisando individualmente a contribuição dos três elementos que compõem o ambiente viário (motorista, via, e veículo), o desempenho do motorista é tido como responsável por 68% dos acidentes (Austroads, 1994).

Logo, dados que caracterizam o comportamento do motorista devem ser armazenados para se acompanhar a compreensão e o desempenho do motorista frente à alteração do ambiente viário. Deve-se avaliar se a medida implantada está funcionando de acordo com a pretensão inicial, e se os fatores preponderantes para implantação da medida estão sendo reduzidos ou neutralizados.

A avaliação do comportamento do motorista frente à alteração no ambiente viário deve ser embasada em banco de dados que reportem o comportamento do motorista da região. A formação do conhecimento na área de segurança viária é promovida principalmente em países desenvolvidos. Mas o comportamento dos motoristas nestes países não corresponde aos de países em desenvolvimento. Conseqüentemente, o desempenho de medidas adotadas em países desenvolvidos, poderá não se repetir em países com características do tráfego diferentes, dificultando a troca de experiências.

Um bom banco de dados regional facilita a exposição do problema para especialistas estrangeiros. Alguns países em desenvolvimento têm o costume de solicitar orientações de especialistas estrangeiros e trocar experiências sobre a atuação no tráfego. Somente um bom banco de dados permitirá ao especialista se adequar às condições do tráfego para avaliar e/ou orientar sobre segurança viária. Por outro lado, dados escassos para expor o problema induzirão a uma orientação não adequada por parte do especialista, pois suas conclusões serão baseadas em situações presenciadas em outras circunstâncias (comportamento do tráfego de países desenvolvidos).

Segundo Muhrad (1999), de uma forma geral, os países em desenvolvimento apresentam as seguintes características na área de segurança viária: i) consciência crescente para o problema dos acidentes viários; ii) perda de informações básicas e baixa qualidade dos bancos de dados; iii) pequeno conhecimento das características dos acidentes e seu processo causal, ações decididas de maneira subjetiva; iv) pouco “*know-how*” disponível para os profissionais da área de segurança e falta de qualificação de profissionais que atuam na área; v) recursos escassos para a área de segurança viária e poucas oportunidades para avaliação de medidas mitigadoras.

Um bom banco de dados seria o primeiro passo para sanar as deficiências apontadas acima. A experiência adquirida na implantação de uma medida mitigadora pode ser passada a

outros analistas se devidamente registrada. Da mesma forma, o registro do desempenho de diferentes medidas facilita a seleção da provável correção mais efetiva para diferentes locais do sistema viário, otimizando o emprego de recursos financeiros.

5.1 DISTORÇÕES NO ARMAZENAMENTO DE DADOS

O banco de dados pode se caracterizar como uma excelente fonte de informações se desprovido de distorções. O julgamento do desempenho de uma medida mitigadora aplicada no tráfego pode estar sujeito a fontes de distorções provenientes da coleta e da análise estatística dos dados.

As distorções dos dados provenientes do processo de coleta são originárias de três fatores distintos: subregistro, erro no registro e erro na locação do acidente. O subregistro de dados representa a principal fonte de distorção do processo de coleta de dados. Em torno de 44% dos acidentes, apenas com danos materiais, são subreportados. (IBGE *apud* Guedes, 1995 e Meirelles, 1990). A severidade do acidente está relacionada com o subregistro. Quanto menos severo for o acidente, maior a chance do mesmo não ser reportado. Esta variação da probabilidade de subregistro conforme a severidade do evento é representada por Adams (1987) através do “iceberg de severidade”. O pico de iceberg representa pequena probabilidade de eventos graves não serem registrados e a base do mesmo representa a maior probabilidade de subregistros de eventos leves. O subregistro pode resultar em uma imagem distorcida dos acidentes ocorridos em um local, não apenas numericamente, mas em relação à natureza dos acidentes que estão ocorrendo. Portanto, o subregistro pode induzir o analista a definir diretrizes e direcionar recursos de forma errônea.

As distorções no processo de coleta de dados também podem ser geradas por falhas nos registros de dados. Os erros de preenchimento de informações na planilha de campo e em sua digitação estão presentes em torno de 5% dos dados registrados de acidentes (Ogden, 1996). Da mesma forma, a locação dos acidentes pode ser incorreta ou imprecisa. Este erro é proveniente de falhas no sistema de referência da rodovia. Em alguns casos o sistema de referência para a locação de acidentes pode ser impreciso, impossibilitando determinar o local exato do acidente. Este tipo de erro pode acrescer ou diminuir os registros de acidentes em um local específico, resultando em um histórico inconsistente de acidentes.

Ainda, muitos dados coletados são impróprios para análise dos acidentes pela engenharia de tráfego. O treinamento fornecido na formação do profissional que coleta os dados no campo não é voltado para a coleta de dados de operação do tráfego e, principalmente, não reforça a padronização de avaliações subjetivas. Por exemplo, a lesão dos acidentados pode ser classificada como leve, média e grave (Baginski, 1995). A caracterização da lesão nem sempre reporta a verdadeira situação do acidente no local.

Este trabalho se deterá apenas a esclarecer os fatores que influem para a distorção do processo de coleta de dados. Maiores detalhes de como prevenir ou evitar estes tipos de distorção podem ser encontrados em Baginski (1995) e Simões (2001).

Já as distorções provenientes da análise estatística dos dados serão aprofundadas devido à importância de sua identificação no monitoramento de medidas mitigadoras, objetivo principal do trabalho. O desempenho deste tipo de medida pode ser superestimado ou subestimado se a avaliação da ação da medida mitigadora não excluir as distorções da análise estatística.

5.2 DISTORÇÕES NA ANÁLISE DE DADOS

A identificação do efeito de uma medida mitigadora pode ser influenciada por distorções provenientes de conjunturas qualitativas e quantitativas. As distorções por conjunturas qualitativas são provenientes de alterações do comportamento do motorista. O efeito de uma medida mitigadora de acidente pode ser influenciado pela constatação errônea do desempenho do motorista nas proximidades da medida mitigadora. Os fenômenos de compensação do risco e da migração de acidentes se enquadram neste tipo de conjuntura.

As distorções por conjunturas quantitativas são resultantes de influências estatísticas. A análise de históricos de acidentes deve levar em consideração fenômenos estatísticos e temporais. O efeito da sazonalidade e, principalmente, do fenômeno de regressão à média, podem desvirtuar a redução efetiva da ocorrência de acidentes pela implantação de uma medida mitigadora.

5.2.1 Distorções em conjunturas qualitativas

A ausência de uma avaliação do comportamento do motorista pode ocasionar distorções de conjunturas qualitativas na análise da segurança viária. A mudança no comportamento do motorista, devido a alguma alteração no ambiente viário, pode induzir o analista a subestimar ou superestimar a efetividade da medida implementada.

A principal distorção proveniente da alteração comportamental do motorista frente a uma mudança operacional ou na infra-estrutura viária é ocasionada pelo chamado “Fenômeno de Migração de Acidentes”. Porém, algumas considerações sobre este fenômeno no meio científico são baseadas na avaliação do motorista do risco ao acidente. Desta forma, anteriormente à apresentação do fenômeno de migração de acidentes, este trabalho se deterá em uma breve apresentação do fenômeno de compensação do risco ao acidente pelo motorista, evitando, no entanto, apresentar problemas ou métodos de quantificação do risco.

5.2.1.1 Compensação do risco

A influência dos três elementos do ambiente viário (usuário, via, veículo) no processo de geração do acidente não é uniforme. Grande parte dos acidentes viários ocorre devido às falhas humanas. Além disso, a contribuição do fator humano ao acidente apresenta maior complexidade quando comparado com os demais fatores (veicular e viário). Portanto, para se atuar precisamente sobre este fator, é necessário conhecer as características físicas, psicológicas e comportamentais do usuário do sistema de tráfego.

Tradicionalmente, as ações de engenharia são mecanicistas na implementação de medidas de segurança no sistema de tráfego, impondo uma atitude passiva do usuário frente a alterações no ambiente viário. O processo de avaliação é feito unicamente identificando e eliminando as falhas na infra-estrutura viária, acreditando-se que a remoção desta falha resultará na eliminação de muitos acidentes. Este tipo de ação é questionada, pois é improvável que o comportamento do motorista não seja afetado quando forem feitas alterações em seu entorno.

As pesquisas mais recentes na área de segurança de tráfego visam dar ênfase aos aspectos psicológicos. Busca-se determinar a conduta dos motoristas ao volante por um fator

de risco de ocorrência de acidentes. Na área de segurança viária, o conceito de risco é usado como uma maneira de quantificar o nível de segurança relativo à exposição do usuário (Hakkert e Braimaister, 2002). Neste caso, a medida de exposição visa quantificar as viagens dos usuários, com veículos ou a pé.

A medida do risco é usada na área de segurança viária para representar a probabilidade de ocorrência de acidente e a severidade do mesmo. Para qualquer evento, o risco representa situações em que há probabilidades mais ou menos previsíveis de perda ou ganho. O risco representa uma combinação de probabilidades ou frequências, de ocorrência de um evento perigoso.

Modelos comportamentais de avaliação do risco

Dois conceitos de risco estão envolvidos nos principais modelos comportamentais de avaliação do risco, o conceito do risco objetivo e o conceito do risco subjetivo. O risco objetivo está relacionado com a probabilidade real de acidente, ou melhor, com o nível de esforço ou habilidade necessário para evitar o acidente em local específico, para cada tipo de usuário. Já o risco subjetivo é relacionado com o risco percebido pelos usuários, como interpretação a partir das condições objetivas de cada local e evidenciado pela margem de segurança conservada em ações como escolha de velocidade, aceitação de conflitos ou violações (Pietrantonio e Rozestraten, 1992).

O acidente pode ser resultado da discrepância entre o risco objetivo e subjetivo. O motorista pode aceitar um risco subjetivo acima do risco objetivo, devido às experiências passadas, a uma má avaliação do risco objetivo e ao seu grau de confiança em sua habilidade de dirigir e de tomar decisões. Em outras palavras, o motorista superestima sua habilidade e subestima o perigo.

A relação entre o risco objetivo e subjetivo pode ser compreendida pela Figura 5.1 (OECD, 1997). A figura mostra que medidas de segurança viárias que aumentem a segurança objetiva de determinado local podem resultar em uma melhoria na segurança viária, se estas medidas não influenciarem na avaliação da segurança subjetiva pelo motorista. A zona que representa este efeito positivo devido à implementação de medidas de segurança viária está identificada na figura pelo sinal de adição.

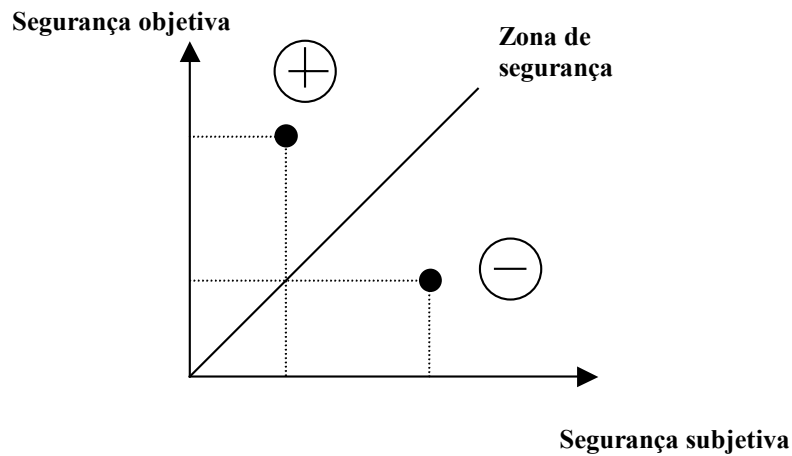


Figura 5.1 - A relação da segurança objetiva e subjetiva (OECD, 1997).

Um modelo comportamental de avaliação do risco ao acidente muito discutido na área de segurança viária é o modelo de homeostase do risco proposto por Wilde (1988). O modelo de homeostase do risco baseia-se na suposição de que o motorista mantém um nível de risco constante ao longo da via. Os ganhos de segurança provenientes de alterações do sistema viário seriam compensados por modificações no comportamento do motorista visando retornar ao mesmo risco subjetivo.

A compensação do risco pelo motorista, anulando o efeito de medidas de segurança, é o alvo das críticas deste modelo (Marilita *et al.*, 2000; OECD, 1997). Um dos postulados deste modelo define que o número de acidentes em um dado Estado depende unicamente da taxa de acidentes que a população está disponível a aceitar e não às medidas específicas adotadas para o controle de segurança do sistema viário. A credibilidade deste modelo é contestada tendo em vista, a partir deste postulado, que as melhorias viárias, aumentando a segurança, seriam anuladas pelo comportamento do motorista, o que não se constata na prática (Smith e Lovegrove, 1983).

O modelo de risco zero (Summala, 1988) baseia-se no pressuposto de que procedimentos cotidianos influem na percepção de situações de risco pelo motorista. A rotina de ações pelo motorista (experiência) favorece que este não avalie corretamente o nível de

risco a que este está exposto. Apenas quando o motorista se depara com uma situação não rotineira é que ele volta a ter um comportamento cauteloso.

Do ponto de vista dos adeptos do modelo de risco zero, impor situações não rotineiras aos motoristas auxilia na redução da ocorrência de acidentes. Se o motorista não percebe o risco e não se comporta de maneira correta, é necessário impor restrições ao mesmo, obrigando-o a dirigir de modo seguro.

Outro modelo de compensação de risco é baseado nos conceitos apresentados por OECD (1997). A apresentação deste modelo neste trabalho foi determinada pela semelhança dos conceitos à proposta do mesmo. Considerando a introdução de uma medida no sistema viário com proposta de melhoramento da segurança viária, o processo de adaptação do usuário à influência da medida implementada pode ser representado como na Figura 5.2. Observa-se nesta figura diferentes possibilidades que devem ser levadas em consideração. O “efeito primário”, definido na figura, representa o efeito inicial da medida no comportamento do motorista. Quando não existir uma adaptação do motorista a esta medida ou outros efeitos conseqüentes dentro do sistema, a implementação da medida teve êxito. Desta forma, a implementação da medida resulta em uma redução no número de acidentes do local. Contudo, a medida pode não apresentar efeito se existir uma adaptação do motorista quanto à mesma. Este efeito pode ser descrito como um “efeito secundário”. O “efeito secundário” normalmente diminui o “efeito primário”.

O processo de adaptação pode se dar de diferentes formas:

- i. Adaptação imediata baseada em processos de aprendizagem passados:

Exemplo: a incredulidade dos motoristas quanto ao limite de velocidade imposto em uma rodovia pode gerar um aumento de velocidade dos veículos. O aumento de velocidade dos veículos pode provir da crença dos motoristas, baseada em suas experiências passadas, que as restrições de velocidade são geralmente abaixo da velocidade de projeto da via.

- ii. Adaptação retardada proveniente de um processo de ajuste comportamental:

Exemplo: o melhoramento na iluminação pública em uma seção viária pode ocasionar um aumento na velocidade nesta seção. Desta forma, a segurança adquirida pelo

melhoramento é parcialmente cancelada. O efeito pretendido pela implementação da medida é afetado por um efeito não pretendido.

iii. Adaptação que modifica a exposição ao perigo:

Exemplo: pais que receberam educação sobre segurança viária provavelmente hesitarão em permitir que suas crianças trafeguem no entorno da rodovia.

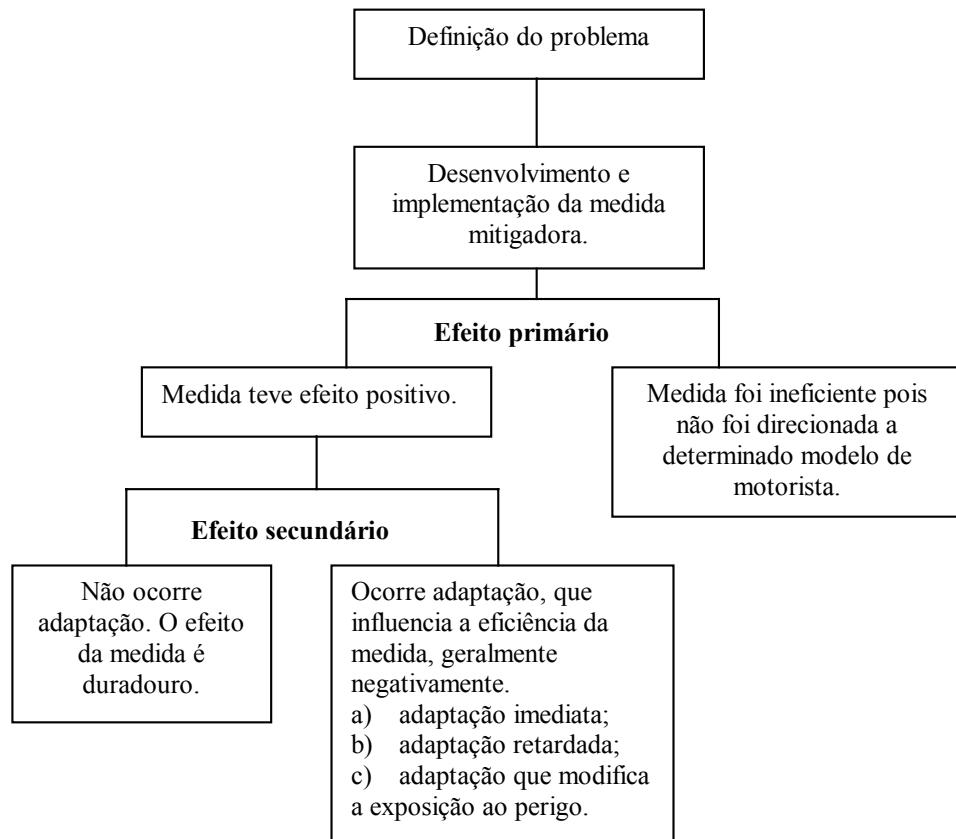


Figura 5.2 - Diferença no processo de adaptação do motorista (OECD, 1997).

5.2.1.2 Migração de acidentes

O termo “migração” atribuído a este fenômeno baseia-se no deslocamento dos acidentes para locais adjacentes ao local tratado. A redução do número de acidentes em um ponto crítico pode ser acompanhada por um aumento do número de acidentes na “vizinhança” deste local. O efeito global da medida mitigadora pode não ter valor devido ao incremento no número médio de acidentes em locais adjacentes ao tratamento.

O efeito do Fenômeno de Migração de Acidentes, FMA, pode prejudicar a avaliação da efetividade da medida mitigadora. Os locais adjacentes ao ponto crítico geralmente recebem preferência para análise do efeito da medida mitigadora, por apresentarem características semelhantes ao ponto crítico (volume de veículos, volume de pedestres, geometria). A análise do efeito da medida, feita através da comparação do número de acidentes em ambos os locais, ponto crítico e o local adjacente, após a implantação da mesma, induzirá o analista a superestimar a efetividade da medida mitigadora devido ao acréscimo do número de acidentes nos locais adjacentes.

A relocação dos acidentes do local tratado para locais adjacentes a ele é apenas um tipo de migração de acidentes (BTCE, 1995). A migração da tipologia do acidente e a migração associada à severidade das lesões são outros dois tipos de migrações. Na migração da tipologia do acidente, o tratamento reduz uma tipologia, mas seu efeito é compensado pelo aumento de outra tipologia. Da mesma forma, a migração da severidade das lesões se caracteriza pelo aumento na severidade média dos acidentes do ponto crítico após o tratamento.

A comunidade científica ainda não possui um consenso sobre o FMA. Enquanto alguns pesquisadores buscam demonstrar a existência do fenômeno (Boyle e Wright, 1984; Boyle e Wright, 1985; Persaud, 1987; Levine *et al.*, 1988), outros contestam as metodologias adotadas para identificar o mesmo (Huddart, 1984; Stein, 1984) ou o definem como um fenômeno estatístico (McGuigan, 1985a; McGuigan, 1985b; Maher, 1987).

A controvérsia está baseada na causa do FMA. A primeira vertente justifica o aumento dos acidentes nos locais adjacentes ao local tratado pelo efeito do tratamento. Por outro lado, a outra vertente estipula que o aumento no número de acidentes ocorreria mesmo não aplicando tratamento no ponto crítico.

As razões para o relacionamento do FMA ao tratamento do ponto crítico se fundamentam principalmente no comportamento do motorista. Os motoristas possuem um nível de risco que eles procuram manter. Portanto a redução do nível de risco proveniente dos benefícios do tratamento será compensada pelo aumento no nível do risco em outros locais. O primeiro estudo que apresentou o FMA baseou-se nesta teoria, conhecida como “risco homeostase” (Boyle e Wright, 1984).

Outras duas justificativas baseadas no comportamento do motorista são dadas para o FMA. O local tratado pode reduzir o nível de atenção do motorista e se esta redução persistir por algum tempo acarretará num aumento no número de acidentes nos locais adjacentes (Persaud, 1987). Nessa hipótese, o motorista não se ajusta de forma suficientemente rápida às alterações no ambiente viário. Da mesma forma, a resposta do motorista a medidas de segurança pode ser complexa, envolvendo a permuta entre o risco ao acidente e outros atributos da viagem, como o tempo de viagem (Smith e Lovegrove, 1983). A redução forçada da velocidade da viagem, decorrente de uma medida mitigadora, poderá ser compensada pelo aumento da velocidade após o motorista transpor a medida, para compensar a perda no tempo de viagem (BTCE, 1995).

O aumento no número de acidentes nos locais adjacentes ao local tratado também pode ser justificado pelo aumento da exposição dos veículos. O tratamento pode redistribuir o fluxo de veículos e de pedestres, causando mudança nos volumes e na composição do tráfego nos locais adjacentes.

A contestação da vertente que não relaciona o FMA ao tratamento está baseada principalmente em fundamentos estatísticos. O efeito reverso do fenômeno de regressão à média pode ser uma causa do FMA (McGuigan, 1985a; McGuigan, 1985b; Mountain e Fawaz, 1991). No período anterior ao tratamento, o local tratado (ponto crítico) possui um elevado número de acidentes comparado com a média de acidentes de locais de mesma característica, enquanto os locais adjacentes um número inferior a esta média. No período após o tratamento, haverá uma redução no número de acidentes no ponto crítico acompanhada por um aumento dos acidentes em locais adjacentes, anteriormente com pequeno número de acidentes, dando a ilusão do efeito do FMA sem que nenhum tratamento seja aplicado.

Da mesma forma, Maher (1987) demonstra que o efeito reverso de regressão a média é maior nos locais adjacentes ao local tratado que nos demais locais. Existe uma correlação entre a frequência média dos acidentes do local tratado e dos locais adjacentes a este. A ocorrência de acidentes em um local está relacionada com o fluxo de veículos neste local. O fluxo de veículos em um ponto com excessivo número de acidentes é semelhante ao fluxo de veículos de locais adjacentes ao mesmo. Desta forma, a ocorrência de acidentes nos locais adjacentes ao local tratado é maior do que nos demais locais, portanto pontos adjacentes a

pontos críticos não possuem o mesmo comportamento que pontos afastados do ponto crítico sem tratamento.

O aumento no número de acidentes também pode ser justificado pela tendência temporal de ascensão do número de acidentes, mesmo se o tratamento não fosse aplicado. Alguns estudos empíricos levaram em consideração esta tendência e identificaram que a mesma não explica a quantidade observada de migração de acidentes (Boyle e Wright, 1984).

As evidências que o FMA se resume a um fenômeno estatístico não são conclusivas (Mountain e Fawaz; 1992a), portanto o efeito do fenômeno não deve ser desprezado. Os autores sugerem estudos da magnitude dos efeitos do FMA associados ao tipo de local, ao tipo de tratamento, à área de influência dos tratamentos e à variação do efeito do FMA ao longo do tempo. Estudos desta natureza só podem ser realizados quando há um bom banco de dados.

A avaliação da efetividade da medida mitigadora aplicada no ponto crítico deve ser feita com base em locais afastados do ponto crítico. A comparação dos acidentes registrados no ponto tratado deve ser feita com locais afastados do mesmo para a exclusão do FMA. Mountain e Fawaz (1992) verificaram que o efeito do tratamento varia com o tempo. No primeiro ano após o tratamento, o aumento no número de acidentes foi concentrado em locais afastados até 200m do local tratado. Considerando os dois primeiros anos após o tratamento, o aumento foi verificado em locais afastados até 500m, demonstrando que o efeito do FMA pode se estender ao longo dos anos. Portanto, o analista não deve utilizar somente os locais adjacentes ao tratamento como ferramenta de controle para avaliar o desempenho da medida aplicada.

5.2.2 Distorções em conjunturas quantitativas

A identificação do potencial de redução de acidentes de uma medida de segurança viária pode ser prejudicada pelo erro na análise estatística de dados de acidentes. O efeito efetivo da medida mitigadora no tráfego só pode ser encontrado pela correta interpretação da série temporal de dados de acidentes e pela exclusão do efeito do fenômeno de regressão à média. A análise destes dois tópicos incorporada no processo de monitoramento define a

qualidade do estudo para avaliação do efeito real da medida mitigadora de acidentes no tráfego.

5.2.2.1 Análise da série temporal

A série temporal é definida como uma seqüência de valores de uma grandeza ao longo do tempo. No caso dos acidentes viários, a série temporal pode ser constituída, por exemplo, por valores resultantes da totalização mensal de acidentes.

As séries temporais podem ser investigadas para o conhecimento histórico da variável ou para prognóstico estatístico. No primeiro caso, o interesse é pela análise de relações entre as variáveis ao longo do tempo. Por outro lado, o interesse pode ser o valor futuro da variável. Neste caso, é analisada a tendência subjacente de uma série, acreditando-se que o comportamento passado de uma série pode continuar no futuro, atribuindo um comportamento racional para o prognóstico estatístico.

Existem quatro componentes que estão presentes em uma série temporal: tendência (T), ciclo (C), estacionalidade ou sazonalidade (E) e aleatoriedade (A). Estes componentes representam os movimentos da série em curto e longo prazo.

A tendência é um movimento de longo prazo não oscilatório da série temporal e representa o crescimento ou declínio da série ao longo dos anos. A tendência de uma série temporal de registros de acidentes pode estar relacionada com variações do crescimento populacional, com o aumento da frota de veículos, com modificações da preferência modal, etc. As previsões de longo prazo são baseadas na análise desta componente da série.

A estacionalidade ou sazonalidade é uma componente da série temporal importante para análises de curto prazo. É uma flutuação que completa toda uma seqüência no período de tempo de um ano, e segue o mesmo padrão ano após ano. O movimento oscilatório da estacionalidade possui comprimento de onda menor que um ano. Esta componente da série temporal está relacionada com as variações sazonais. Por exemplo, no caso de uma série temporal de registros de acidentes, o movimento oscilatório da série ao longo do ano pode ser gerado por alterações mensais do volume de tráfego devido aos períodos de férias escolares.

Outro movimento oscilatório da série temporal é o ciclo. Este movimento difere do movimento da componente estacionalidade no tamanho do comprimento de onda. O movimento do ciclo possui comprimento de onda maior que um ano. O ciclo dificilmente é identificado em séries temporais com menos de 50 anos de registros

As pequenas variações da série temporal são representadas pela componente da série denominada aleatoriedade. Toda série temporal sempre terá aleatoriedade, podendo apresentar ou não as outras componentes.

A Figura 5.3 apresenta uma série temporal de 13 anos de dados mensais de acidentes em uma interseção semaforizada da cidade de Porto Alegre. Na figura é possível observar a semelhança nos padrões de variações da série nos anos de 1988 até 2001, o que caracteriza a sazonalidade ou estacionalidade.

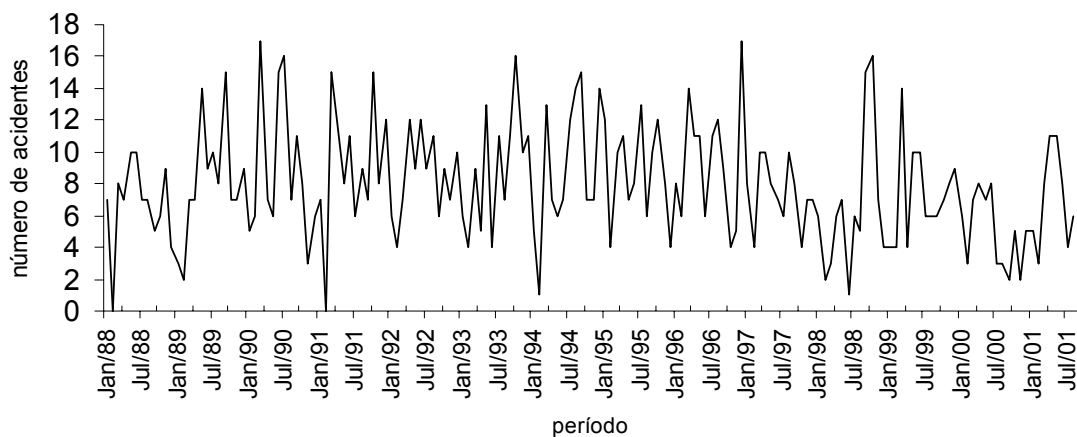


Figura 5.3 - Série temporal de registros de acidentes.

A análise de uma série temporal requer a decomposição da série para se estudar individualmente um componente ou para eliminar um ou mais componentes da série original. Para decompor uma série devemos supor que existem certos tipos de relações entre seus quatro componentes. Geralmente, supomos que uma série temporal está constituída por vários componentes aditivos ou multiplicativos. O modelo aditivo supõe que o valor dos dados originais (Y) é uma soma dos quatro componentes. Desta forma, o modelo aditivo é expresso como:

$$Y = T + C + E + A \quad (26)$$

No modelo aditivo os quatro componentes da série são independentes um dos outros. Isto é, cada componente é considerado como uma fonte independente de causa. Neste caso, a série observada resulta de uma justaposição dos componentes e a estacionalidade, em particular, é expressa como uma diferença absoluta em relação à tendência.

O modelo multiplicativo supõe que o valor dos dados originais é um produto dos valores dos quatro componentes. Este modelo supõe diferentes causas aos quatro componentes da série, mas os componentes se relacionam entre si. O modelo multiplicativo é expresso como:

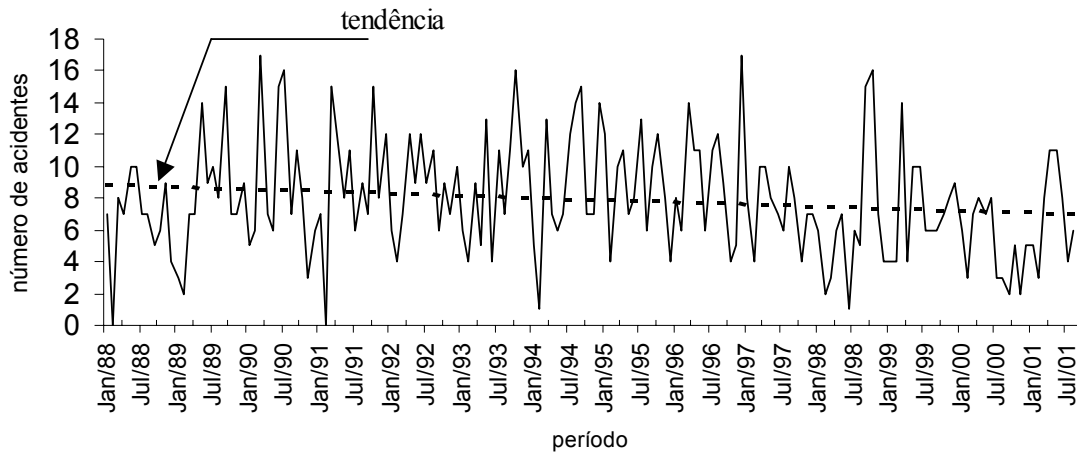
$$Y = TCEA \quad (27)$$

Neste caso, a estacionalidade é uma porcentagem da tendência.

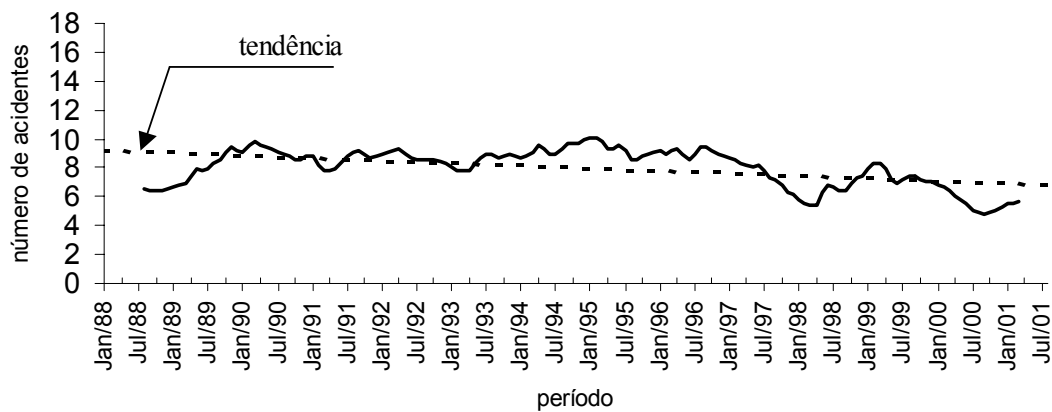
A análise da tendência e da componente estacional permite determinar se os movimentos da série apresentam algum comportamento sistemático. A identificação deste comportamento sistemático pode ser usada para se obter expectativas do comportamento futuro da série. Sendo assim, o isolamento da tendência da série temporal ajuda o analista no desenvolvimento de previsões futuras de longo prazo. Da mesma forma, a componente estacional é relevante para que o analista compare dados de diferentes meses de forma a determinar a ocorrência de um aumento (ou decréscimo) relativo às expectativas.

Como exemplo, a série temporal de números de acidentes é representada pelo modelo multiplicativo. A tendência de uma série temporal apresentada na Figura 5.3 foi isolada pelo Método das Médias Móveis (Figura 5.4). Este método substitui cada valor real por uma média do valor deste período e a de alguns períodos anteriores e posteriores, originando uma série de tempo artificialmente construída. O efeito da utilização de uma média móvel é remover as variações sazonais, cíclicas e aleatórias. O cálculo da série artificial da média móvel é apresentado no Anexo B Tabela B.1.

Observando a Figura 5.4 pode-se verificar que o coeficiente de determinação (R^2) da reta de ajuste apresenta um valor mais elevado quando se exclui a influência das componentes estacional, cíclica e aleatória. Muitas previsões de longo prazo podem ser mal calculadas se baseadas em uma simples regressão da série temporal.



(a) série temporal real dos dados de acidentes – tendência ($y = 8,8756 - 0,0115x$; $R^2 = 0,0226$)



(b) série temporal artificial da média móvel dos dados de acidentes – tendência ($y = 9,1541 - 0,0147x$; $R^2 = 0,2418$)

Figura 5.4 - Retas de ajuste sobre a verdadeira série temporal (a) e a série temporal artificial da média móvel (b).

Da mesma forma, analisando ambas as linhas de tendência da Figura 5.4 verificamos que o coeficiente angular da reta está muito próximo de zero, demonstrando que a tendência está muito próxima de um valor constante, ou melhor, da média aritmética dos valores das observações.

A componente estacional também é calculada pelo Método das Médias Móveis. Ela é identificada pela determinação de um índice de estacionalidade associado a cada mês (ou trimestre) do ano. Este índice representa o valor percentual de cada mês em relação à

tendência da série. Por exemplo, um índice de 105 associado a um mês em particular, indica que as observações neste mês ocorrem 5% acima da tendência da série, assim como um número índice de 95 indica que as observações neste mês ocorrem 5% abaixo da tendência da série. A Tabela 5.1 apresenta os valores do índice de estacionalidade de cada mês da série temporal apresentada na Figura 5.3.

Tabela 5.1 - Índice de Estacionalidade

Mês	Índice de Estacionalidade
Janeiro	82,87
Fevereiro	43,91
Março	135,32
Abril	100,55
Mai	109,13
Junho	99,64
Julho	107,38
Agosto	98,52
Setembro	113,24
Outubro	119,80
Novembro	84,73
Dezembro	104,91

O baixo valor do número índice de estacionalidade do mês de fevereiro pode ser melhor compreendido analisando a média de ocorrências para cada mês dos 13 anos de dados e confrontando-a com o valor médio da série (Figura 5.5). No caso, este mês praticamente em todos os anos apresentou um valor observado abaixo do valor médio da série.

Conhecido o índice de estacionalidade, é possível prever o comportamento da série no mesmo período do próximo ano. Uma grande diferença entre um valor previsto e o valor observado pode significar uma alteração na tendência da série temporal. Da mesma forma, a linha de tendência da série desazonalizada representa melhor o comportamento da série em longo prazo.

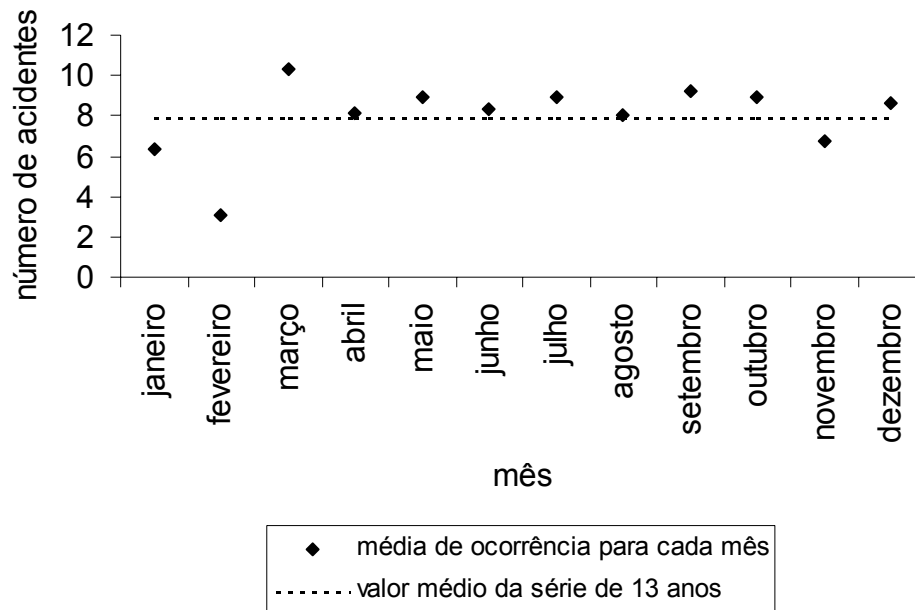


Figura 5.5 - Média mensal do número de acidentes de 13 anos de dados.

5.2.2.2 Fenômeno de regressão à média

A tendência de regressão à média da série temporal de dados aleatórios é um fenômeno estatístico. A medida de tendência central da série temporal de qualquer evento muitas vezes é representada pela média. Os valores distantes da média se aproximam da mesma no período subsequente de seu registro, inclinando-se para o valor da tendência central. Valores altos tendem a ser seguidos por valores baixos e vice-versa. Este efeito é conhecido como fenômeno de regressão à média, FRM.

O FRM foi pela primeira vez identificado pelo pesquisador inglês Francis Galton em 1877. Galton observou que filhos de pais altos, em média eram menores que seus progenitores e vice-versa. Esse fenômeno atesta a existência de uma tendência dos elementos de uma população convergirem para a média dessa população (Hauer, 1997).

No caso da análise dos registros históricos de acidentes, o FRM provém da aleatoriedade dos acidentes. É estatisticamente provável que um período com alta frequência de acidentes seja seguido por um período com menor frequência de acidentes devido à flutuação aleatória do número de acidentes, mesmo sem aplicar alguma forma de intervenção no local.

O FRM pode ser melhor explicado através de um exemplo prático. A Tabela B.2 do Anexo B apresenta 3 anos de dados de registros de acidentes em uma amostra de 192 interseções semaforizadas da cidade de Porto Alegre. A taxa média de acidentes é de 7,81 acidentes/ano. Este valor representa o comportamento médio das interseções da amostra.

A Tabela 5.2 apresenta, na coluna (1), o número de elementos que registraram o mesmo número de acidentes no ano de 1998. As demais colunas apresentam a taxa média de acidentes para os anos de 1998 até 2000 para o mesmo agrupamento formado com os dados de 1998. Onze interseções foram excluídas da tabela, pois só existia um elemento no agrupamento formado com os dados do ano de 1998.

Tabela 5.2 - Variação da taxa de acidentes ao longo dos anos para 181 interseções.

Número de interseções	Taxa de acidentes 1998	Taxa de acidentes 1999	Taxa de acidentes 2000
(1)	(2)	(3)	(4)
28	0,0	2,0	5,5
22	1,0	3,8	3,5
26	2,0	4,1	2,5
17	3,0	4,6	4,4
12	4,0	6,9	5,3
12	5,0	6,9	5,7
17	6,0	8,1	8,1
12	7,0	9,3	12,8
8	8,0	16,6	10,0
7	9,0	13,9	9,4
4	10,0	15,0	10,5
1	11,0	21,0	3,0
7	12,0	18,9	15,3
3	13,0	27,0	8,7
3	19,0	23,7	11,7
2	26,0	38,5	10,5

Não é difícil observar que a taxa de acidentes de cada grupo varia ao longo dos anos. Por exemplo, o primeiro grupo com 28 interseções sem acidentes em 1998 apresentou uma média de 2,0 e 5,5 acidentes por ano em 1999 e 2000 respectivamente. A Figura 5.6 apresenta graficamente este fenômeno para alguns grupos da Tabela 5.2. O número ao lado de cada linha identifica a quantidade de elementos constituintes de cada grupo.

Analisando a Figura 5.6 identificamos o fenômeno de regressão à média. Os valores acima da taxa média de acidentes da amostra são seguidos por valores mais próximos da mesma, o que também ocorre com valores abaixo da taxa média de acidentes. Ainda, a aproximação dos valores à média ocorre mais rapidamente nos grupos com maior número de interseções.

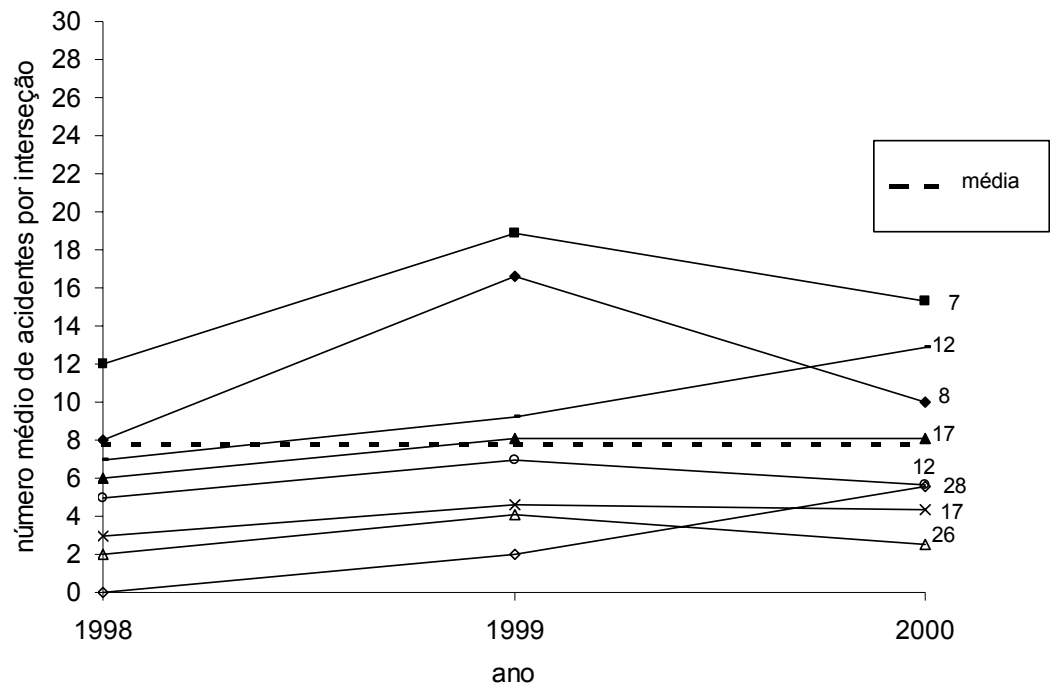


Figura 5.6 - Fenômeno de regressão à média da taxa de acidentes.

É importante ressaltar que o número de acidentes ocorridos em um ano para uma certa interseção é uma estimativa ruim do nível de segurança na via. O grupo de 28 interseções que em 1998 registraram zero acidente chegou a registrar uma taxa de acidentes de 5,5 acidentes/ano em 2000. Induzir que este grupo registraria a mesma taxa nos próximos anos seria uma má avaliação do comportamento do grupo. Desta maneira, qualquer estudo da redução dos acidentes antes e depois da implantação de uma medida mitigadora pode ser distorcido devido à falhas na identificação do comportamento subjacente da interseção.

A análise do FRM é de suma importância para o monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes. Wright e Boyle (1987) identificaram que o FRM pode superestimar o efeito do tratamento do local de 5 a 30 por cento, mascarando o impacto real do tratamento.

A intensidade do efeito de superestimação depende da posição do local em relação à média da população que o mesmo é extraído e o período de tempo que a frequência de acidentes é observada. Locais com alta frequência relativa de acidentes, observados por um curto período de tempo, são mais vulneráveis ao efeito. Já locais com taxas de acidentes mais próximas da média da população, observados por longo período, são menos vulneráveis.

A magnitude do efeito do FRM pode ser verificada na Figura 5.7. Os locais para o tratamento são usualmente selecionados na Área C para maximizar os benefícios esperados nos projetos de melhoria da segurança viária. Isto acarretará um elevado efeito do FRM. Este efeito será menor se os locais para tratamento forem selecionados na Área B. Caso os locais para tratamento sejam selecionados na Área A, eles representarão uma amostra aleatória e provavelmente não ocorrerá a tendência de regressão a média (Sayed, 1996).

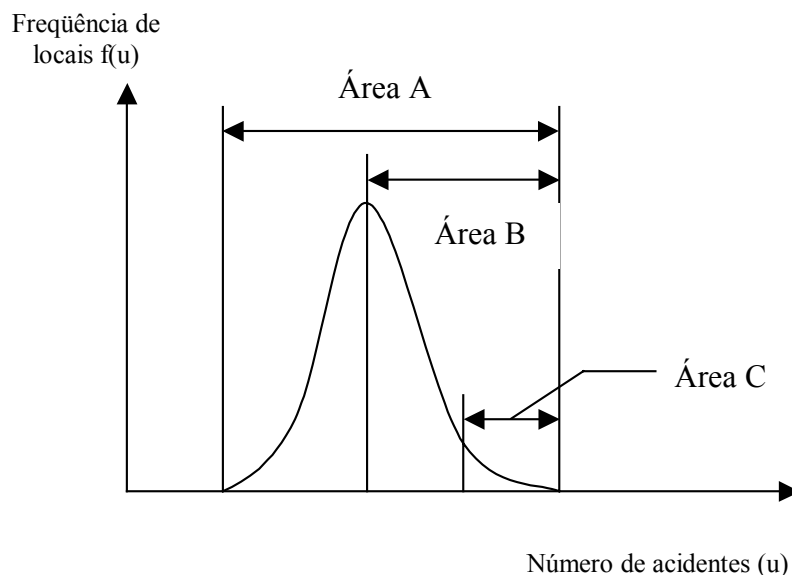


Figura 5.7 - Magnitude do efeito de regressão a média (Sayed, 1996).

5.3 CONCLUSÕES

O banco de dados de acidentes viários pode se caracterizar como uma excelente fonte de informações se desprovido de distorções. No entanto, a análise do efeito de medidas de segurança implementadas no tráfego pode ser influenciada por distorções do tipo qualitativa e quantitativa. As distorções qualitativas estão associadas ao comportamento do motorista. Portanto, a avaliação comportamental do motorista para a análise do efeito de medidas de

segurança também é necessária. As distorções por conjunturas quantitativas são resultantes de influências estatísticas, podendo ser tratadas por métodos matemáticos. Desta forma, a análise de uma série temporal requer a decomposição da série para se estudar individualmente um componente ou para eliminar um ou mais componentes da série original. Este procedimento torna a avaliação mais precisa. Ainda, o FRM caracteriza-se como um efeito distorcido na análise de registros de acidentes, onde valores distantes da média se aproximam da mesma no período subsequente de seu registro, inclinando-se para o valor da tendência central.

O FRM pode distorcer a avaliação do efeito de uma medida implementada no tráfego. De um modo geral, medidas de segurança viária são implementadas em locais onde é verificado um alto número de acidentes graves. Este procedimento de seleção incorpora o efeito do FRM na análise de dados de acidentes. No entanto, este fenômeno deve ser excluído dos dados para uma avaliação precisa do desempenho de uma medida implementada no tráfego. O próximo capítulo apresenta o Método Empírico de Bayesiano como ferramenta para a exclusão deste efeito indesejado nos dados. No capítulo serão apresentados os conceitos empregados pelo método e um exemplo prático para auxiliar na compreensão do mesmo.

6 O MÉTODO EMPÍRICO BAYESIANO

A identificação dos pontos críticos é o primeiro passo de qualquer programa de melhoria da segurança viária. Sabe-se que os acidentes são considerados eventos randômicos, por isso espera-se que estes se distribuam aleatoriamente ao longo do tempo e do espaço. No momento em que são identificadas concentrações de acidentes em pontos específicos da rede ao longo de determinados períodos de tempo, esses pontos passam a ser possíveis candidatos a pontos críticos. Ou seja, pontos críticos constituiriam locais (interseções ou segmentos) que apresentam uma tendência à ocorrência de acidentes acima do que pode ser considerado como resultado de um processo randômico.

No entanto, a seleção de pontos com ocorrência diferenciada de acidentes para a implementação de medidas mitigadoras de acidentes pode prejudicar a avaliação da efetividade da medida implementada no tráfego devido ao efeito do fenômeno de regressão à média, FRM. A identificação e a exclusão deste efeito na análise do desempenho de medidas de segurança é feita pelo chamado Método Empírico Bayesiano, EB.

6.1 A ESSÊNCIA DO MÉTODO

No caso de estudos de segurança viária, os métodos Bayesianos tornam possíveis analisar o comportamento atual do local tratado unindo informações de históricos de registros de acidentes deste local com informações procedentes de locais semelhantes a este. Os métodos Bayesianos consideram qualquer parâmetro de um problema (por exemplo, a taxa de acidentes num ponto crítico) como uma variável aleatória com uma dada distribuição de probabilidade. Desta forma, o histórico de acidentes de locais semelhantes ao local tratado fornece uma informação prévia de como o parâmetro varia no local tratado através de uma distribuição prévia de probabilidade. O teorema de Bayes, base dos métodos Bayesianos, permite obter uma nova distribuição de probabilidade para o parâmetro (distribuição posterior) pela atualização da distribuição prévia com informações provenientes do histórico de acidentes do local tratado.

As distribuições prévia e posterior representam a convicção do analista no valor do parâmetro. A distribuição prévia descreve o grau de convicção do analista antes dos dados serem disponíveis, ou melhor, representa a suposição do analista sobre a distribuição de

probabilidade do parâmetro. Acrescentando novos dados a esta distribuição prévia se obtém a distribuição posterior que representa a convicção do analista sobre o valor do parâmetro baseada em dados atuais. A distribuição posterior será modificada a cada nova inserção de dados (Figura 6.1). A atualização periódica da distribuição posterior fornece uma boa estimativa da verdadeira distribuição do parâmetro.

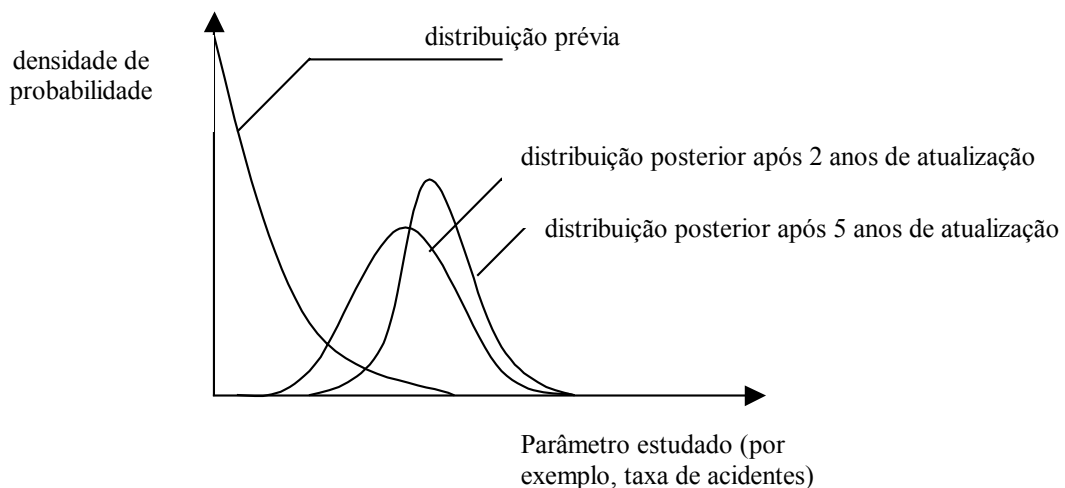


Figura 6.1 - Modificação da distribuição prévia pela inserção de dados (Abbess *et al.*, 1981).

O principal debate na análise Bayesiana é como estimar os parâmetros da distribuição prévia. Na análise Bayesiana pura, esses parâmetros são usualmente baseados no julgamento de experiências passadas, enquanto no método EB, os parâmetros são estimados usando uma amostra de observações de uma população de locais com características similares (grupo de referência) (Sayed, 1996).

O objetivo do método EB é encontrar a taxa subjacente de acidentes de cada local (Hayer, 1997). A taxa subjacente de acidentes representa a “verdadeira” taxa de acidentes, ou melhor, representa a média da distribuição de probabilidade do parâmetro. O conceito por trás do método EB é a semelhança do comportamento atribuída aos locais de mesma característica. Cada local possui uma taxa subjacente de acidentes com uma particular distribuição de probabilidade, e locais com mesmas características a este (grupo de referência) terão a mesma distribuição de probabilidade, com mesma média e variância. A comparação da taxa subjacente de acidentes de um local em particular e do grupo de referência permite avaliar as alterações no comportamento do local.

A distribuição de probabilidade atribuída ao valor do parâmetro concede uma seleção aleatória do seu valor desconhecido. Um parâmetro possui valores desconhecidos, mas em geral, não assume valores diferentes com diferentes frequências relativas. Atribuindo uma distribuição de probabilidade ao valor do parâmetro se estabelece uma aleatoriedade na seleção deste valor de uma população de valores.

O método EB pode ser aplicado em diferentes análises na área de segurança viária. O método possui uma estrutura que permite combinar as características de acidentes regionais (grupo de referência) com o histórico de acidentes de um local específico para avaliar a potencialidade do mesmo aos acidentes. Wright *et al.* (1988) e Mountain e Fawaz (1989) utilizaram o método para excluir a tendência em estudos antes e depois para avaliar o desempenho de medidas mitigadoras de acidentes. O uso do método EB tem sido preconizado por pesquisadores de segurança viária devido a sua capacidade de tratar do fenômeno de regressão à média (Abbess *et al.*, 1981; Hauer, 1997; Sayed, 1996).

Higle e Witkowski (1988), Sayed e Abdelwahab (1997) e Sayed *et al.* (1997) aplicam o método para identificação de locais propensos a ocorrência de acidentes e comparam seu desempenho aos métodos tradicionais (técnica do intervalo de confiança (Higle e Witkowski, 1988) e a do Controle de Qualidade da Taxa, CQT (Garber e Hoel, 1998)). A união de duas fontes de informações distintas (o histórico de acidentes do local e o histórico de acidentes do grupo de referência) e a mensuração de suas contribuições no comportamento de um local em particular, propiciaram ao método EB um melhor desempenho.

6.1.1 O grupo de referência

O grupo de referência exerce papel fundamental para aplicação do método EB (Hauer, 1997). O grupo de referência representa a informação prévia da distribuição de probabilidade da taxa de acidentes do local em estudo.

A identificação do grupo de referência é uma tarefa difícil a ser exercida pelo analista para aplicação do método. A qualidade e o tamanho do grupo de referência são cruciais para o sucesso da aplicação do método EB. A qualidade do grupo de referência provém de sua semelhança com o local em estudo. Os elementos do grupo devem possuir características

físicas (geometria, condições do pavimento) e operacionais (fluxo de veículos, fluxo de pedestres, histórico de acidentes, classificação veicular) semelhantes entre si e o local em estudo, conforme apresentado por Sayed (1996) no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 - Exemplo de grupos de referência apropriados para algumas medidas mitigadoras (Sayed, 1996).

Medida mitigadora	Grupo de referência apropriado	Grupo de referência inapropriado
Conversão de interseção urbana prioritária para semaforizada.	- interseções urbanas prioritárias.	- mistura de interseções urbanas prioritárias e rurais.
Adicionar faixa de conversão à esquerda para interseções rurais semaforizadas.	- interseções rurais semaforizadas que não possuem faixa de conversão à esquerda.	- mistura de interseções rurais semaforizadas com e sem faixa de conversão à esquerda; - mistura de interseções rurais e urbanas semaforizadas que não possuem faixa de conversão à esquerda.
Colocação de defensas no canteiro central para separar fluxo oposto em rodovias com 2 faixas de rolamento para cada pistas.	- seções rodoviárias com 2 faixas de rolamento para cada pistas sem defensas no canteiro central.	- mistura de seções rodoviárias com 2 faixas de rolamento para cada pistas com e sem defensas.
Alteração da superelevação de curvas em rodovias com 2 faixas de rolamento para cada pistas.	- seções rodoviárias com 2 faixas para cada pistas com superelevação similar a seção rodoviária tratada antes do tratamento ser implementado.	- mistura de seções rodoviárias com trechos retos e trechos curvos; - mistura de seções rodoviárias com 2 e mais faixas de rolamento para cada pista.

A semelhança entre os elementos do grupo de referência e o local em estudo diminui o efeito do FRM (Wright e Boyle, 1987). A magnitude do FRM está relacionada com o afastamento em relação à média da população. No caso da análise da potencialidade ao acidentes de um local em particular, o afastamento do valor da taxa de acidentes do local com

a média dos valores das taxa de acidentes dos elementos do grupo de referência, define a magnitude do FRM.

O tamanho do grupo de referência também é importante. Para se estimar parâmetros confiáveis, o número de locais pertencentes ao grupo de referência deve ser maior que o número de locais analisados. A busca minuciosa da semelhança dos elementos do grupo de referência com o local em estudo podem reduzir consideravelmente o tamanho do grupo, o que prejudica a aplicação do método EB (Hauer, 1997).

6.1.2 O método

A metodologia do método EB é a mesma em estudos distintos de segurança viária, porém as taxas a serem empregadas variam nos trabalhos publicados (Abbess *et al.*,1981; Higle e Witkoski, 1988; Sayed *et al.*, 1997) conforme o interesse do estudo. As taxas podem representar a razão:

- i. *Acidente/ ano*; onde será avaliada a frequência de acidentes do local em estudo. A aplicação do método com esta taxa permite avaliar a efetividade da medida mitigadora aplicada para o tratamento do ponto crítico (Abbess *et al.*,1981);
- ii. *Acidente/ mvk*; onde será avaliada a incidência de acidentes em um local considerando a exposição do local ao tráfego (mvk-milhões de veículos quilometro). A aplicação do método com esta taxa é feita para identificação de pontos críticos no sistema viário (Higle e Witkoski ,1988; Sayed e Abdelwahad, 1997);
- iii. *Modelo de acidente/ total de acidentes*, onde será avaliada a incidência de um modelo de acidentes sobre o total de acidentes de um local específico. A aplicação do método com esta taxa permite avaliar o tipo de medida mitigadora que deve ser empregada no local para se obter o melhor retorno do investimento (Sayed *et al.*, 1997).

A metodologia apresentada abaixo seguirá a nomenclatura e simbologia apresentada por Abbess *et al.*(1981).

Duas suposições devem ser feitas para aplicação do método EB.

- i. Em um ponto crítico em particular, sem a aplicação de algum tipo de tratamento, os acidentes ocorrem seguindo um processo de Poisson, com uma taxa subjacente m

constante por ano. Desta forma, se a representa o número de acidentes do local em um ano em particular, a tem uma distribuição de Poisson $p(a/m)$ com média m , então:

$$p(a/m) = \frac{e^{-m} m^a}{a!} \quad (28)$$

onde $a = 0, 1, 2, 3, \dots$

O valor de m é constante ao longo do tempo e os números de acidentes em diferentes anos são variáveis aleatórias independentes seguindo a distribuição de Poisson.

- ii. A taxa subjacente de acidentes m irá variar de local para local, e seu valor para qualquer local em particular é desconhecido, mas como indicado acima, seu valor será considerado como uma variável aleatória. Supondo que a distribuição prévia de m é descrita por uma função densidade de probabilidade $f_o(m)$. Assumindo que a distribuição prévia é uma distribuição gama¹ com parâmetros n_o e s_o então:

$$f_o(m) = \frac{n_o (n_o m)^{s_o-1} e^{-n_o m}}{\Gamma(s_o)}, \quad (m > 0) \quad (29)$$

Esta distribuição possui média s_o / n_o e variância s_o / n_o^2 . A razão s_o / n_o é a taxa de acidentes para s_o acidentes no período de n_o anos.

A distribuição de probabilidade pode ter várias formas, conforme o valor de s_o e n_o . Portanto o primeiro passo para a análise Bayesiana, que é determinar a distribuição prévia ($f_o(m)$), é equivalente a determinar os valores de s_o e n_o .

Os métodos mais comuns utilizados para determinar os valores de s_o e n_o são o Método dos Momentos e o Método da Máxima Verossimilhança. O Método dos Momentos será apresentado neste estudo pela sua praticidade de cálculo e desta forma facilitar a atualização dos valores de s_o e n_o da distribuição prévia.

¹ A distribuição gama descreve adequadamente variáveis aleatórias que não assumem valores negativos e com função de densidade de probabilidade caracterizada por um simples pico.

O Método dos Momentos adota que a média e a variância da distribuição gama são iguais à estimativa da média e da variância da população. Isto é, sendo a razão s_i / n_i a taxa de acidentes para s_i acidentes no período de n_i anos, \bar{t} a média da taxa de acidente observada, $\text{var}(t)$ a variância da taxa de acidentes observada, e N o número de elementos do grupo de referência temos:

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{s_i}{n_i} \quad (30)$$

$$\text{var}(t) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{s_i}{n_i} - \bar{t} \right)^2 \quad (31)$$

como a média e variância amostral. O valor esperado da média (\widehat{T}) e variância ($\widehat{\text{var}}(T)$) da população será:

$$\widehat{T} = \bar{t} \quad (32)$$

$$\widehat{\text{var}}(T) = \text{var}(\bar{t}) - \bar{t} \quad (33)$$

Desta forma, como s_o / n_o é a média e s_o / n_o^2 é a variância da distribuição, os valores de s_o e n_o serão dados por:

$$n_o = \frac{\bar{t}}{[\text{var}(t) - \bar{t}]} \quad (34)$$

$$s_o = n_o \bar{t} \quad (35)$$

O primeiro passo da análise está completado após determinar s_o e n_o . No segundo passo a taxa de acidente de cada local é combinada com a distribuição prévia (estimativa do comportamento do grupo de referência). Ocorrendo s acidentes no período de n anos em um local, a distribuição posterior do local também será uma distribuição gama, porém com os parâmetros da distribuição atualizados (Berger, 1985), onde

$$s_1 = s_o + s \quad (36)$$

$$n_1 = n_o + n \quad (37)$$

O método pode ser aplicado repetitivamente se mais dados vierem a ser disponíveis nos anos subseqüentes. Os valores de s_1 e n_1 da distribuição posterior, obtidos na primeira revisão, serão os parâmetros da distribuição prévia para a próxima revisão e assim sucessivamente.

6.2 CÁLCULO DO EFEITO DO FENÔMENO DE REGRESSÃO À MÉDIA

O cálculo do efeito do FRM é importante para se avaliar a efetiva redução no número de acidentes provenientes da ação da medida mitigadora. O analista deve identificar separadamente o real ganho do tratamento em particular e as mudanças devido ao FRM na análise da efetividade da medida aplicada.

A essência para correção do FRM é estimar a taxa subjacente de acidentes do local. Os métodos Bayesianos são preferidos aos métodos convencionais nesta estimação (Abbess, 1981 et. al.; Hauer, 1997; Sayed e Abdelwahab, 1997). Um modelo para o cálculo do efeito do FRM foi desenvolvido por Mountain *et al.* (1992a;b). O modelo pode ser descrito como segue: Se x_A e x_D são respectivamente a freqüência dos acidentes observada no período “antes” e “depois” ao tratamento do local, que anteriormente ao tratamento tinha uma freqüências de acidentes média m , então o efeito do tratamento t é dado por:

$$t = \frac{x_D}{m} \quad (38)$$

O efeito de regressão a média, r por:

$$r = \frac{m}{x_A} \quad (39)$$

Se o efeito do FRM é ignorado, assume-se:

$$\hat{m} = x_A \quad (40)$$

onde \hat{m} representa a estimativa de m .

Neste método se leva em consideração o comportamento do grupo de locais com características similares ao local estudado (amostra). As frequências de acidentes anteriores ao tratamento, observadas nestes locais, representaram o comportamento do grupo na estimativa de m através do cálculo da média (\bar{x}) e variância (s^2) desta amostra. Desta forma o cálculo de \hat{m} é dado por:

$$\hat{m} = c + bx_A \quad (41)$$

onde,

$$c = \frac{\bar{x}^2}{s^2} \quad (42)$$

$$b = \frac{s^2 - \bar{x}}{s^2} \quad (43)$$

As variações na forma de obtenção de b e c (Mountain *et al.*, 1992a,b) não alteram a essência do modelo. Ou melhor, tenta-se desenvolver a equação que permita estimar a taxa subjacente de acidentes através de dados que são extraídos da amostra da população.

Outro método para o cálculo do efeito do FRM é descrito por Abbess *et. al.*(1981). O método assume que um local em particular, com determinado histórico de acidentes, comporta-se da mesma maneira que um grupo de locais (grupo de referência) com características similares. Desta forma, as taxas de acidentes do local e do grupo de referência “depois” da implantação da medida mitigadora são comparadas com a exclusão do efeito do FRM do grupo de referência, a fim de identificar uma mudança significativa na frequência de acidentes após o tratamento do local. A média das taxas de acidentes do grupo de referência (\bar{a}) e a variância das mesmas ($\text{var}(a)$) anexa o comportamento do grupo de referência ao cálculo de R .

O cálculo do efeito do FRM é dado por:

$$R = \left[\frac{(S_o + S)n}{(n_o + n)S} - 1 \right] \cdot 100 \quad (44)$$

onde,

R = porcentagem do efeito do FRM;

S = o número de acidentes observados em um local em particular durante um período de n anos;

$$S_o = \frac{\bar{a}^2}{[\text{var}(a) - \bar{a}]}$$

$$n_o = \frac{\bar{a}}{[\text{var}(a) - \bar{a}]}$$

O valor de S_o e n_o são as estimativas dos parâmetros da distribuição de probabilidade que representa a taxa subjacente de acidentes ou, por exemplo, a suposição do analista da distribuição de probabilidade das taxas de acidentes do grupo de referência antes dos dados serem disponíveis.

6.3 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO EB

A forma de aplicação do método EB pode ser melhor compreendida através de um exemplo prático. No exemplo, será aplicado o método EB para mensurar o efeito do FRM para uma amostra da população de interseções urbanas semaforizadas. A motivação para a utilização dessa população de referência deu-se, essencialmente, pelo fornecimento de dados por parte da Empresa Pública de Circulação e Transportes de Porto Alegre, EPTC. Os dados cedidos incluem: listagem das interseções semaforizadas de Porto Alegre; dados de acidentes em interseções para o período de 1998 a 2000 e contagens volumétricas realizadas em 96, 97, 98, e 2000.

O conjunto de interseções utilizadas no estudo foi limitado pela disponibilidade de dados de contagens volumétricas. Das 899 interseções semaforizadas de Porto Alegre, foram utilizadas apenas as 192 que dispunham de contagens volumétricas realizadas nos anos de 1998 ou 2000. Foram utilizados os dados destes dois anos em função da sua atualidade e abrangência. Desse conjunto de 192 interseções, 56,4% possuem contagens realizadas em 1998, 40,5% em 2000 e 3,1% possuem contagens para os dois anos. Para as interseções com contagens nos 2 anos, foram utilizadas, no estudo, as contagens mais recentes.

Dois cenários foram criados para avaliar a influência das características do grupo no FRM. No Cenário 1 foi avaliado a magnitude do efeito do FRM em uma interseção com alta taxa de acidentes e elevado volume de tráfego, considerando um grupo de referência de interseções semaforizadas. Neste cenário não se levou em conta nenhuma outra característica semelhante entre a interseção em particular e o grupo de referência. No Cenário 2, o volume diário médio anual, VDMA, foi considerado para formação do grupo de referência.

6.3.1 Caracterização dos cenários

A caracterização dos dois cenários foi baseada nas fontes de informações contidas nos dados fornecidos e as características conhecidas da uma interseção em particular. Os dados disponibilizados pela EPTC continham informações dos registros de acidentes e dos VDMA para 192 interseções. Estas duas informações permitem apenas uma desagregação destas interseções baseada no VDMA.

Optou-se por avaliar o efeito do FRM em uma interseção semaforizada de alto VDMA e com elevada frequência de acidentes da cidade de Porto Alegre. Como comentado anteriormente, quanto mais afastado for o valor da taxa de acidentes de um ponto em particular em relação à média do grupo de referência, maior será a magnitude do efeito do FRM.

Considerando a Figura 6.2 se decidiu analisar dois cenários:

- i. *Cenário 1* : o grupo de referência é formado por 192 interseções semaforizadas. Neste caso, não está sendo considerada nenhuma diferença no comportamento de interseções com elevado e baixo VDMA.
- ii. *Cenário 2* : pela Figura 6.2 se observa que em torno de 75% das 192 interseções da amostra possuem VDMA abaixo de 45000 veículos/dia. Neste cenário o grupo de referência é formado por interseções com alto VDMA, semelhantemente à interseção analisada, para excluir do comportamento do grupo o efeito de interseções com baixo VDMA. O grupo de referência fica então formado por 48 elementos.

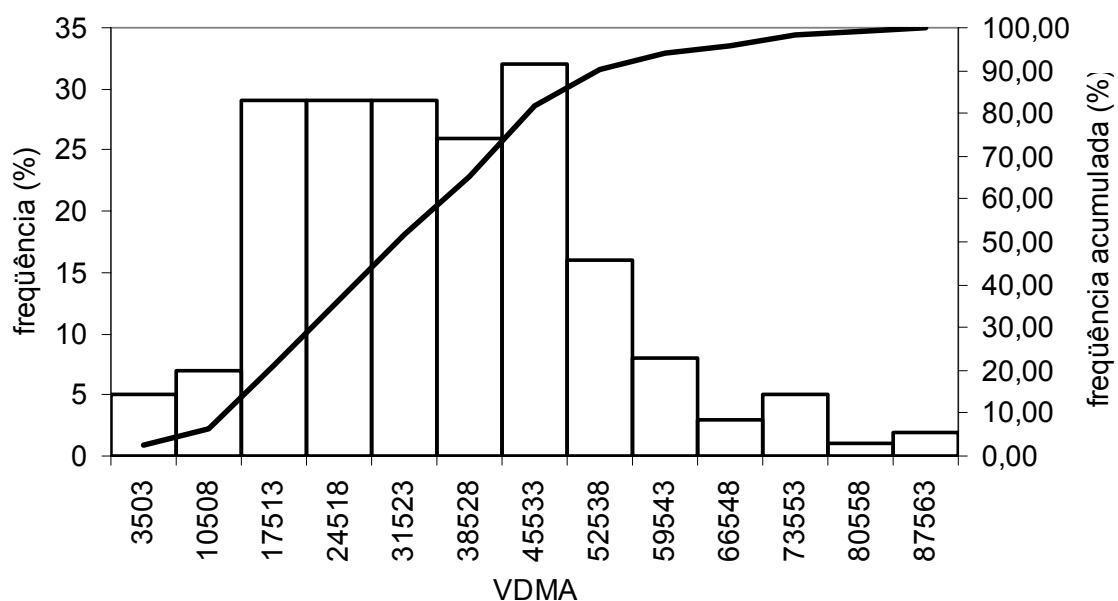


Figura 6.2 - Distribuição de frequência do VDMA das 192 interseções.

6.3.2 Identificação da distribuição prévia para os cenários

A identificação da distribuição prévia para os dois cenários fornece a primeira informação sobre o comportamento do grupo de referência que compõe cada cenário.

6.3.2.1 Análise do Cenário 1

Neste cenário o tamanho da amostra é de 192 interseções. A Tabela B.2 do Anexo B apresenta os registros de acidentes de 1998 até 2000 para cada uma destas interseções.

O comportamento médio do grupo de referência é representado por uma distribuição prévia, no caso uma distribuição gama. Considerando as equações (32) e (33) os parâmetros da distribuição gama (s_o e n_o) serão calculados pelas equações (34) e (35). Desta forma, os valores de s_o e n_o serão dados por:

$$\hat{T} = \bar{t} = 7,81$$

$$\hat{\text{var}}(T) = \text{var}(\bar{t}) - \bar{t} = 81,8 - 7,81 = 73,99$$

$$n_o = \frac{\bar{t}}{[\text{var}(t) - \bar{t}]} = \frac{7,81}{73,99} = 0,11$$

$$s_o = n_o \bar{t} = 0,11 * 7,81 = 0,82$$

Observando a Figura 6.3, identifica-se pelo teste do qui-quadrado com nível de confiança de 95% que a distribuição gama pode ser considerada como uma boa distribuição prévia com estes parâmetros.

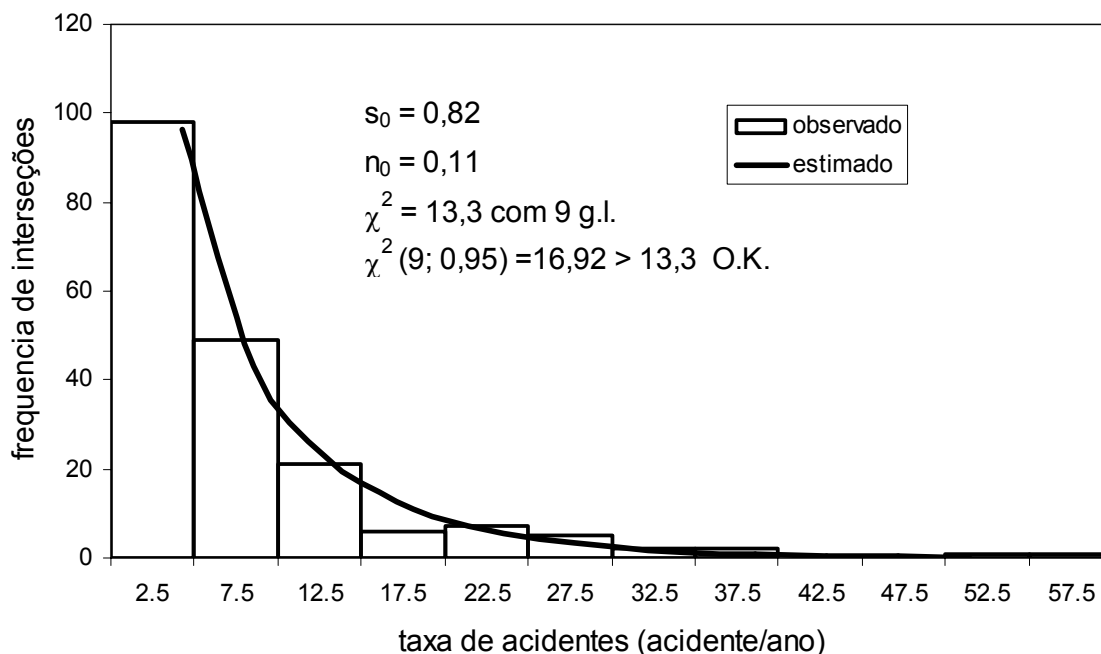


Figura 6.3 - Ajuste da distribuição gama para 192 interseções.

6.3.2.2 Análise do Cenário 2

O número de elemento neste cenário é de 48 interseções. A Tabela B.3 do Anexo B apresenta os registros de acidentes de 1998 até 2000 para cada uma destas interseções. A média e variância amostral é de 16,3 acidentes/ano e $171,6$ (acidentes/ano)². Seguindo os mesmos cálculos do item anterior obtemos para s_0 e n_0 o valor de 1,71 e 0,10 respectivamente. A curva de ajuste da distribuição gama com estes parâmetros e a distribuição das interseções é apresentada na Figura 6.4.

6.3.3 A influência do efeito do FRM para os dois cenários

O efeito do FRM foi calculado pelo método proposto por Abbess et. al.(1981). Através das informações provenientes da distribuição prévia s_0 e n_0 , calculados anteriormente para os dois cenários e com as informações do registro histórico de acidentes da interseção entre Av.

Ipiranga e R. Silva Só, apresentado na Tabela 6.1, é possível traçar as curvas apresentadas na Figura 6.5 através da equação 44.

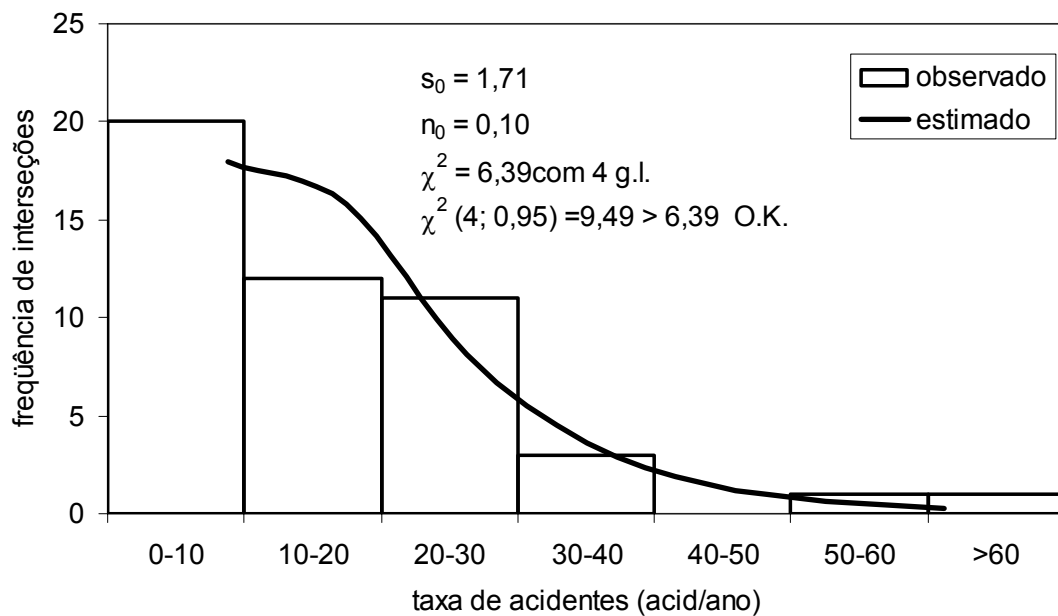


Figura 6.4 - Ajuste da distribuição gama para 48 interseções.

Na Figura 6.5, o eixo das ordenadas está representando o percentual do efeito do FRM. O valor percentual deste efeito representa o incremento do efeito do FRM na taxa de acidentes. O eixo das abscissas representa o número de anos incorporados à análise de registros históricos de acidentes da interseção Av. Ipiranga X R. Silva Só.

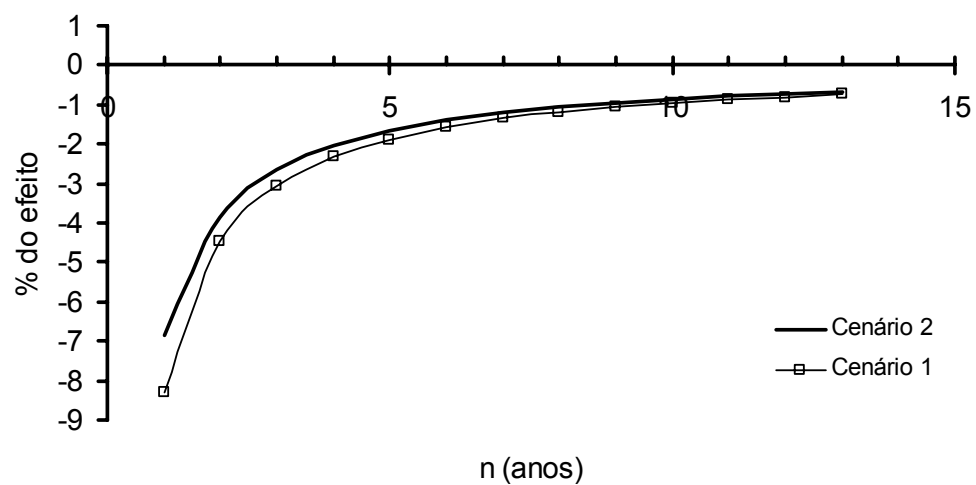


Figura 6.5 - Efeito do FRM para o Cenário 1 e 2.

É possível verificar na Figura 6.5 que a influência da característica do grupo de referência diminui a medida que agregamos mais informações da interseção analisada. Agregando informações de apenas um ano de dados de registro de acidentes da interseção da Av. Ipiranga X R. Silva Só verificamos uma influência de 9% do FRM para o Cenário 1. Este percentual indica que, por exemplo, em um estudo “antes-depois” decorrente da implantação de uma medida mitigadora de acidente na interseção da Av. Ipiranga X R. Silva Só, a avaliação da redução efetiva do número de acidentes, devido ao efeito da medida, deve ser feita subtraindo 9% do valor da diferença encontrada entre o período posterior com o período anterior composto por um ano. Quanto maior o período de registros de dados de acidentes de um local, mais precisa é a distribuição posterior.

Observando a Tabela 6.1 verificamos que a taxa média de acidentes para a interseção da Av. Ipiranga X R. Silva Só é de 95,7 acidentes/ano. A taxa média de acidentes nesta interseção está mais afastada da taxa média de acidentes do grupo de referência do Cenário 1 ($\bar{t}=7,81$) do que no Cenário 2 ($\bar{t}=16,28$) resultando em um efeito maior do FRM do local estudado no Cenário 1 (Figura 6.5).

Tabela 6.1 - Histórico de acidentes da Av. Ipiranga X R. Silva Só.

Ano	Número de acidentes
1988	80
1989	98
1990	107
1991	109
1992	102
1993	107
1994	108
1995	105
1996	114
1997	89
1998	78
1999	88
2000	59
média	95,7

6.4 CONCLUSÕES

O Método Empírico Bayesiano, EB, utiliza informações provenientes do histórico de acidentes do local em análise e do histórico de acidentes do grupo de referência. A união de duas fontes de informações distintas permite que se encontre a “verdadeira” taxa de acidentes de um local específico. Entende-se como a “verdadeira” taxa de acidentes, aquela resultante da análise de uma série temporal de muito longo prazo (infinita).

O grupo de referência exerce papel fundamental para aplicação do método EB por influenciar no cálculo do FRM. A qualidade do grupo de referência provém de sua semelhança com o local em estudo. A semelhança entre os elementos do grupo de referência e o local em estudo diminui o efeito do FRM. Da mesma forma, o tamanho do grupo de referência também é importante. O número de locais pertencentes ao grupo de referência deve ser maior que o número de locais analisados.

O método EB deve ser incorporado à análise do efeito de um tratamento implementada no tráfego. O princípio do monitoramento de uma medida mitigadora é a comparação de uma situação sem a aplicação do tratamento com outra situação sob efeito do tratamento. Portanto, a identificação da “verdadeira” taxa de acidentes de um local, para a situação sem a aplicação do tratamento, é importante para uma boa avaliação do efeito do mesmo. O próximo capítulo apresenta a proposta de um processo para o monitoramento de medidas visando reduzir o número de acidentes viários.

7 O PROCESSO DE MONITORAMENTO PROPOSTO

O conhecimento sobre os diferentes métodos de monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes e sobre os problemas na análise de dados de acidentes não torna mais fácil a tarefa de avaliação de medidas implementadas no tráfego. A escolha do método a ser empregado para o monitoramento, a escolha dos dados que necessitam ser registrados e a forma de se proceder a avaliação, excluindo efeitos que distorçam a análise, são questões que devem ser esclarecidas.

Este trabalho propõe um procedimento para auxiliar o monitoramento de medidas que visam reduzir o número de acidentes viários. O procedimento proposto é aplicável para vias em áreas rurais e urbanas. A diferença do monitoramento de medidas nestas duas áreas reside apenas na densidade da malha viária. Ainda, é apresentada uma sugestão de estrutura para o registro e armazenamento de dados relevantes a esse procedimento.

Importante destacar que esse procedimento resulta da combinação de etapas, na maior parte, referenciadas em capítulos anteriores e desenvolvidas por diferentes autores. A originalidade da proposta consiste justamente na agregação dessas etapas. O procedimento proposto para monitorar medidas mitigadoras de acidentes está sintetizado na Figura 7.1.

7.1 DEFINIÇÃO DA ZONA DE MONITORAMENTO

Toda medida de segurança implementada no tráfego produz um efeito no local tratado e em seu entorno. Este efeito pode ser caracterizado por alterações no fluxo de veículos e na taxa de ocorrência de acidentes. Desta forma, o monitoramento de uma medida mitigadora de acidentes não pode ser desenvolvido de maneira pontual. O controle desta zona de influência do tratamento deve ser feito monitorando uma área na vizinhança do local tratado.

Assim, a primeira etapa, para monitorar medidas implementadas no tráfego, é a definição da zona de monitoramento. Ela é importante para possibilitar a avaliação e mensuração do efeito do fenômeno de migração de acidentes e facilitar na identificação de locais candidatos a locais de comparação. A identificação de fontes de distorções, como o fenômeno de migração de acidentes, permite que a avaliação do efeito da medida de segurança implementada no tráfego seja mais precisa. Já a possibilidade de se armazenar

dados de locais adjacentes ao local tratado enriquece o banco de dados com informações que, quando necessárias, estarão disponíveis.

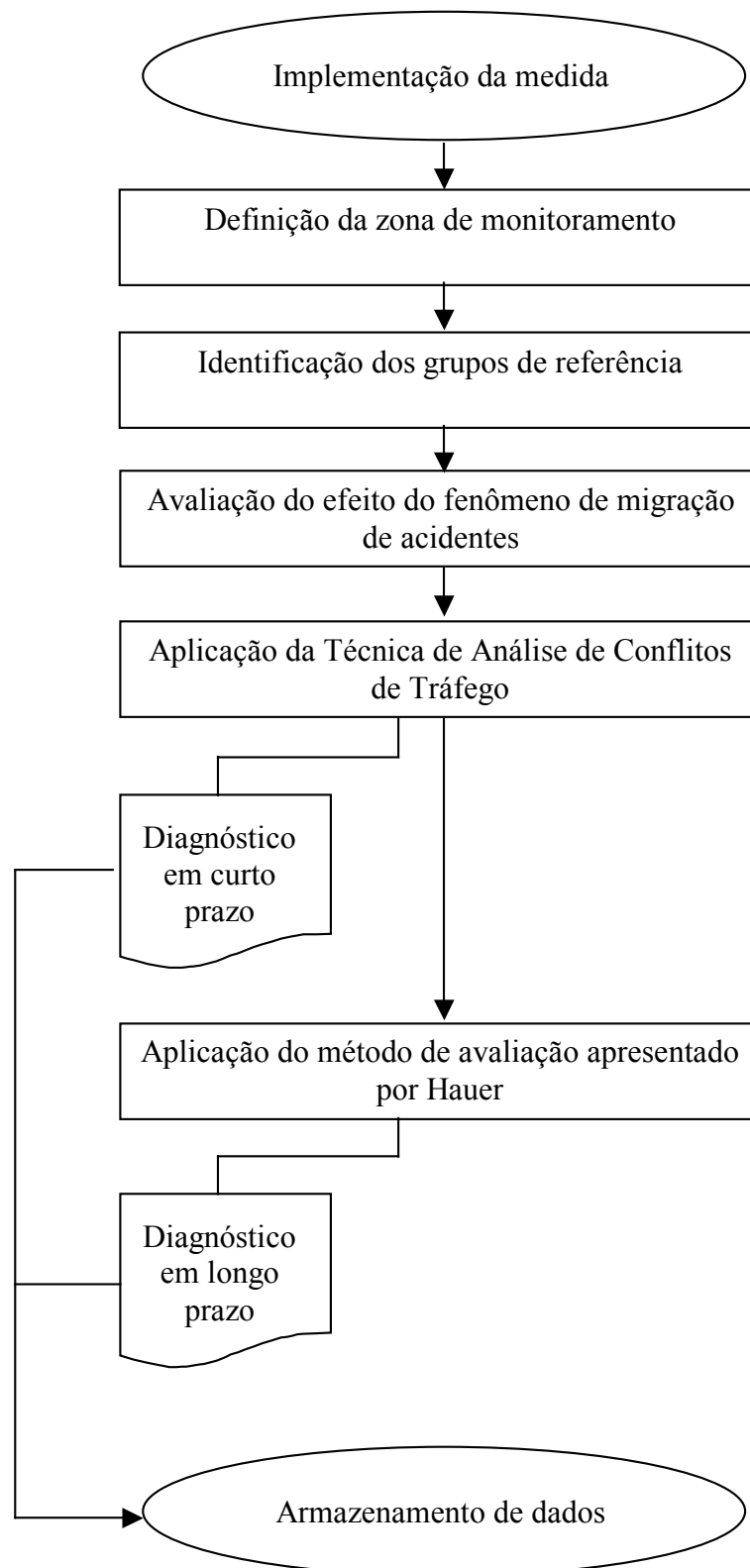


Figura 7.1 - Procedimento para monitorar a influência de medidas mitigadoras implementadas no tráfego.

A definição da zona de monitoramento deve ser cuidadosa para evitar a sobreposição de efeitos de tratamentos distintos. O tráfego urbano recebe constantemente medidas distintas de segurança viária. Desta forma, para avaliar o efeito individual de uma medida implementada no tráfego deve-se atentar para que as zonas de monitoramento de cada tratamento não estejam sobrepostas. O efeito sobreposto de medidas distintas acarreta um diagnóstico comprometido da efetividade da medida em estudo.

Lupton *et al.* (1996) consideraram, como zona de influência do tratamento, a área circunscrita por um perímetro com raio de 500 m. Mesmo que a zona influenciada pela medida de segurança varie com o passar dos anos, há a necessidade de se definir um valor fixo de forma a facilitar o armazenamento e registros de dados. Desta forma, este trabalho sugere o monitoramento de pontos distanciados em até 500 m do local tratado, tendo em vista a proposta de trabalhos já executados (Mountain e Fawaz, 1992) (Figura 7.2).

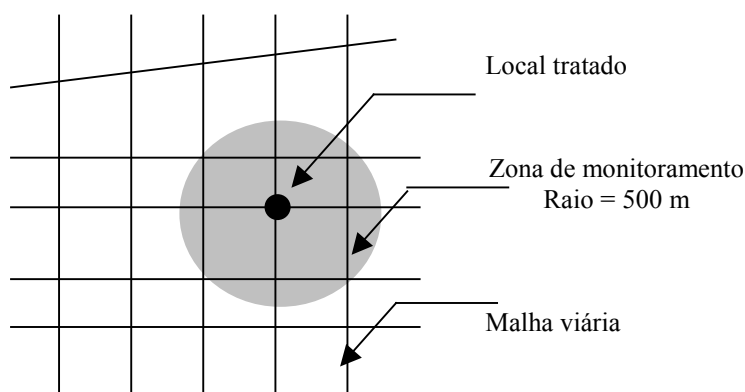


Figura 7.2 - Definição da zona de monitoramento.

7.2 IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS DE REFERÊNCIA

A identificação dos grupos de referência é feita após a definição da zona de monitoramento. A identificação de um grupo de referência permite que se aplique o método empírico Bayesiano, EB, para se estimar a taxa de acidente em um local qualquer. O método EB assegura que seja excluído o fenômeno de regressão à média, FRM, na análise da variação das ocorrências de acidentes no local tratado e em locais inclusos na zona de monitoramento. Desta forma, para o cálculo da taxa de acidente esperada (κ) de cada local da zona de monitoramento, incluindo o local tratado, é necessário (Hauer, 1997):

- (i) identificar um grupo de referência;

- (ii) calcular a média (\bar{K}) e variância amostral (s^2) da taxa de acidente do grupo de referência;
- (iii) estimar a média ($\hat{E}(\kappa)$) e variância ($V\hat{A}R(\kappa)$) da taxa de acidente da população através das seguintes equações:

$$\hat{E}(\kappa) = \bar{K} \quad (45)$$

$$V\hat{A}R(\kappa) = s^2 - \bar{K} \quad (46)$$

- (iv) calcular a estimativa de κ (representada por $\hat{\kappa}$) e sua variância através das seguintes equações:

$$\hat{\kappa} = \alpha \hat{E}(\kappa) + (1 - \alpha)K \quad (47)$$

$$V\hat{A}R(\hat{\kappa}) = (1 - \alpha)\hat{\kappa} \quad (48)$$

onde o valor de $\hat{E}(\kappa)$ é a influência do grupo de referência ao cálculo da taxa de acidente do local em análise e K é a influência do histórico de acidentes deste local. O valor de K é a taxa de acidente do local em análise no período anterior ao tratamento e α é dado por:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{V\hat{A}R(\kappa)}{\hat{E}(\kappa)}} \quad (49)$$

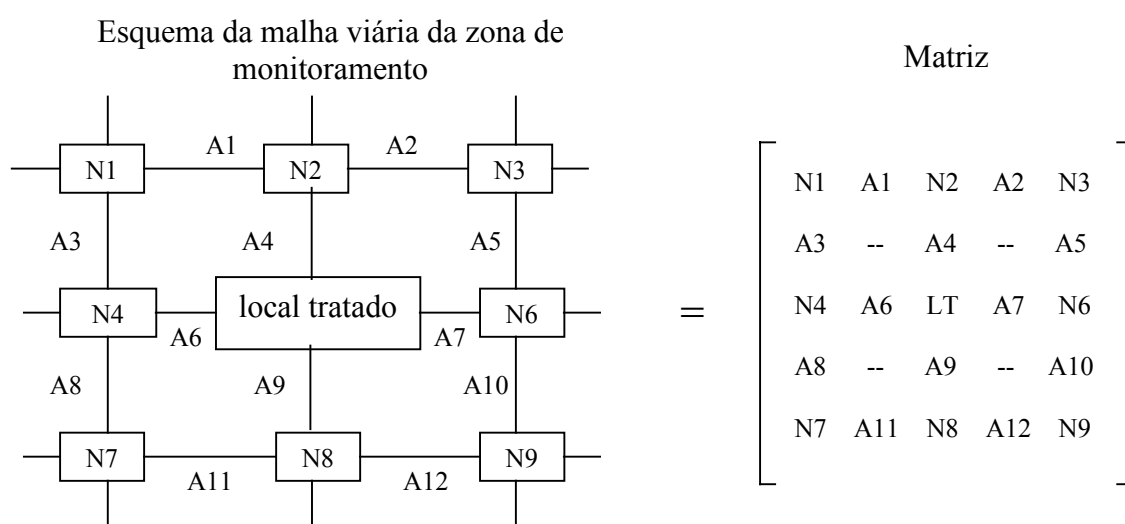
A taxa de acidente esperada para locais inclusos na zona de monitoramento, com características semelhantes, pode ser calculada com o mesmo grupo de referência. No entanto, é importante ressaltar que o local analisado não deve compor o grupo de referência.

7.3 AVALIAÇÃO DO EFEITO DO FENÔMENO DE MIGRAÇÃO DE ACIDENTES

A mensuração e avaliação do efeito do fenômeno de migração de acidentes, FMA, são feitas depois de identificadas as taxas de acidente esperadas ($\hat{\kappa}$) de todos locais na zona de monitoramento. O efeito é avaliado com a disposição das taxas de acidente da zona de monitoramento na forma de matriz. Este arranjo facilita na localização de locais influenciados pelo fenômeno.

7.3.1 Disposição matricial dos acidentes na zona de monitoramento

Toda zona de monitoramento é composta no mínimo por um nó e/ou arco. O nó é definido como o elemento da malha viária que une dois ou mais arcos. Já o arco é definido como o segmento de reta que une dois nós. A avaliação do efeito do FMA é feita apresentando as taxas de acidente de todos os nós e arcos da zona de monitoramento na forma de uma matriz. A disposição dos elementos da matriz deve corresponder à disposição dos nós e arcos na zona de monitoramento (Figura 7.3). Esta formatação facilita a identificação de possíveis alterações na taxa de acidente de cada local.



Legenda: Ni – nó i; Aj – arco j

Figura 7.3 - Representação matricial da malha viária.

Duas matrizes são utilizadas para avaliar o efeito do FMA. A primeira matriz, denominada de matriz estimada, é formada pela taxa de acidente esperada ($\hat{\kappa}$) para cada local da zona de monitoramento pelo método empírico Bayesiano, sendo este nó ou arco. Já a segunda matriz, denominada de matriz real, é formada pelas taxas de acidente que ocorreram no ano subsequente à implementação do tratamento na zona de monitoramento.

7.3.2 Caracterização do efeito de migração de acidentes na zona de monitoramento

A comparação entre a matriz estimada e a matriz real possibilita identificar e mensurar o efeito do FMA. O efeito do FMA pode ser analisado em valor absoluto, através da subtração entre a matriz real e a matriz estimada. Neste caso, valores positivos indicam um incremento na taxa de acidente de locais adjacentes ao local tratado. A análise também pode ser feita com valores percentuais. Denominando de θ a razão entre o valor real e o valor estimado para cada elemento da matriz, $100x(\theta - 1)$ permite avaliar o percentual de incremento da taxa de acidente para todos os nós e arcos da zona de monitoramento. Por exemplo, considerando a matriz real e a matriz estimada como sendo

$$\text{matriz real} = \begin{bmatrix} 7 & 13 & 2 \\ 8 & 10 & 3 \\ 9 & 9 & 8 \end{bmatrix} \quad \text{matriz estimada} = \begin{bmatrix} 6,2 & 10,9 & 3,6 \\ 8,2 & 12,3 & 2,4 \\ 10,2 & 9,5 & 5,6 \end{bmatrix}$$

a matriz que apresenta a variação das taxas de acidentes em valor absoluto é,

$$\begin{bmatrix} 0,8 & 2,1 & -1,6 \\ -0,2 & -2,3 & 0,6 \\ -1,2 & -0,5 & 2,4 \end{bmatrix}$$

e a matriz que apresenta a variação das taxas de acidente em valor percentual resulta,

$$\begin{bmatrix} 12,9 & 19,3 & -44,4 \\ -2,4 & -18,7 & 25,0 \\ -11,8 & -5,3 & 42,8 \end{bmatrix}$$

A atualização periódica dos valores que compõem a matriz real permite caracterizar o fenômeno de migração de acidentes. Por exemplo, pode-se avaliar a variação da taxa de acidente no local tratado, e em locais adjacentes ao mesmo, comparando a matriz estimada com diferentes matrizes reais compostas por taxas de acidentes do primeiro, segundo, terceiro,..., n ano. Esta comparação pode ser feita ao longo de vários anos.

O local influenciado pelo efeito do FMA não pode ser utilizado como local de comparação para a avaliação do efeito da medida. A utilização destes locais como base de comparação nesta avaliação agrega um erro na identificação do efeito da medida sobre o tráfego. Deve-se procurar locais que não apresentaram variações nas ocorrências de acidentes devido ao efeito deste fenômeno, dando preferência a locais inclusos na zona de monitoramento.

7.4 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ANÁLISE DE CONFLITOS DE TRÁFEGO

A avaliação do efeito da medida implementada no local tratado pode ser feita paralelamente à avaliação do efeito do FMA. Para efeito do fluxograma, ela foi colocada como seqüencial a esta etapa. A avaliação do efeito da medida é executada em duas etapas. A primeira etapa consiste em uma análise em curto prazo. Na outra etapa, a análise é feita em longo prazo. A análise em curto prazo é realizada utilizando dados de conflitos de tráfego, enquanto que a análise em longo prazo é feita utilizando dados de acidentes.

A análise em curto prazo é realizada comparando os conflitos de tráfego registrados no local tratado no período antes e depois do tratamento. A coleta de dados de conflitos de tráfego no período após a implementação do tratamento é feita no primeiro e no sexto mês. A coleta feita no primeiro mês propicia um diagnóstico rápido do efeito da medida no tráfego, positivo ou negativo. Já, a coleta de dados de conflitos feita no sexto mês reforça o diagnóstico inicial, permitindo, se necessário, alterar ou substituir a medida caso seu efeito não seja o desejado. Transcorrido um ano após a implementação da medida, a análise já é feita com dados de acidentes.

A identificação e a quantificação dos conflitos de tráfego são feitas pela Técnica de Análise de Conflitos de Tráfego. A seleção da TCT para a coleta de dados fica a critério do analista. Entre as cinco principais técnicas apresentadas no capítulo 4, este trabalho propõe a TCT canadense (Brown *et al.*, 1996) para auxiliar no processo de monitoramento de medidas mitigadoras. A escolha se deve: (i) pela riqueza do material didático; (ii) pelos índices gerados pela técnica para comparação de interseções distintas; e principalmente (iii) pelos elementos envolvidos na definição de conflitos de tráfego.

A análise de conflitos de tráfego gera um relatório que diagnostica o desempenho da medida em curto prazo. Dispor desta informação permite corrigir e aperfeiçoar a medida ao comportamento dos motoristas, evitando a escassez de informações do desempenho da mesma ao longo do primeiro ano de implementação. No relatório proposto pela TCT canadense é feita a apresentação de forma gráfica e numérica do resumo do estudo. O registro dos principais parâmetros apresentados pela técnica (AHC, AHC/TEV, ACS, OACS e ICI) disponibiliza um pré-diagnóstico do desempenho inicial da medida para futuras implementações.

7.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO APRESENTADO POR HAUER

A proposição deste trabalho para a análise em longo prazo se baseará no método de análise e formulações apresentados por Hauer (1997). A experiência prática deste autor na área e a abundância de informações existentes no material publicado foram fatores determinantes para a escolha deste material como base de referência. Inclusive, este trabalho segue a mesma nomenclatura definida pelo referido autor.

A análise em longo prazo do efeito da medida inicia transcorrido um ano após sua implementação. Esta análise é feita com dados das tipologias de acidentes identificadas como “acidente alvo” comparando duas situações, sem e com o efeito do tratamento. Desta forma, o histórico de registros de acidentes é importante para o desenvolvimento da análise.

A aplicação do método de avaliação proposto por Hauer (1997) deve seguir os procedimentos apresentados no capítulo 3. No entanto, a situação que corresponde ao período de tempo em que o local tratado não está sob o efeito do tratamento (parâmetro π) recebe novo ajuste. Hauer (1997) agrega o método EB para melhorar o cálculo de $\hat{\pi}$.

Uma vez identificada a taxa de acidente média da população de referência ($\hat{E}(\kappa)$) e com dados históricos do local tratado (K) é possível calcular a estimativa ($\hat{\kappa}$), que representa a taxa de acidente esperada para o local, sem o efeito do tratamento. Desta forma, como a estimativa $\hat{\pi}$ representa o comportamento do local tratado sem o efeito do tratamento, tem-se a seguinte igualdade:

$$\hat{\pi} = \hat{\kappa} \quad (50)$$

Os parâmetros de correção provenientes da utilização de locais de comparação ou de contagens volumétricas multiplicam $\hat{\kappa}$, que substitui K nas fórmulas apresentadas nos quatro passos do método. Por se tratar de uma estimativa ($\hat{\kappa}$), é necessário agregar sua variabilidade ($\hat{V}\hat{A}R(\hat{\kappa})$) no cálculo do desempenho da medida. A utilização do método EB determina uma maior variabilidade da estimativa do desempenho da medida ($\hat{\delta}, \hat{\theta}$), mas há maior precisão na avaliação, já que o efeito do FRM é excluído da análise.

A utilização de locais de comparação é priorizada na análise do desempenho da medida. Deve-se abdicar de seu emprego nesta análise apenas quando não se dispõe de informações (histórico de acidentes) de locais para este fim. A indisponibilidade desta informação determina que a análise do efeito da medida seja feita sem a utilização de locais de comparação.

A análise do desempenho da medida no local tratado com dados dos acidentes alvo gera um relatório que diagnostica o desempenho da mesma em longo prazo. Esta informação é relevante para futuras implementações da medida. A descrição do tipo de medida implementada e de seus parâmetros de desempenho ($\hat{\delta}, \hat{\theta}, \hat{V}\hat{A}R(\hat{\delta}), \hat{V}\hat{A}R(\hat{\theta})$) permite comparar o desempenho de medidas distintas utilizadas para uma mesma função. Dispor desta informação torna a atuação na área da segurança viária mais eficiente.

O Anexo C detalha as formulações apresentadas por Hauer (1997) que agregam o método EB na análise do desempenho da medida.

7.6 ESTRUTURA PARA REGISTRO E ARMAZENAMENTO DE DADOS

O banco de dados que contenha informações sobre o desempenho de medidas mitigadoras de acidentes é fundamental para o desenvolvimento de atuações eficientes na redução das fatalidades geradas pelo tráfego viário. As experiências adquiridas por profissionais que atuam na área de segurança viária podem ser transmitidas e avaliadas através de um banco de dados de monitoramento. Este trabalho apresenta uma proposta de estrutura para armazenamento de dados utilizados para diagnosticar o efeito de medidas implementadas no tráfego. Esta estrutura caracteriza-se pela apresentação de dados

necessários para o registro do processo de monitoramento e da forma de ligação entre os mesmos. A estrutura apresentada é baseada no trabalho de Lupton *et al.* (1996).

7.6.1 Dados relevantes ao armazenamento

Os dados que devem ser armazenados para o monitoramento e avaliação do efeito do tratamento podem ser divididos em 5 grupos. O Quadro 7.1 apresenta cada grupo e seus dados relevantes ao armazenamento.

As informações sobre os acidentes estão armazenadas no Grupo A. A caracterização de cada acidente viário permite que a avaliação do desempenho da medida implementada seja feita pela análise dos “acidentes alvo”. Desta forma, dados que descrevam a tipologia do acidente e que definam a alocação do mesmo na via são importantes. Ainda, a identificação do período em que o acidente ocorreu torna possível relacionar os acidentes com o fluxo de tráfego do local.

Quadro 7.1 - Divisão dos dados para análise do efeito de medidas de segurança implementadas no tráfego.

Grupo	Fonte de informação	Dados relevantes
Grupo A	Acidente	<ul style="list-style-type: none"> - Tipologia do acidente; - Local do acidente (via, quilometragem); - Data e hora do acidente;
Grupo B	Tráfego	<ul style="list-style-type: none"> - Volume diário médio anual; - Limite de velocidade; - Tipo de interseção.
Grupo C	Conflito	<ul style="list-style-type: none"> - Quantificação dos conflitos de tráfego; - Tipologia dos conflitos de tráfego; - Severidade dos conflitos de tráfego - Data e hora do conflito.
Grupo D	Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de tratamento aplicado; - Data de início e fim do tratamento.
Grupo E	Rede de tráfego	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação de arcos e nós da malha viária; - Identificação do grupo de referência.

Os dados de tráfego são armazenados no Grupo B. É importante que sejam disponíveis informações do volume de tráfego e do limite de velocidade do local para a análise da medida implementada. Qualquer alteração do limite de velocidade regulamentado para a via deve ser registrada. O valor da velocidade limite e a data de implementação desta regulação devem ser

registrados. Informações que permitam identificar a variação das ocorrências de acidentes através da série temporal são importantes para a análise.

O Grupo C registra os dados de conflitos de tráfego. O registro dos conflitos de tráfego permite que as informações da alteração do comportamento do motorista no local sejam avaliadas antes e depois da implementação da medida. Portanto, escolhendo a TCT canadense para avaliar o desempenho da medida é necessário registrar os parâmetros que caracterizam a segurança do local em curto prazo (AHC, AHC/TEV, ACS, OACS e ICI). Esta informação é também importante para futuras implementações da medida, pois caracteriza como o motorista se comportará frente ao tratamento.

As informações sobre a aplicação de tratamentos no local e da disposição dos elementos na malha viária são armazenadas no Grupo D e Grupo E respectivamente. O registro de tratamentos aplicados na malha viária e de suas datas de implementação auxilia na análise das variações da série temporal de acidentes. Avaliações distorcidas da ocorrência de acidentes podem ser feitas caso não seja registrado este tipo de informação. Ainda, o registro do desempenho do tratamento em longo prazo ($\hat{\delta}$, $\hat{\theta}$, $V\hat{A}R(\hat{\delta})$ e $V\hat{A}R(\hat{\theta})$) disponibiliza esta informação para ações futuras na segurança viária. É interessante classificar os tratamentos em grupos, pois diferentes tratamentos são implementados no tráfego. Uma sugestão de classificação seria uma divisão dos tratamentos em: (i) manutenção rodoviária (recapeamento do pavimento, introdução ou manutenção de defensas, etc), (ii) iluminação da via (implementação de iluminação artificial), (iii) gerenciamento de tráfego (implementação de semáforo, rotatória, sinalização, etc), e (iv) medidas de segurança (medidas de “*traffic calming*”, etc).

Ainda, as informações sobre a ligação entre os arcos e nós da malha viária são importantes para acompanhar o desempenho da zona de monitoramento frente à medida. Disponibilizar o acesso aos dados de registros de acidentes de locais compreendidos na zona de monitoramento propicia que se utilize locais de comparação na análise do tratamento. Muitos processos de monitoramento são feitos sem a utilização de locais de comparação tendo em vista a falta de registro de dados de locais que não receberam tratamento.

O registro do tipo de grupo de referência que deve ser usado é feito no grupo E. É necessário registrar um grupo de referência para cada local. Esta tarefa facilita o emprego do

método EB para a avaliação de medidas implementadas no tráfego. Desagregar a malha viária em trechos com características similares permite pré-definir grupos de referência. Um exemplo para tipos de grupos de referência para a área urbana é agrupar interseções por tipo (número de aproximações, tipo de controle) e segmentos viários por número de faixa e tipo de divisor central. Para a área rural, o agrupamento de segmentos semelhantes pode ser feito identificando raio de curvatura, superelevação, rampa, número de faixas, velocidade regulamentada e tipo de interseção.

7.6.2 Ligações entre os dados

A ligação entre os dados dos cinco grupos (A,B,C,D e E) é importante para oferecer fácil acesso às informações. A qualidade da acessibilidade é obtida definindo restrições nas ligações entre os dados, impedindo registros duplos de informações. As delimitações para a ligação entre os dados estão apresentadas no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 - Delimitações para a ligação entre os dados.

Regra	Descrição
1	Um acidente pode apenas ocorrer em local e tempo.
2	Um arco ou nó pode ter muitos acidentes.
3	Um acidente pode ser afetado por muitos tratamentos.
4	Um tratamento pode afetar muitos acidentes.
5	Um nó pode conectar vários arcos.
6	Um tratamento pode afetar muitos arcos ou nós.
7	Um arco pode ter diversos volumes de tráfego (um por ano).

A ligação entre o tipo de acidente e o tipo de conflito é fundamental para a análise do efeito da medida no tráfego. O registro deste tipo de dado deve ser uniformizado para permitir comparações e análises. Pode-se fazer uso de um croqui auxiliar de trajetória de manobras para registrar este tipo de dado uniformemente (Figura 7.4). Outros padrões de croquis podem ser utilizados para outros tipos de interseções. No caso de acidentes em arcos, pode-se definir previamente um código para cada tipo de acidente (colisão, choque, capotamento tombamento e atropelamento).

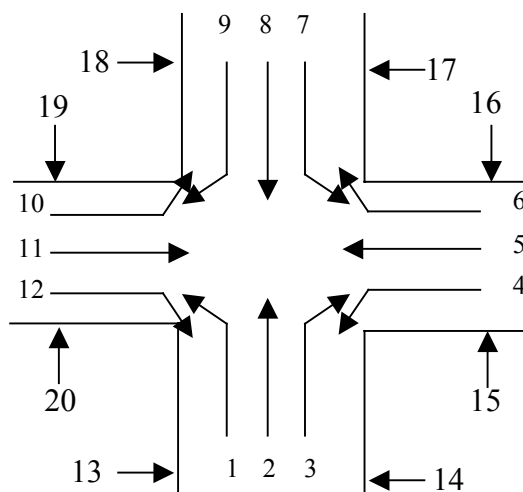


Figura 7.4 - Croqui auxiliar de trajetória de manobra.

7.6.3 Estrutura do banco de dados

A denominação de cada nó, arco, via e acidente da rede de tráfego deve ser feita por um código de identificação (Código ID). Uma sugestão de códigos ID é apresentada no Quadro 7.3.

Quadro 7.3 - Código de identificação de dados.

Tipo de dados	Código ID
Acidentes	Ex: A001
Nó	Ex: N005
Arco	Ex: L021
Via	Ex: R0534

Os códigos ID da via, do nó e do arco servirão como ligação entre os 5 grupos. Cada grupo de dados possui o registro do local em análise. Estes registros permitem a captura de informações rapidamente, por serem a fonte de referência comum em todos os grupos. O código ID de acidentes será o campo chave do banco de dados. O campo chave representa a informação que não pode ser repetida no banco de dados. A restrição da primeira regra de ligação entre os dados delimita que cada acidente seja único no banco de dados.

A Figura 7.5 apresenta a estrutura proposta para o armazenamento de dados. São apresentados apenas os dados considerados relevantes para a avaliação do desempenho do

tratamento implementado. Outros dados podem ser agregados às tabelas, conforme a necessidade do analista.

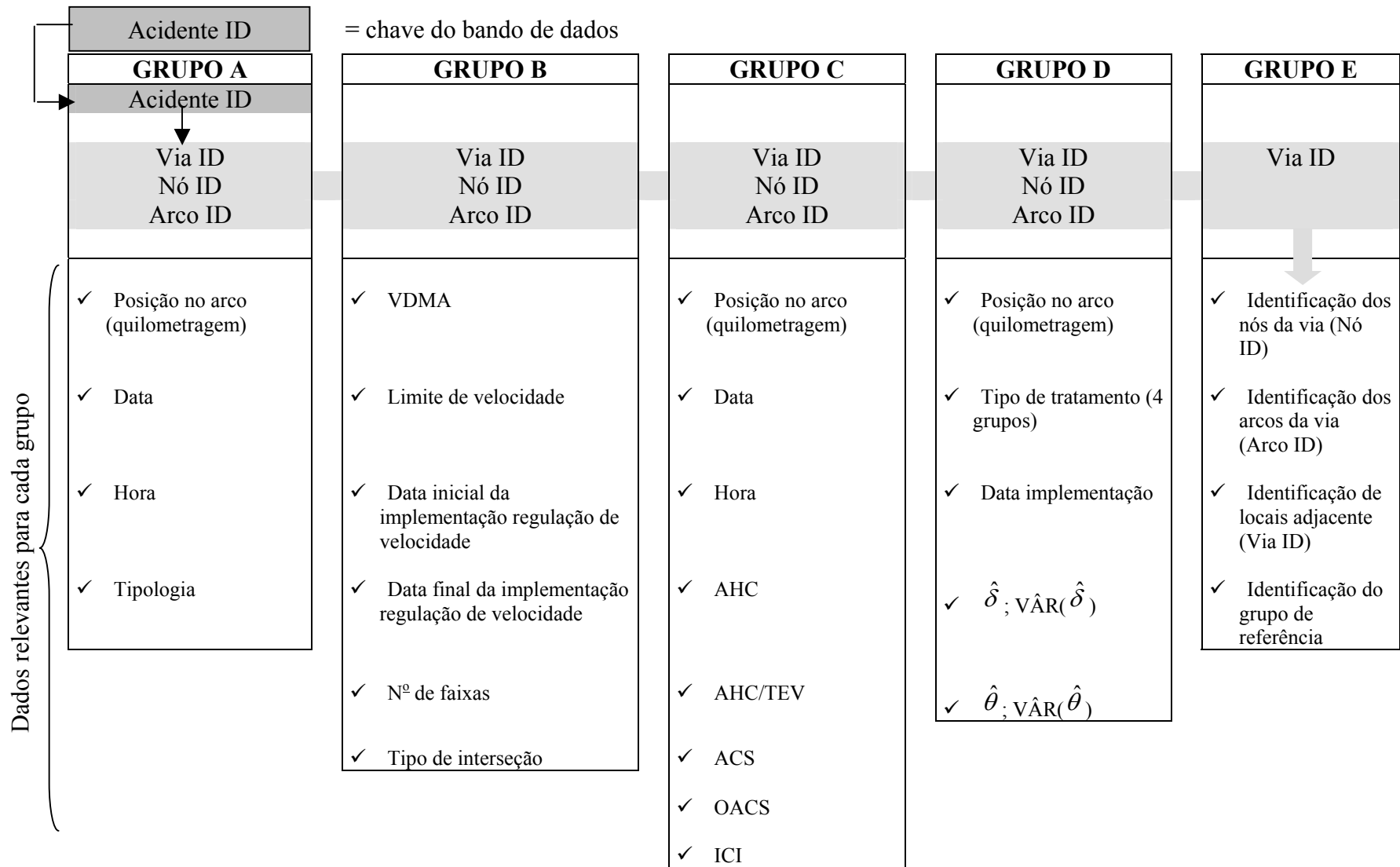


Figura 7.5 - Estrutura proposta para armazenamento de dados.

8 CONCLUSÕES

A prática de monitorar o desempenho de medidas no tráfego não é comum no cenário nacional. A inexistência de uma sistematização do processo de monitoramento dificulta o seu emprego em programas de segurança viária.

Ainda, há deficiências nos escassos manuais nacionais. Quando feita, a avaliação do desempenho de medidas no tráfego é baseada em uma simples comparação das ocorrências de acidentes no período anterior e posterior à implementação, sendo ignorados outros fatores influentes à mesma (variação do tráfego, variação temporal, etc). Igualmente, não se encontram trabalhos na literatura nacional que tratem do fenômeno de migração de acidentes, FMA, e do fenômeno de regressão à média, FRM. Não excluir estes dois fenômenos na avaliação da medida comprovadamente distorce a análise. Erros desta natureza se estendem aos programas de segurança viária, pois medidas pouco eficientes, mal avaliadas, acabando sendo reaplicadas.

Esse trabalho apresenta uma revisão de vários fatores relevantes à boa prática de processos de monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes. Através do monitoramento periódico é possível reforçar ou substituir medidas cuja influência no comportamento dos usuários da via diminui ao passar dos anos.

Ressalta-se a necessidade de agregar, à análise do desempenho da medida, a influência de fatores denominados de fatores causais. A variação da taxa de acidente de um local pode não ser unicamente devida ao efeito do tratamento. Portanto, fatores influentes na variação da taxa de acidentes devem ser agregados à análise, sob pena de gerar erro na identificação do efeito da medida.

Igualmente, o desempenho do tratamento pode ser superestimado ou subestimado se a avaliação não excluir as distorções da análise estatística. As distorções provenientes da análise estatística dos dados podem ser influenciadas por conjunturas qualitativas e quantitativas. As distorções por conjunturas qualitativas são provenientes de alterações do comportamento do motorista. Os fenômenos de compensação do risco e o FMA se enquadram neste tipo de conjuntura. Os efeitos da sazonalidade e principalmente do FRM geram distorções por conjunturas quantitativas. A análise de históricos de acidentes deve levar em consideração fenômenos estatísticos e temporais para excluir esses tipos de distorções da avaliação.

A identificação e a exclusão do FRM na análise do desempenho de medidas de segurança é feita pelo método Empírico Bayesiano, EB. No caso de estudos de segurança viária, os métodos Bayesianos tornam possível analisar o comportamento atual do local tratado unindo informações de históricos de registros de acidentes deste local com informações procedentes de um grupo de referência composto por locais semelhantes a este. O objetivo do método EB é encontrar a taxa de acidentes que caracteriza a segurança de um local para uma série de acidentes de longo prazo.

O grupo de referência exerce papel fundamental para aplicação do método EB. A semelhança entre os elementos do grupo de referência e o local em estudo diminui o efeito do FRM. O tamanho do grupo de referência também é importante. Para se estimar parâmetros confiáveis, o número de locais pertencentes ao grupo de referência deve ser maior que o número de locais analisados.

O processo de monitoramento de uma medida mitigadora pode variar conforme a disponibilidade de dados. A Técnica de Análise de Conflitos de Tráfego, TCT, auxilia na dificuldade em trabalhar com dados históricos de acidentes. O emprego da técnica permite caracterizar o comportamento do motorista na ausência de dados de acidentes. Ainda, dados de volume de tráfego e informações de locais não afetados pelo tratamento são relevantes à avaliação, pois definem o processo de monitoramento a ser aplicado e a qualidade do resultado da análise.

Este trabalho propõe um processo de monitoramento de medidas mitigadoras de acidentes através de um procedimento passo a passo que contempla várias técnicas e ações. O mesmo fornece um material que auxilia no desenvolvimento de processos de monitoramento, sugerindo uma análise do efeito das medidas mitigadoras em curto e longo prazo, excluindo distorções provenientes do FMA e FRM.

A proposta está dividida em cinco etapas. A primeira etapa da proposta consiste na definição da zona de monitoramento para avaliar e mensurar o efeito do fenômeno de migração de acidentes. A zona de monitoramento permite acompanhar o efeito da medida na vizinhança do local tratado.

O efeito do FRM e FMA são tratados nas duas etapas seguintes. A identificação de grupos de referência para os locais inclusos na zona de monitoramento, feita na segunda etapa, permite aplicar o método EB para calcular a taxa de acidentes esperada para os mesmos. Na terceira etapa, o FMA é mensurado e avaliado. Com a disposição matricial das taxas de acidentes da zona de monitoramento (matriz estimada e matriz real) é possível identificar e quantificar o FMA, facilitando a identificação de locais candidatos a locais de comparação.

A quarta etapa compreende a avaliação do desempenho da medida no local tratado em curto prazo. Esta análise é feita pela TCT. A proposta sugere a utilização da TCT canadense devido ao seu destaque na avaliação da aplicabilidade das TCTs (elemento da definição, índice de avaliação, material didático, praticidade de registro na planilha de campo, informações da planilha de campo). A análise em curto prazo é realizada comparando os conflitos de tráfego registrados no local tratado no período antes e depois do tratamento, com coletas de dados de conflitos de tráfego neste período feitas no primeiro e no sexto mês após a implementação.

A análise em longo prazo é feita na quinta e última etapa utilizando o método apresentado por Hauer. Nesta etapa, o desempenho da medida é calculado avaliando variações nos acidentes alvo. O método apresentado por Hauer é indicado por incluir a influência na variação da taxa de acidente dos fatores causais na análise do desempenho da medida. Esta premissa propicia quantificar mais precisamente o efeito do tratamento.

Por último, este trabalho apresenta uma proposta de estrutura para armazenamento de dados utilizados para diagnosticar o efeito de medidas implementadas no tráfego. Esta estrutura se caracteriza pela apresentação de dados necessários para o registro do processo de monitoramento e da forma de ligação entre os mesmos. É proposto o registro de dados que contenham informações sobre os acidentes, sobre o tráfego, sobre os conflitos, sobre os tratamentos aplicados e sobre a malha viária.

Espera-se que o trabalho possa servir como apoio a mudanças futuras nos procedimentos de avaliação de medidas mitigadoras adotados no Brasil. Sua aplicação pode contribuir para aperfeiçoar ferramentas de controle de programas de segurança viária. Busca-

se, com a descrição passo a passo do procedimento sugerido, facilitar e incitar o controle de medidas implementadas no tráfego.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação prática do processo proposto e seu refinamento. Ainda, espera-se que esse trabalho possa embasar a montagem de um processo de informatização de procedimentos de avaliação de medidas mitigadoras de acidentes. Entende-se que a atratividade do emprego de processos de monitoramento pode ser melhorada com a utilização de ferramenta computacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBESS, C. R.; JARRET, D. F; WRIGHT, C. C. Accidents at blackspots: Estimating the effectiveness of remedial measures, with spacial reference to the regression to the mean effect. **Traffic Engineering and Control**, v.22, n.10, p.535-542, 1981.
- ANG, A. H-S; TANG, W.H. **Probability concepts in engineering, planning and desing**. John Wiley and Sons, 1975. New York.
- ADAMS, J. G. Objectives for road safety research. In: PTRC Summer Annual Meeting, 15th, 1987. **Proceedings of Seminar D – Traffic management and road safety**, University College London, England.
- AMUNDSE, F. H.; HYDEN, C. In: Workshop on Traffic Conflicts, 1st, **Proceedings...** Oslo, 1977, TÖI, Oslo, Norway, and LTH, Lund, Sweden.
- AUSTROADS. **Road Safety Audit**, Austroads National Office, Sidney, 1994. 100p.
- BAGINSKI, L. E. **Sistema de Cadastro e Análise de Acidentes de Trânsito**. Rio de Janeiro, 1995. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ.
- BERGER, J. O. **Statistical decision theory and Bayesian analysis**, 2.ed., New York: Springer-Verlag New York, 1985.
- BOYLE, A. J.; WRIGHT, C. C. Accident migration after remedial treatment at accident blackspots. **Traffic Engineering and Control**, v.25, n.5, p.260-267, 1984.
- BOYLE, A. J.; WRIGHT, C. C. Letter to the Editor. **Traffic Engineering and Control**, v.26, n.7/8, p.389, 1985.
- BROWN, G. R.; COOPER, P. J. Role of conflicts in traffic analysis. In: Workshop of International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety, 3rd, **Proceedings...** Cracow, Polônia, 1990, p.116-122.
- BROWN, G. R.; HO G.; ZEIN, S. R.; NEPOMUCENO, J. **Traffic conflict procedure manual**. 2.ed, British Columbia, Canadá, 1996. 58p.
- BTCE. **Evaluation of the Black Spot Program**. Bureau of Transport and Communications Economics, REPORT 90, p.251-264,1995.
- CHIN, H. C.; QUEK, S. T. Measurement of traffic conflicts. **Safety Science**, v.26, n.3, p.69-185, 1997.
- CHIN, H. C.; QUEK, S. T.; CHEU, R. L. Traffic conflicts in expressway merging. **Journal of Transportation Engineering**, v.117, n. 6 , p.633-643, 1991.
- CIMA, B. T. Evaluation of freeway-merging safety as influenced by ramp-metering control. **Transportation Research Record**, Washington, D.C., n.630, p.41-51, 1977.

- DENATRAN. **Manual de identificação, análise e tratamento de pontos negros**. Brasília, 1987. 127p. Departamento Nacional de Trânsito.
- DUTRA, M.E.; MEDEIROS, A.C. da S.; MEIRELAS, A. A. C. Técnica de identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito baseada na categoria funcional da via. In: Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, 13o, Porto Alegre. **Anais...** ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos. Anais em CR-ROM, 2001.
- DRASKOCZY, M. **Traffic conflicts as indicators of pedestrian safety in a drive project. Sweden**, University of Lund, 1992. p.42-49 (Bulletin 115 of ICTCT).
- ERKE; GSTALTER. **Hanbuch der Verkehrskonflikttechnik (VKT). Unfall-und Sicherheitsforschung Strassenverkehr, Heft 52, BASt, Bergisch-Gladbach, 1985, Germany.**
- FHWA. **Traffic Conflict Techniques for safety and Operation – Observers Manual**. Washington: Federal Highway Administration, 1989a. FHWA-IP-88-027, EUA.
- FHWA. **Traffic Conflict Techniques for safety and Operation – Engineer Guide**. Washington: Federal Highway Administration, 1989b. FHWA-IP-88-026, EUA.
- FHWA. **Highway Safety Improvement Program**. Washington: Federal Highway Administration, 1981. FHWA-TS-81-218, EUA.
- FHWA. **Study Tour for Highway Safety Management Practices in Japan, Australia, and New Zealand**. Washington: Federal Highway Administration, 1995. FHWA-PL-95-045, EUA. Disponível na [www.URL: http://www.bts.gov/NTL/DOCS/sms.html](http://www.bts.gov/NTL/DOCS/sms.html). Arquivo capturado em setembro 2002.
- FHWA. **National Review of the Highway Safety Improvement Program**. Washington: Federal Highway Administration, 2001. EUA. Disponível na [www. URL: http://safety.fhwa.dot.gov/media/hsip_final.htm](http://safety.fhwa.dot.gov/media/hsip_final.htm). Arquivo capturado em setembro 2002.
- GAARDER, P. **Theory for “strong”validation; application to Swedish results**. In: Colloque international sur l'évaluation des mesures locales de sécurité routière, Evaluation 85, Arcueil, 1985. BIEDHELER M.B., LACOMBE C., MUHLRAD, N., Tome 2, ONSER, France.
- GARBER, N. J.; HOEL, L. A. **Traffic and highway engineering**. 2a ed., PWS Publishing, 1998.1040p.
- GARDEN, P. Pedestrian safety at traffic signals: a study carried out with the help of a TCT. **Accident Analyzing and Prevention**, v.21, n.5, p.435-444, 1989.
- GLAUZ, W. D.; MIGLETZ, D. J. Application of traffic conflicts analysis at intersection. **Transportation Research Board**, Report No.NCHRP 219, 1980.
- GRAYSON, G. B.; HYDEN, C.; KRAAY, J. H.; MUHLRAD, N.; OPPE, S. **The Malmö study: a calibration of traffic conflict technique**. Leidschendam: ICTCT/SWOV, 1984, the Netherlands.

- GUEDES, E. P. **Estudo dos conflitos de tráfego: uma proposta para aplicação no Brasil**. Rio de Janeiro, 1995. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ.
- GUEDES, E.P.; BRAGA, M.G.C.; PIETRANTONIO, H. Initial experience with traffic conflict technique in Brazil. In: International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety - ICTCT. **Proceedings...**Suécia, 1997, Novembro.
- GUTTINGER, V. A. What task is a traffic conflicts technique intended for? In: Workshop on Traffic Conflicts, 1st. **Proceedings...** Oslo, 1977. TOI LTH.
- GUTTINGER, V. A. Validation of a conflict observation technique for child pedestrian in residential area. In: International Traffic Conflicts Technique Workshop, 2nd , **Proceedings...**Paris, 1979, France, p.102-106.
- HAKKERT, A. S.; BRAIMAISTER, L. **The use of exposure and risk in road safety studies**. The Netherlands: SWOV Institute for Road Safety Research, 2002. R-2002-12, 56p.
- HAUER, E. Selection for treatment as a source of bias in before-after studies. **Traffic Engineerin and Control**, v.21, n.8/9, p. 419-421, 1980.
- HAUER, E. **Observational before-after studies in road safety**. 1a ed. Nova York: Pergamon, 1997. 289p.
- HAUER, E. **Knowledge and management of safety**. Presented at: Traffic Safety Summit, October 4-7, Kananaskis, 1998. Alberta, Canadá.
- HAUER, E.; PERSAUD, B. Common Bias in Before-and-After Accident Comparisions and Its Elimination. **Transportation Research Record**, Washington, D.C., n. 905, p. 164-174, 1983.
- HAYWARD, J. C. Near-miss determination through use of scale of danger. **Hwy. Res. Record**, n. 384, p.24-35, 1972.
- HIGLE, J. L.; WITKOWSKI, J. M. Bayesian identification of hazardous locations. **Transportation Research Record**, Washington, D.C., n.1185, p.24-36, 1988.
- HORTS, A.R.A. van der. Theoretical aspects and examples for pratical use of traffic conflicts and other international safety criteri in several industrial and developing countries. In: Workshop of ICTCT , 2nd , **Proceedings....** Munich, 1990. November.
- HUDDART, K. W. Accident migration – true or false? **Traffic Engineering and Control**, v.25, n.5, p.267, 1984.
- HYDEN, C. **The development of method for traffic safety evaluation: The Swedish traffic conflict technique**. Lund, 1987. Lund Institute of Technology, Bull. 70.
- IHT. **Highway Safety the Traffic Conflict Technique - Guidelines**. London: Institution of Highway and Transportation, 1986, 48p.

- JAVID, M.; SENEVIRATNE, P. N. Applying conflict technique to pedestrian safety evaluation. **ITE Journal**, p. 21-26, 1991.
- JOHANSSON, G.; RUMAR, K. Drive's brake reaction times. **Human Factor**, v.13, n.1, p23-27, 1971.
- KRUYSSSE, H. W.; WIJLHUIZEN, G. J. Why are experts not better in judging the danger of filmed traffic conflicts? **Accident Analyzing and Prevention**, v.24, n.3, p. 227-235, 1992.
- LEVINE, D. W.; GOLOB, T. F.; RECKER, W. W. Accident migration associated with lane-addition projects on urban freeways. **Traffic Engineering and Control**, v.29, n.12, p.624-629, 1988.
- LUPTON, K.; JARRET, D. F.; WRIGHT, C. C.; MOUNTAIN, L. J.; FAWAZ, B.A. Database for assessing the safety effects of highway improvements. **Traffic Engineering and Control**, v.37, n.5, p. 321-326, 1996.
- MAHER, M. J. Accident migration: A statistical explanation? **Traffic Engineering and Control**, v.28, n.9, p.480-483, 1987.
- MCGUIAGAN, D. R. D. Accident 'migration'- or flight of fancy? (Letter to the Editor). **Traffic Engineering and Control**, v.26, n.4, p.229-233, 1985a.
- MCGUIAGAN, D.R.D. Reply to letter by Boyle and Wright. **Traffic Engineering and Control**, v.26, n.7/8, p. 390-391, 1985b.
- MEIRELLES, A. A. C. **Contribuição aos métodos de avaliação de projetos de engenharia sob o enfoque da segurança de trânsito**. Rio de Janeiro, 1990. Dissertação de mestrado em Engenharia de Transporte. COPPE/UFRJ.
- MIGLETZ, D. J.; GLAUZ, W. D.; BAUER, K. M. **Relationships between traffic conflicts and accident**. Washington D.C.: Federal Highway Administration, 1985. Department of Transportation, FHWA Report/RD-84/042
- MT. **Procedimento para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Brasília, 2002, 74p. Ministério dos Transportes.
- MOUNTAIN, L.; FAWAZ, B.; SINENG, L. The assessment of changes in accident frequencies at treated intersections: A comparison of four methods. **Traffic Engineering and Control**, v.33, n.2, p.85-87, 1992a.
- MOUNTAIN, L.; FAWAZ, B.; SINENG, L. The assessment of changes in accident frequencies at treated intersections: A comparison of four methods. **Traffic Engineering and Control**, v.33, n.2, p.85-87, 1992b.
- MOUNTAIN, L.; FAWAZ, B. The area-wide effects of engineering measures on road accident occurrence. **Traffic Engineering and Control**, v.30, n.7/8, p.355-360, 1989.
- MOUNTAIN, L.; FAWAZ, B. The accuracy of estimates of expected accident frequencies obtained using an Empirical Bayes approach. **Traffic Engineering and Control**, v.32, n.5, p. 246-251, 1991.

- MOUNTAIN, L.; FAWAZ, B. The effects of engineering measures on safety at adjacent sites. **Traffic Engineering and Control**, v.33, n.1, p.15-22, 1992.
- MUHLRAD, N. **Les conflits de trafic ou quasi-accidents: principe et applications**. Paris, 1986. Trabalho não publicado.
- MUHLRAD, N. **Tecnique des conflits de trafic; manual de l'utilisateur**. Synthèse Inrets, 1988. Inrets, France, n.11.
- MUHLRAD, N. **Traffic conflicts technique: some data to supplement accident analysis. Introduction to road traffic safety: a multidisciplinary approach**, 1998. Inrets, France.
- MUHLRAD, N. **Traffic safety in developing countries: Intermediate variables in action planning and evaluation**. 1999. Disponível na [www.URL: http://www.ictct.org/workshops/90-Krakow/Muhhrad.pdf](http://www.ictct.org/workshops/90-Krakow/Muhhrad.pdf). Arquivo capturado em maio 2002.
- OECD. **Road Safety Principles and Models: Review of Descriptive, Predictive, Risk and Accident Consequence**. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 1997. OECD/GD(97)153. 105p.
- OECD. **Safety on Roads – What's the Vision?** Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2002. França.
- OGDEN, K.W. **Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering**. Burlington: Ashgate Publishing Company, 1996. 516p.
- OLDER, S. J.; SHIPPEY, J. In: International Traffic Conflicts Technique Workshop, 2nd, **Proceedings...**, 1979, May. TRRL Supplementary Report 557, Crowthorne, Berkshire, U.K.
- OPPE, S. Contribution to evaluation of intermediate variables: background paper. In: International Meeting on The Evaluation of Local Traffic safety Measure, **Proceedings...**, France, 1985.
- PERKINS, S. R.; HARRIS, J. I. **Traffic Conflict Characteristics: Accident Potential at intersections**. Warren: General Motors Corporation, 1967, MI.
- PERSAUD, B. 'Migration' of accident risk after remedial blackspot treatment. **Traffic Engineering and Control**, v.28, n.1, p. 23-26, 1987.
- PERRSAUD, B.; HAUER, E. A comparison of two methods for de-biasing before-and-after accidents studies. **Transportation Research Record**, n.975, p. 43-49, 1984.
- PIETRANTONIO, H; ROZESTRATEN, R. J. A. Psicologia e engenharia no trânsito – uma agenda para ação conjunta em pesquisa aplicada. In: Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, IV, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 1992, v.2, p.171-184.

- PIETRANTONIO, H. **Manual de procedimentos para a análise de conflitos de tráfego em interseções**. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1991.
- PIETRANTONIO, H. A técnica sueca de análise de conflitos de tráfego e sua aplicação a problemas de segurança de pedestres. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, XII, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANPET, 1998, v.1, p.152-163.
- PUGH, D. E.; HALPIN, T. J. **Traffic conflicts in Washington State**. Washington: Washington State Department of Highways, 1974, March.
- RISER, R.; ZUZAN, W. D., TAMME, W.; STEINBAUER, J., KABA, A. Handbuch zur Erhebung von Verkehrskonflikten mit Anleitungen zur Beobachterschulung. 1991. Band 28, **ICTCT/KFV**, Literas Universitätsverlag, Vienna, Austria.
- RISSER, R. Behavior in traffic conflicts situations. **Accident Analyzing and Prevention**, v.17, p.179-197, 1985.
- RISSER, R. SCHÜTZENHÖFER, A. Application of traffic conflict technique in Austria. In: International calibration Study of Traffic Conflict Technique. 1984. **NATO ASI Series**, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- SAYED, T. Notas de aula disciplina CIVL 582: **Transportation Engineering Impacts**. University of British Columbia, 1996, BC, Canada.
- SAYED, T.; NAVIN, F.; ABDELWAHAD, W. A countermeasures-based approach for identifying and treating accident prone locations. **Can. J. Civ. Eng.**, n.24, p.683-691, 1997.
- SAYED, T.; ABDELWAHAD, W. Using accident correctability to identify accident-prone locations. **Journal of Transportation Engineering**. March/april, p.107-113. 1997.
- SIMÕES, F. A. **SEGTRANS - Sistema de Gestão da Segurança no Trânsito**. Tese de Doutorado, São Carlos, 2001. Tese de Doutorado na área de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- SIMÕES, F. A.; DOMINGUES, J. R. M.; FERRAZ, A. C. P. Técnica de conflitos de tráfego SANCA2000, CIT2000. In: Congresso de Ingeniería Del Transporte, IV, Valencia. **Anais...** Valencia, 2000. Anais em CD-ROM. 2000.
- SMITH, R. G., LOVEGROVE, A. Danger compensation effects of stop signs at intersection. **Accident Analysis and Prevention**, v.15, n.2, p.95-104, 1983.
- STEIN, H. S. Letter to the Editor. **Traffic Engineering and Control**, v.25, n.12., p.618, 1984.
- SUMMALA, H. Risk control is not risk adjustment: the zero-risk theory of driver behaviour and its implications. **Ergonomics**, v.31, n.4, p.491-506, 1988.
- TRL 2002. **Review of Road Safety Management Practice – Final Report**, TRL Limited with Ross Silcock, Babbie Group Ltd. Transportation Research Laboratory, TRL.

WARD, H.; ALLSOP, R. Area-wide approach to urban road safety: Evaluation of schemes by monitoring of traffic and accidents. **Traffic Engineering and Control**, v.23, n.9, p.424-428, 1982.

WILLIAMS, M. J. Validity of traffic conflicts technique. **Accident Analyzing and Prevention**, v.13, p.133-145, 1981.

WRIGHT, C. C.; BOYLE, A. J. Road accident causation and engineering treatment: A review of some current issues. **Traffic Engineering and Control**, v.28, n.9, p.475-479. 1987.

WRIGHT, C. C.; ABBESS, C. R.; JARRETT, D. F. Estimating the regression-to-mean effect associated with road accident black spot treatment: Towards a more realistic approach. **Accident Analysis and Prevention**, v.20, n.3, p.199-214, 1988.

ANEXO A – TIPOS DE CONFLITOS DE TRÁFEGO E PLANILHA DE REGISTRO DE DADOS PARA A TCT CANADENSE

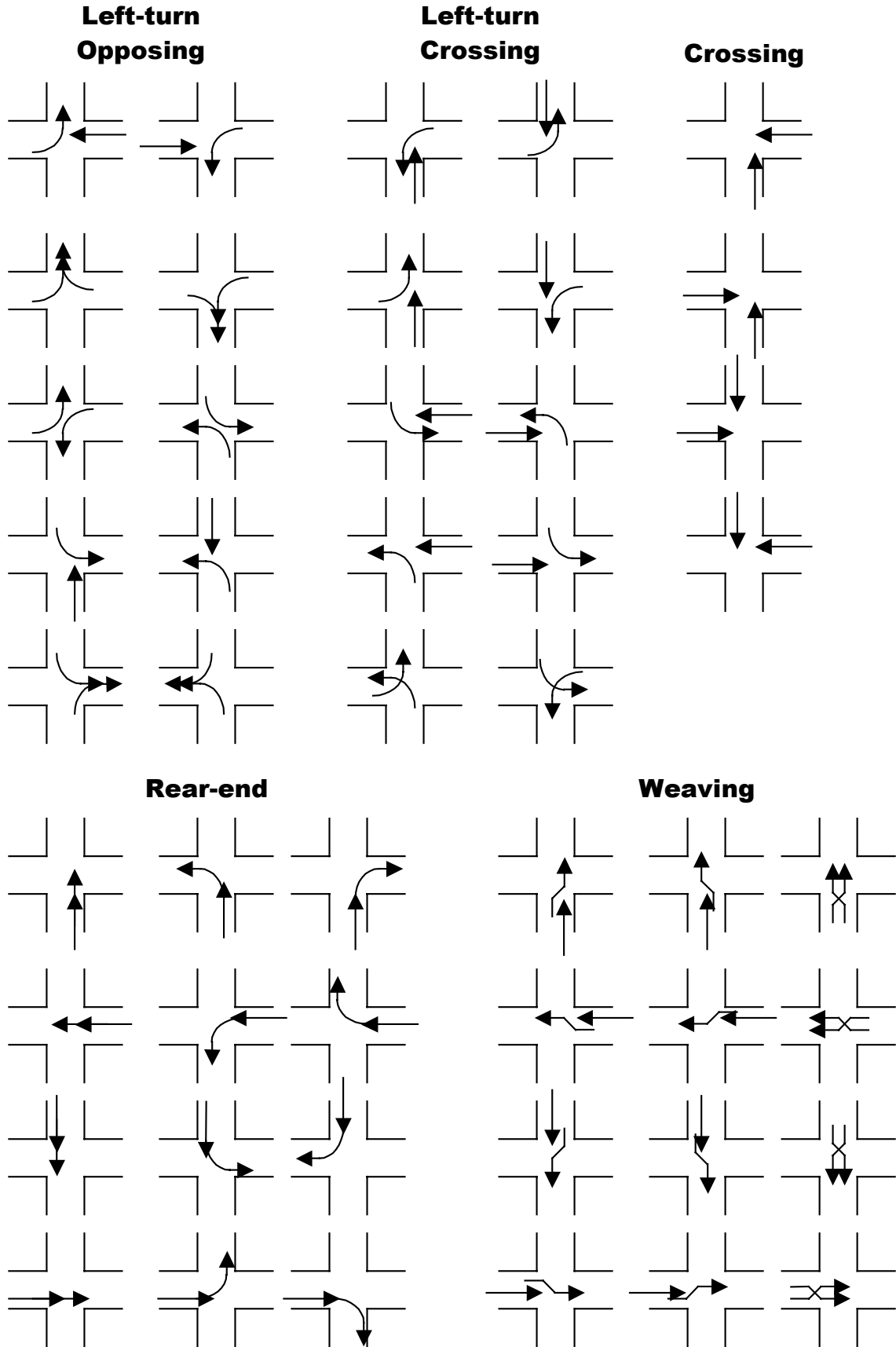


Figura A.1 – Tipos de conflitos de tráfego da TCT canadense (Brown et al, 1996).

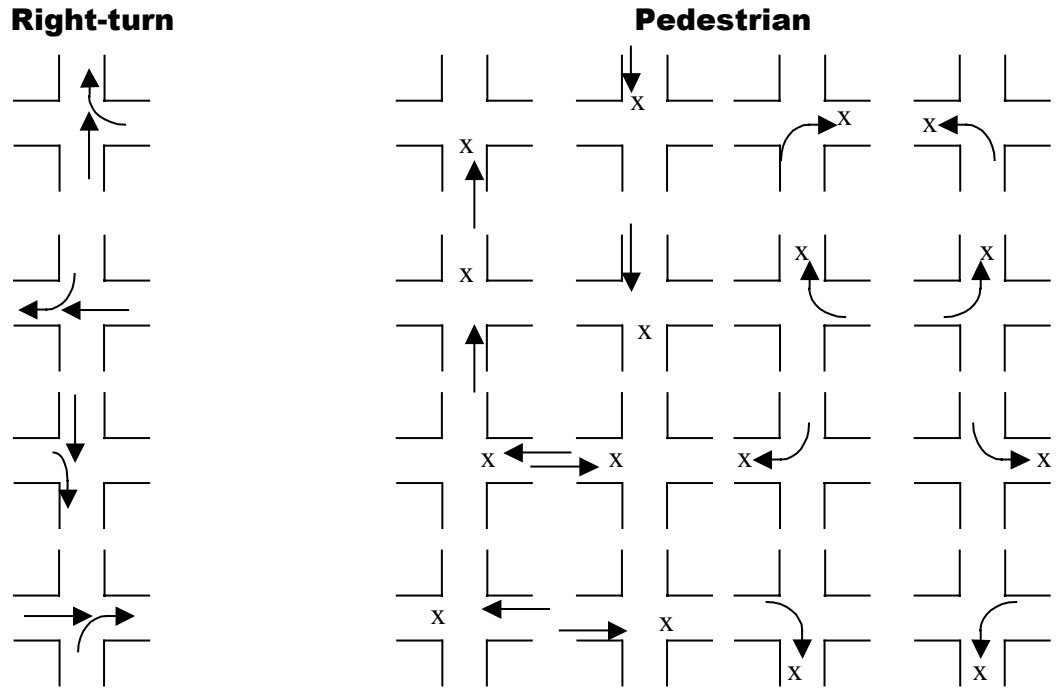


Figura A.1 – Tipos de conflitos de tráfego da TCT canadense (Brown et al, 1996).

Intersection of _____ and _____

Municipality _____ File no. _____ Date _____

Weather sunny cloudy wet snow ice Day S M T W T F S

Indicate North

Observer _____ Conflict # _____ of _____

1. For Signalized intersections only
Left-turn Conflict Occurred during:
Protected Phase For
Permissive Phase Left-turn
Amber or All-red Phase movements
Red Phase (Illegal left) only

2. Primary (type 1)
Secondary (type 2)

Street name _____

Legend
 Car/Light truck/ Van/Mini-van
 Heavy truck or Bus
 Motorcycle
 Pedestrian or Cyclist

Time of Incident _____

Comments: _____

Evasive Action Type

	low	med.	high
Braking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Swerving	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Accelerating	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TTC scores

	2-16 s.	15-10 s.	0.9-0 s.
low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
med.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
high	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ROC scores

	low	med.	high
low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
med.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
high	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Combined: TTC + ROC =

Summary:

Type	TTC	ROC
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TTC + ROC =

Traffic Conflict Survey Form

Figura A.2 – Planilha de coleta de dados da TC T canadense (Brown et al, 1996).

ANEXO B – CÁLCULO DA SÉRIE ARTIFICIAL E REGISTROS DE ACIDENTES

Tabela B.1. Cálculo da série artificial da média móvel

Coluna	Denominação	Descrição
1	Série temporal com 4 componentes	
2	Média Móvel	média móvel de 12 meses
3	Média Móvel Corrigida	média elementos da coluna (2), Xi e Xi+1
4	Estacionalidade e Aleatoriedade	coluna (1) dividido por coluna (3) (porcentagem)
5	Estacionalidade	média das ocorrência de cada mês para toda série
6	Estacionalidade Corrigida	média das ocorrência de cada mês para toda série corrigida
7	Série temporal desazonalizada	coluna (1) dividido por coluna (6) (porcentagem)

#	Mês	T.E.C.A (1)	MM (2)	MMC = T.C (3)	E.A (4)	E (5)	E (6)	T.C.A (7)
1	jan	7				77,74	82,87	8,45
2	fev	0				41,19	43,91	0,00
3	mar	8				126,94	135,32	5,91
4	abr	7				94,32	100,55	6,96
5	mai	10				102,37	109,13	9,16
6	jun	10				93,47	99,64	10,04
7	jul	7	6,67			100,73	107,38	6,52
8	ago	7	6,33	6,50	107,69	92,42	98,52	7,11
9	set	5	6,50	6,42	77,92	106,22	113,24	4,42
10	out	6	6,42	6,46	92,90	112,38	119,80	5,01
11	nov	9	6,42	6,42	140,26	79,48	84,73	10,62
12	dez	4	6,75	6,58	60,76	98,41	104,91	3,81
13	jan	3	6,67	6,71	44,72	1125,68	1200,00	3,62
14	fev	2	6,92	6,79	29,45			4,55
15	mar	7	7,00	6,96	100,60			5,17
16	abr	7	7,83	7,42	94,38			6,96
17	mai	14	7,92	7,88	177,78			12,83
18	jun	9	7,75	7,83	114,89			9,03
19	jul	10	8,17	7,96	125,65			9,31
20	ago	8	8,33	8,25	96,97			8,12
21	set	15	8,67	8,50	176,47			13,25
22	out	7	9,50	9,08	77,06			5,84
23	nov	7	9,50	9,50	73,68			8,26

24	dez	9	8,83	9,17	98,18	8,58
25	jan	5	9,33	9,08	55,05	6,03
26	fev	6	9,83	9,58	62,61	13,66
27	mar	17	9,75	9,79	173,62	12,56
28	abr	7	9,42	9,58	73,04	6,96
29	mai	6	9,50	9,46	63,44	5,50
30	jun	15	9,17	9,33	160,71	15,05
31	jul	16	8,92	9,04	176,96	14,90
32	ago	7	9,08	9,00	77,78	7,11
33	set	11	8,58	8,83	124,53	9,71
34	out	8	8,42	8,50	94,12	6,68
35	nov	3	8,75	8,58	34,95	3,54
36	dez	6	8,92	8,83	67,92	5,72
37	jan	7	8,58	8,75	80,00	8,45
38	fev	0	7,75	8,17	0,00	0,00
39	mar	15	7,92	7,83	191,49	11,08
40	abr	11	7,58	7,75	141,94	10,94
41	mai	8	8,17	7,88	101,59	7,33
42	jun	11	8,58	8,38	131,34	11,04
43	jul	6	9,08	8,83	67,92	5,59
44	ago	9	9,00	9,04	99,54	9,14
45	set	7	9,33	9,17	76,36	6,18
46	out	15	8,67	9,00	166,67	12,52
47	nov	8	8,75	8,71	91,87	9,44
48	dez	12	8,83	8,79	136,49	11,44
49	jan	6	8,92	8,88	67,61	7,24
50	fev	4	9,17	9,04	44,24	9,11
51	mar	7	9,33	9,25	75,68	5,17
52	abr	12	9,25	9,29	129,15	11,93
53	mai	9	8,75	9,00	100,00	8,25
54	jun	12	8,67	8,71	137,80	12,04
55	jul	9	8,50	8,58	104,85	8,38
56	ago	11	8,50	8,50	129,41	11,17
57	set	6	8,50	8,50	70,59	5,30
58	out	9	8,67	8,58	104,85	7,51
59	nov	7	8,08	8,38	83,58	8,26
60	dez	10	8,42	8,25	121,21	9,53
61	jan	6	7,75	8,08	74,23	7,24
62	fev	4	7,92	7,83	51,06	9,11
63	mar	9	7,58	7,75	116,13	6,65
64	abr	5	8,00	7,79	64,17	4,97

65	mai	13	8,58	8,29	156,78	11,91
66	jun	4	8,83	8,71	45,93	4,01
67	jul	11	8,92	8,88	123,94	10,24
68	ago	7	8,83	8,88	78,87	7,11
69	set	11	8,58	8,71	126,32	9,71
70	out	16	8,92	8,75	182,86	13,36
71	nov	10	9,08	9,00	111,11	11,80
72	dez	11	8,50	8,79	125,12	10,49
73	jan	5	8,75	8,63	57,97	6,03
74	fev	1	8,83	8,79	11,37	2,28
75	mar	13	9,42	9,13	142,47	9,61
76	abr	7	9,75	9,58	73,04	6,96
77	mai	6	9,00	9,38	64,00	5,50
78	jun	7	8,75	8,88	78,87	7,03
79	jul	12	9,00	8,88	135,21	11,17
80	ago	14	9,58	9,29	150,67	14,21
81	set	15	9,83	9,71	154,51	13,25
82	out	7	9,58	9,71	72,10	5,84
83	nov	7	9,92	9,75	71,79	8,26
84	dez	14	10,00	9,96	140,59	13,34
85	jan	12	10,08	10,04	119,50	14,48
86	fev	4	10,17	10,13	39,51	9,11
87	mar	10	9,50	9,83	101,69	7,39
88	abr	11	9,08	9,29	118,39	10,94
89	mai	7	9,50	9,29	75,34	6,41
90	jun	8	9,58	9,54	83,84	8,03
91	jul	13	8,75	9,17	141,82	12,11
92	ago	6	8,42	8,58	69,90	6,09
93	set	10	8,58	8,50	117,65	8,83
94	out	12	8,92	8,75	137,14	10,02
95	nov	8	8,92	8,92	89,72	9,44
96	dez	4	9,25	9,08	44,04	3,81
97	jan	8	9,08	9,17	87,27	9,65
98	fev	6	8,92	9,00	66,67	13,66
99	mar	14	9,42	9,17	152,73	10,35
100	abr	11	9,33	9,38	117,33	10,94
101	mai	11	8,67	9,00	122,22	10,08
102	jun	6	8,42	8,54	70,24	6,02
103	jul	11	9,50	8,96	122,79	10,24
104	ago	12	9,50	9,50	126,32	12,18
105	set	9	9,33	9,42	95,58	7,95

106	out	4	9,00	9,17	43,64	3,34
107	nov	5	8,92	8,96	55,81	5,90
108	dez	17	8,67	8,79	193,36	16,20
109	jan	8	8,75	8,71	91,87	9,65
110	fev	4	8,33	8,54	46,83	9,11
111	mar	10	8,17	8,25	121,21	7,39
112	abr	10	8,08	8,13	123,08	9,95
113	mai	8	8,08	8,08	98,97	7,33
114	jun	7	8,25	8,17	85,71	7,03
115	jul	6	7,42	7,83	76,60	5,59
116	ago	10	7,25	7,33	136,36	10,15
117	set	8	7,08	7,17	111,63	7,06
118	out	4	6,50	6,79	58,90	3,34
119	nov	7	6,17	6,33	110,53	8,26
120	dez	7	6,08	6,13	114,29	6,67
121	jan	6	5,58	5,83	102,86	7,24
122	fev	2	5,58	5,58	35,82	4,55
123	mar	3	5,17	5,38	55,81	2,22
124	abr	6	5,75	5,46	109,92	5,97
125	mai	7	6,75	6,25	112,00	6,41
126	jun	1	6,75	6,75	14,81	1,00
127	jul	6	6,50	6,63	90,57	5,59
128	ago	5	6,33	6,42	77,92	5,08
129	set	15	6,50	6,42	233,77	13,25
130	out	16	7,42	6,96	229,94	13,36
131	nov	7	7,25	7,33	95,45	8,26
132	dez	4	7,50	7,38	54,24	3,81
133	jan	4	8,25	7,88	50,79	4,83
134	fev	4	8,25	8,25	48,48	9,11
135	mar	14	8,33	8,29	168,84	10,35
136	abr	4	7,58	7,96	50,26	3,98
137	mai	10	6,83	7,21	138,73	9,16
138	jun	10	6,92	6,88	145,45	10,04
139	jul	6	7,33	7,13	84,21	5,59
140	ago	6	7,50	7,42	80,90	6,09
141	set	6	7,42	7,46	80,45	5,30
142	out	7	6,83	7,13	98,25	5,84
143	nov	8	7,17	7,00	114,29	9,44
144	dez	9	6,92	7,04	127,81	8,58
145	jan	6	6,75	6,83	87,80	7,24
146	fev	3	6,50	6,63	45,28	6,83

147	mar	7	6,25	6,38	109,80	5,17
148	abr	8	5,92	6,08	131,51	7,96
149	mai	7	5,75	5,83	120,00	6,41
150	jun	8	5,25	5,50	145,45	8,03
151	jul	3	4,92	5,08	59,02	2,79
152	ago	3	4,83	4,88	61,54	3,05
153	set	2	4,83	4,83	41,38	1,77
154	out	5	4,92	4,88	102,56	4,17
155	nov	2	5,17	5,04	39,67	2,36
156	dez	5	5,50	5,33	93,75	4,77
157	jan	5	5,50	5,50	90,91	6,03
158	fev	3	5,58	5,54	54,14	6,83
159	mar	8	5,83	5,71	140,15	5,91
160	abr	11				7,91
161	mai	11				
162	jun	8				
163	jul	4				
164	ago	6				

Tabela B.2 - Número de acidentes dos elementos do Cenário 1

	ano com contagem	INTERSEÇÃO	volume	1998	1999	2000	total acidentes	s	n	s/n
				acidentes/ano	acidentes/ano	acidentes/ano				
1	2000	ANITA GARIBALDI X FRANCISCO PETUCO	15392	8	10	3	21	21	3	7,0
2	1998	ANITA GARIBALDI X MARILAND	17033	2	2	2	6	6	3	2,0
3	1998	ANITA GARIBALDI X SILVA JARDIM	15807	3	4	3	10	10	3	3,3
4	2000	ANTONIO CARVALHO X FRANCISCO VALDOMIRO LORENZ	27286	0	1	0	1	1	3	0,3
5	2000	ANTONIO JOAQUIM MESQUITA X UMBU	11123	5	0	3	8	8	3	2,7
6	2000	ASSIS BRASIL X ALBERTO SILVA	48597	2	5	6	13	13	3	4,3
7	1998	ASSIS BRASIL X ALCIDES MAIA	44351	3	7	5	15	15	3	5,0
8	2000	ASSIS BRASIL X ANTONIO JOAQUIM MESQUITA	48542	9	11	2	22	22	3	7,3
9	1998	ASSIS BRASIL X BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA	58504	13	50	12	75	75	3	25,0
10	2000	ASSIS BRASIL X BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA	51184	0	5	11	16	16	3	5,3
11	2000	ASSIS BRASIL X BERNARDINO SILVEIRA DE AMORIM	54153	12	22	29	63	63	3	21,0
12	2000	ASSIS BRASIL X BOGOTA	50395	4	2	5	11	11	3	3,7
13	2000	ASSIS BRASIL X CARNEIRO DA FONTOURA	54135	5	3	7	15	15	3	5,0
14	2000	ASSIS BRASIL X DOMINGOS RUBBO	47830	4	10	6	20	20	3	6,7
15	2000	ASSIS BRASIL X DONA ALZIRA	41925	2	15	5	22	22	3	7,3
16	2000	ASSIS BRASIL X ELEVADA OBIRICI	54894	5	2	0	7	7	3	2,3
17	2000	ASSIS BRASIL X FORTE	50678	8	44	25	77	77	3	25,7
18	1998	ASSIS BRASIL X FRANCISCO SILVEIRA BITENCOURT	59513	2	7	4	13	13	3	4,3
19	1998	ASSIS BRASIL X JOAQUIM SILVEIRA	47495	9	19	15	43	43	3	14,3
20	2000	ASSIS BRASIL X LUZITANA	48496	1	7	8	16	16	3	5,3

21	2000	ASSIS BRASIL X MARECHAL JOSE INACIO DA SILVA	43993	1	4	3	8	8	3	2,7
22	1998	ASSIS BRASIL X OLIVEIRA LOPES	42932	0	1	1	2	2	3	0,7
23	1998	ASSIS BRASIL X SERTORIO	72705	26	51	0	77	77	3	25,7
24	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X ALBERTO RANGEL	19713	1	2	0	3	3	3	1,0
25	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X CRUZ JOBIM	30020	5	9	4	18	18	3	6,0
26	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X DARIO BORBA BROSSARD	25883	2	3	0	5	5	3	1,7
27	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X DELMAR ROCHA BARBOSA	25108	0	4	1	5	5	3	1,7
28	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X DONA ALZIRA	31621	1	8	7	16	16	3	5,3
29	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X ITIBERE DE MOURA	29415	2	1	2	5	5	3	1,7
30	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X JOAO FERREIRA JARDIM	26207	2	5	2	9	9	3	3,0
31	1998	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X JOAQUIM SILVEIRA	41940	4	7	4	15	15	3	5,0
32	1998	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X MANOEL ELIAS	47170	12	29	7	48	48	3	16,0
33	2000	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X TEN ARY TARRAGO	23732	3	2	7	12	12	3	4,0
34	2000	BENJAMIN CONSTANT X BERLIM	32026	3	6	1	10	10	3	3,3
35	1998	BENJAMIN CONSTANT X BRASIL	44102	3	8	6	17	17	3	5,7
36	1998	BENJAMIN CONSTANT X DOM PEDRO II	44555	19	30	13	62	62	3	20,7
37	2000	BENJAMIN CONSTANT X ERNESTO FONTOURA	31713	3	2	4	9	9	3	3,0
38	1998	BENJAMIN CONSTANT X PEREIRA FRANCO	72517	4	15	11	30	30	3	10,0
39	2000	BENJAMIN CONSTANT X SAO PEDRO	35253	7	9	7	23	23	3	7,7
40	2000	BENTO GONCALVES X ANTONIO CARVALHO	36611	7	18	23	48	48	3	16,0
41	1998	BENTO GONCALVES X BARAO DO AMAZONAS	41431	5	15	14	34	34	3	11,3
42	2000	BENTO GONCALVES X CAMPUS DA UFGRS	34292	0	0	0	0	0	3	0,0
43	2000	BENTO GONCALVES X CEL APARICIO BORGES	50683	26	26	21	73	73	3	24,3
44	2000	BENTO GONCALVES X DOLORES DURAN	29914	2	2	4	8	8	3	2,7
45	2000	BENTO GONCALVES X ELIAS CIRNE LIMA	27890	1	1	2	4	4	3	1,3
46	2000	BENTO GONCALVES X FREI GERMANO	35298	0	2	1	3	3	3	1,0
47	1998	BENTO GONCALVES X GUILHERME SCHELL	41015	9	13	7	29	29	3	9,7
48	2000	BENTO GONCALVES X JOAO DE OLIVEIRA REMIAO	41376	6	12	18	36	36	3	12,0
49	2000	BENTO GONCALVES X OSWALDO PEREIRA DE FREITAS	18082	0	1	2	3	3	3	1,0
50	2000	BENTO GONCALVES X OUTEIRO	34621	0	0	1	1	1	3	0,3
51	1998	BENTO GONCALVES X PAULINO AZURENHA	45932	2	4	3	9	9	3	3,0

52	2000	BENTO GONCALVES X PROF CRISTIANO FISCHER	36863	2	1	2	5	5	3	1,7
53	2000	BENTO GONCALVES X RAFAEL CLARK	26831	0	4	0	4	4	3	1,3
54	2000	BENTO GONCALVES X TEN ALPOIM	33691	8	11	9	28	28	3	9,3
55	1998	BENTO GONCALVES X VICENTE DA FONTOURA	43043	6	9	7	22	22	3	7,3
56	2000	BERNARDINO SILVEIRA DE AMORIM X ALBERTO RANGEL	3497	0	0	0	0	0	3	0,0
57	2000	BERNARDINO SILVEIRA DE AMORIM X JOAO FERREIRA JARD	6730	6	4	8	18	18	3	6,0
58	1998	BORGES DE MEDEIROS X CEL FERNANDO MACHADO	31280	6	5	4	15	15	3	5,0
59	2000	CAMAQUA X DR BARCELOS	5468	8	4	1	13	13	3	4,3
60	1998	CARLOS GOMES X ANITA GARIBALDI	55224	13	17	9	39	39	3	13,0
61	2000	CARLOS GOMES X DR NILO PECANHA	57681	35	39	16	90	90	3	30,0
62	1998	CARLOS GOMES X FURRIEL LUIZ ANTONIO DE VARGAS	57650	10	7	8	25	25	3	8,3
63	1998	CARLOS GOMES X PLINIO BRASIL MILANO	87552	12	35	27	74	74	3	24,7
64	1998	CASEMIRO DE ABREU X CEL LUCAS DE OLIVEIRA	31107	7	12	16	35	35	3	11,7
65	1998	CASEMIRO DE ABREU X QUINTINO BOCAIUVA	25806	5	4	3	12	12	3	4,0
66	1998	CASTRO ALVES X QUINTINO BOCAIUVA	16076	1	3	2	6	6	3	2,0
67	1998	CAVALHADA X FLORINHA	37216	1	4	5	10	10	3	3,3
68	1998	CAVALHADA X OTTO NIEMEYER	45379	27	27	32	86	86	3	28,7
69	2000	CAVALHADA X PADRE JOAO BATISTA REUS	37156	2	1	2	5	5	3	1,7
70	1998	CAVALHADA X SANTA FLORA	41997	2	7	2	11	11	3	3,7
71	1998	CEL APARICIO BORGES X PEDRO BOTICARIO	30567	1	6	7	14	14	3	4,7
72	1998	CEL BORDINI X DONA LAURA	17166	0	3	2	5	5	3	1,7
73	2000	CHUI X IBICUI	26753	0	3	3	6	6	3	2,0
74	2000	CRISTOVAO COLOMBO X BENJAMIN CONSTANT	44555	9	18	13	40	40	3	13,3
75	2000	DOMINGOS RUBBO X BERNARDI	15143	0	4	16	20	20	3	6,7
76	1998	DR NILO PECANHA X TOMAZ GONZAGA	39068	2	7	5	14	14	3	4,7
77	1998	ERICO VERISSIMO X JOSE DE ALENCAR	51979	10	19	10	39	39	3	13,0
78	1998	ERICO VERISSIMO X VENANCIO AIRES	39783	1	2	1	4	4	3	1,3
79	1998	EUDORO BERLINK X MARILAND	20443	1	3	7	11	11	3	3,7
80	1998	EUDORO BERLINK X SILVA JARDIM	18404	1	11	7	19	19	3	6,3
81	2000	FARRAPOS X A J RENNER	42236	6	8	9	23	23	3	7,7
82	2000	FARRAPOS X CANCIO GOMES	42298	6	13	13	32	32	3	10,7

83	2000	FARRAPOS X CONDE DE PORTO ALEGRE	43115	6	7	9	22	22	3	7,3
84	2000	FARRAPOS X GARIBALDI	44544	3	14	6	23	23	3	7,7
85	1998	FARRAPOS X SANTO ANTONIO	47231	6	6	2	14	14	3	4,7
86	2000	FARRAPOS X SAO PEDRO	45415	8	12	12	32	32	3	10,7
87	2000	FARRAPOS X VISCONDE DO RIO BRANCO	36785	2	0	1	3	3	3	1,0
88	2000	FARRAPOS X VOLUNTARIOS DA PATRIA	60177	4	8	2	14	14	3	4,7
89	1998	FELIPE DE OLIVEIRA X CEL LUCAS DE OLIVEIRA	18669	6	11	7	24	24	3	8,0
90	1998	FELIPE DE OLIVEIRA X DR ALCIDES CRUZ	14079	0	2	3	5	5	3	1,7
91	1998	FELIPE DE OLIVEIRA X VICENTE DA FONTOURA	23892	11	21	3	35	35	3	11,7
92	1998	FORTE X BRASILIA	24646	2	3	2	7	7	3	2,3
93	1998	FREDERICO MENTZ X SAO JORGE	3749	1	0	0	1	1	3	0,3
94	2000	GARIBALDI X VESPASIANO JULIO VEPPPO	33028	0	5	7	12	12	3	4,0
95	1998	GEN BENTO MARTINS X CEL FERNANDO MACHADO	9235	0	0	1	1	1	3	0,3
96	1998	GEN BENTO MARTINS X DUQUE DE CAXIAS	18240	4	6	4	14	14	3	4,7
97	1998	GEN GOMES CARNEIRO X CEL NEVES	19842	2	5	4	11	11	3	3,7
98	1998	GETULIO VARGAS X BOTAFOGO	26862	6	3	5	14	14	3	4,7
99	1998	GETULIO VARGAS X JOSE DE ALENCAR	33835	10	16	5	31	31	3	10,3
100	2000	ICARAI X CEL CLAUDINO	21600	2	2	2	6	6	3	2,0
101	1998	ICARAI X DR CAMPOS VELHO	40935	13	14	5	32	32	3	10,7
102	1998	INDEPENDENCIA X DR BARROS CASSAL	32343	7	9	13	29	29	3	9,7
103	1998	INDEPENDENCIA X PROF ANNES DIAS	42548	1	2	2	5	5	3	1,7
104	1998	INDEPENDENCIA X RAMIRO BARCELOS	63970	12	11	12	35	35	3	11,7
105	1998	INDUSTRIAS X DIQUE	10160	0	0	1	1	1	3	0,3
106	1998	IPIRANGA X BORGES DE MEDEIROS	59219	38	46	21	105	105	3	35,0
107	2000	IPIRANGA X DR SALVADOR FRANCA	66345	44	73	64	181	181	3	60,3
108	1998	IPIRANGA X VICENTE DA FONTOURA	82626	21	22	16	59	59	3	19,7
109	1998	IRMAO JOSE OTAO X GARIBALDI	23520	3	3	4	10	10	3	3,3
110	1998	JOAO PESSOA X PRINCESA ISABEL	60543	29	30	27	86	86	3	28,7
111	1998	JOAO PESSOA X VENANCIO AIRES	72573	23	23	28	74	74	3	24,7
112	2000	JOAO WALLIG X SAPE	15650	6	4	7	17	17	3	5,7
113	2000	JOAO WALLIG X TEIXEIRA MENDES	16740	8	18	4	30	30	3	10,0

114	1998	JOSE DE ALENCAR X SILVEIRO	30828	2	0	3	5	5	3	1,7
115	1998	JOSE DO PATROCINIO X VENANCIO AIRES	24860	7	6	4	17	17	3	5,7
116	2000	JULIO DE CASTILHOS X CEL VICENTE	36133	10	18	19	47	47	3	15,7
117	1998	JULIO DE CASTILHOS X PRAÇA PAROB _F	36032	0	2	0	2	2	3	0,7
118	1998	LOUREIRO DA SILVA X AUGUSTO DE CARVALHO	46340	7	14	6	27	27	3	9,0
119	1998	LOUREIRO DA SILVA X GEN LIMA E SILVA	63133	16	27	25	68	68	3	22,7
120	1998	MARECHAL FLORIANO PEIXOTO X CEL FERNANDO MACHADO	12987	2	3	1	6	6	3	2,0
121	2000	MAUA X CONCEICAO	71632	12	10	14	36	36	3	12,0
122	1998	MIGUEL TOSTES X CASTRO ALVES	23920	1	3	1	5	5	3	1,7
123	1998	MOSTARDEIRO X CEL BORDINI	22964	3	4	8	15	15	3	5,0
124	1998	MOSTARDEIRO X MIGUEL TOSTES	44885	6	8	3	17	17	3	5,7
125	1998	MOSTARDEIRO X QUINTINO BOCAIUVA	30442	5	8	6	19	19	3	6,3
126	1998	NITEROI X DR CARLOS BARBOSA	20630	5	6	7	18	18	3	6,0
127	1998	OTTO NIEMEYER X CAMAQUA	18922	6	4	5	15	15	3	5,0
128	1998	OTTO NIEMEYER X SILVIO SILVEIRA SOARES	17901	2	11	3	16	16	3	5,3
129	1998	PADRE CACIQUE X DIARIO DE NOTICIAS	38929	2	1	1	4	4	3	1,3
130	1998	PADRE CACIQUE X TAQUARI	62020	6	4	2	12	12	3	4,0
131	1998	PASSO DA PATRIA X CEL LUCAS DE OLIVEIRA	20212	5	0	2	7	7	3	2,3
132	1998	PASSO DA PATRIA X VICENTE DA FONTOURA	22686	3	1	1	5	5	3	1,7
133	2000	PLINIO BRASIL MILANO X CEL FEIJO	40058	2	2	3	7	7	3	2,3
134	2000	PLINIO BRASIL MILANO X DR EDUARDO CHARTIER	38125	1	2	3	6	6	3	2,0
135	1998	PLINIO BRASIL MILANO X INDUSTRIARIOS	42850	3	0	3	6	6	3	2,0
136	1998	PLINIO BRASIL MILANO X LIBERO BADARO	30511	0	3	0	3	3	3	1,0
137	2000	PLINIO BRASIL MILANO X MARECHAL JOSE INACIO DA SIL	48341	2	7	1	10	10	3	3,3
138	1998	PROF OSCAR PEREIRA X DR MALHEIROS	28361	0	1	3	4	4	3	1,3
139	1998	PROF OSCAR PEREIRA X INTENDENTE ALFREDO AZEVEDO	20623	1	0	2	3	3	3	1,0
140	1998	PROF OSCAR PEREIRA X NITEROI	35594	7	4	10	21	21	3	7,0
141	1998	PROF OSCAR PEREIRA X OSCAR SCHNEIDER	25283	2	5	1	8	8	3	2,7
142	1998	PROF OSCAR PEREIRA X PORTO ALEGRE	29120	1	3	3	7	7	3	2,3
143	1998	PROF OSCAR PEREIRA X VICENTE DA FONTOURA	20305	7	15	3	25	25	3	8,3
144	1998	PROTASIO ALVES X ANTONIO CARVALHO	49413	22	53	33	108	108	3	36,0

145	1998	PROTASIO ALVES X CARLOS GOMES	85833	51	75	37	163	163	3	54,3
146	1998	PROTASIO ALVES X SATURNINO DE BRITO	44461	12	16	12	40	40	3	13,3
147	1998	QUINTINO BOCAIUVA X DONA LAURA	26701	0	5	0	5	5	3	1,7
148	1998	QUINTINO BOCAIUVA X DR POTY MEDEIROS	22599	2	2	0	4	4	3	1,3
149	2000	SAO PEDRO X CEARA	17356	0	3	94	97	97	3	32,3
150	1998	SAO PEDRO X PERNAMBUCO	29800	3	7	6	16	16	3	5,3
151	1998	SAO PEDRO X PRESIDENTE FRANKLIN ROOSEVELT	24262	4	5	6	15	15	3	5,0
152	1998	SEPE TIARAJU X ORFANOTROFIO	11168	1	1	2	4	4	3	1,3
153	1998	SERTORIO X ASSIS CHATEAUBRIAND	51328	1	9	7	17	17	3	5,7
154	1998	SERTORIO X BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA	37418	6	22	17	45	45	3	15,0
155	2000	SERTORIO X CEARA	53064	33	50	25	108	108	3	36,0
156	1998	SERTORIO X DONA ALZIRA	44147	7	6	7	20	20	3	6,7
157	1998	SERTORIO X GAUCHOS	75614	5	17	9	31	31	3	10,3
158	1998	SERTORIO X JOAQUIM SILVEIRA	51292	8	17	12	37	37	3	12,3
159	1998	SERTORIO X OURO PRETO	55018	5	13	7	25	25	3	8,3
160	1998	SERTORIO X PAQUETA	48450	4	8	6	18	18	3	6,0
161	2000	SERTORIO X SANTOS PEDROSO	33934	0	0	1	1	1	3	0,3
162	2000	SERTORIO X SOUZA REIS	46132	19	26	7	52	52	3	17,3
163	1998	SIQUEIRA CAMPOS X CALDAS JUNIOR	22855	4	4	2	10	10	3	3,3
164	1998	TERESOPOLIS X BELEM	39622	0	1	2	3	3	3	1,0
165	1998	TERESOPOLIS X PROF CARVALHO FREITAS	36202	5	6	6	17	17	3	5,7
166	1998	TRAMANDAI X DEA COUFAL	16687	1	1	2	4	4	3	1,3
167	1998	VASCO DA GAMA X FERNANDES VIEIRA	24069	1	10	6	17	17	3	5,7
168	1998	VASCO DA GAMA X MIGUEL TOSTES	24692	4	9	5	18	18	3	6,0
169	1998	VENANCIO AIRES X GEN LIMA E SILVA	31300	7	5	6	18	18	3	6,0
170	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X CEL BORDINI	44021	9	18	15	42	42	3	14,0
171	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X DR TIMOTEO	52457	19	15	15	49	49	3	16,3
172	2000	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X GOETHE	49469	8	17	14	39	39	3	13,0
173	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X MARILAND	33136	3	2	3	8	8	3	2,7
174	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X MIGUEL TOSTES	29083	3	4	2	9	9	3	3,0
175	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X QUINTINO BOCAIUVA	44960	12	9	6	27	27	3	9,0

176	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X SILVA JARDIM	30046	0	1	1	2	2	3	0,7
177	1998	VOLUNTARIOS DA PATRIA X ACES.CASTELO BRANCO	22928	7	2	1	10	10	3	3,3
178	1998	VOLUNTARIOS DA PATRIA X BRASIL	14987	0	5	1	6	6	3	2,0
179	1998	VOLUNTARIOS DA PATRIA X CAIRU	19740	3	8	6	17	17	3	5,7
180	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X CEL VICENTE	12676	9	8	8	25	25	3	8,3
181	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X DR FLORES	4405	0	0	2	2	2	3	0,7
182	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X ERNESTO ALVES	18460	3	2	1	6	6	3	2,0
183	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X GARIBALDI	25893	6	5	12	23	23	3	7,7
184	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X PINTO BANDEIRA	10454	1	1	1	3	3	3	1,0
185	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X RAMIRO BARCELOS	20408	7	11	13	31	31	3	10,3
186	2000	VOLUNTARIOS DA PATRIA X SAO PEDRO	17115	6	13	10	29	29	3	9,7
187	1998	VOLUNTARIOS DA PATRIA X SERTORIO	38394	4	8	11	23	23	3	7,7
188	2000	WENCESLAU ESCOBAR X AFONSO ALVARES	29231	0	0	1	1	1	3	0,3
189	2000	WENCESLAU ESCOBAR X DR ARMANDO BARBEDO	33433	2	6	5	13	13	3	4,3
190	2000	WENCESLAU ESCOBAR X DR CASTRO DE MENEZES	29502	3	6	4	13	13	3	4,3
191	2000	WENCESLAU ESCOBAR X DR MARIO TOTTA	27525	9	10	6	25	25	3	8,3
192	2000	WENCESLAU ESCOBAR X LANDEL DE MOURA	25025	4	1	2	7	7	3	2,3
									média	7,81
									variância	81,84

Tabela B.3 - Número de acidentes dos elementos do Cenário 2

				1998	1999	2000		s	n	's/n
	ano com contagem	INTERSEÇÃO	volume	acidentes/ano	acidentes/ano	acidentes/ano	total			
1	2000	ASSIS BRASIL X ALBERTO SILVA	48597	2	5	6	13	13	3	4,3
2	2000	ASSIS BRASIL X ANTONIO JOAQUIM MESQUITA	48542	9	11	2	22	22	3	7,3
3	1998	ASSIS BRASIL X BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA	58504	13	50	12	75	75	3	25,0
4	2000	ASSIS BRASIL X BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA	51184	0	5	11	16	16	3	5,3
5	2000	ASSIS BRASIL X BERNARDINO SILVEIRA DE AMORIM	54153	12	22	29	63	63	3	21,0
6	2000	ASSIS BRASIL X BOGOTA	50395	4	2	5	11	11	3	3,7
7	2000	ASSIS BRASIL X CARNEIRO DA FONTOURA	54135	5	3	7	15	15	3	5,0
8	2000	ASSIS BRASIL X DOMINGOS RUBBO	47830	4	10	6	20	20	3	6,7
9	2000	ASSIS BRASIL X ELEVADA OBIRICI	54894	5	2	0	7	7	3	2,3
10	2000	ASSIS BRASIL X FORTE	50678	8	44	25	77	77	3	25,7
11	1998	ASSIS BRASIL X FRANCISCO SILVEIRA BITENCOURT	59513	2	7	4	13	13	3	4,3
12	1998	ASSIS BRASIL X JOAQUIM SILVEIRA	47495	9	19	15	43	43	3	14,3
13	2000	ASSIS BRASIL X LUZITANA	48496	1	7	8	16	16	3	5,3
14	1998	ASSIS BRASIL X SERTORIO	72705	26	51	0	77	77	3	25,7
15	1998	BALTAZAR DE OLIVEIRA GARCIA X MANOEL ELIAS	47170	12	29	7	48	48	3	16,0
16	1998	BENJAMIN CONSTANT X PEREIRA FRANCO	72517	4	15	11	30	30	3	10,0
17	2000	BENTO GONCALVES X CEL APARICIO BORGES	50683	26	26	21	73	73	3	24,3
18	1998	BENTO GONCALVES X PAULINO AZURENHA	45932	2	4	3	9	9	3	3,0
19	1998	CARLOS GOMES X ANITA GARIBALDI	55224	13	17	9	39	39	3	13,0
20	2000	CARLOS GOMES X DR NILO PECANHA	57681	35	39	16	90	90	3	30,0

21	1998	CARLOS GOMES X FURRIEL LUIZ ANTONIO DE VARGAS	57650	10	7	8	25	25	3	8,3
22	1998	CARLOS GOMES X PLINIO BRASIL MILANO	87552	12	35	27	74	74	3	24,7
23	1998	CAVALHADA X OTTO NIEMEYER	45379	27	27	32	86	86	3	28,7
24	1998	ERICO VERISSIMO X JOSE DE ALENCAR	51979	10	19	10	39	39	3	13,0
25	1998	FARRAPOS X SANTO ANTONIO	47231	6	6	2	14	14	3	4,7
26	2000	FARRAPOS X SAO PEDRO	45415	8	12	12	32	32	3	10,7
27	2000	FARRAPOS X VOLUNTARIOS DA PATRIA	60177	4	8	2	14	14	3	4,7
28	1998	INDEPENDENCIA X RAMIRO BARCELOS	63970	12	11	12	35	35	3	11,7
29	1998	IPIRANGA X BORGES DE MEDEIROS	59219	38	46	21	105	105	3	35,0
30	2000	IPIRANGA X DR SALVADOR FRANCA	66345	44	73	64	181	181	3	60,3
31	1998	IPIRANGA X VICENTE DA FONTOURA	82626	21	22	16	59	59	3	19,7
32	1998	JOAO PESSOA X PRINCESA ISABEL	60543	29	30	27	86	86	3	28,7
33	1998	JOAO PESSOA X VENANCIO AIRES	72573	23	23	28	74	74	3	24,7
34	1998	LOUREIRO DA SILVA X AUGUSTO DE CARVALHO	46340	7	14	6	27	27	3	9,0
35	1998	LOUREIRO DA SILVA X GEN LIMA E SILVA	63133	16	27	25	68	68	3	22,7
36	1998	PADRE CACIQUE X TAQUARI	62020	6	4	2	12	12	3	4,0
37	2000	PLINIO BRASIL MILANO X MARECHAL JOSE INACIO DA SIL	48341	2	7	1	10	10	3	3,3
38	1998	PROTASIO ALVES X ANTONIO CARVALHO	49413	22	53	33	108	108	3	36,0
39	1998	PROTASIO ALVES X CARLOS GOMES	85833	51	75	37	163	163	3	54,3
40	1998	SERTORIO X ASSIS CHATEAUBRIAND	51328	1	9	7	17	17	3	5,7
41	2000	SERTORIO X CEARA	53064	33	50	25	108	108	3	36,0
42	1998	SERTORIO X GAUCHOS	75614	5	17	9	31	31	3	10,3
43	1998	SERTORIO X JOAQUIM SILVEIRA	51292	8	17	12	37	37	3	12,3
44	1998	SERTORIO X OURO PRETO	55018	5	13	7	25	25	3	8,3
45	1998	SERTORIO X PAQUETA	48450	4	8	6	18	18	3	6,0
46	2000	SERTORIO X SOUZA REIS	46132	19	26	7	52	52	3	17,3
47	1998	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X DR TIMOTEO	52457	19	15	15	49	49	3	16,3
48	2000	VINTE QUATRO DE OUTUBRO X GOETHE	49469	8	17	14	39	39	3	13,0
									média	16,28
									variância	171,60

ANEXO C – FÓRMULAS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO APRESENTADO POR HAUER

C.1 FORMULAÇÃO PARA O PASSO 1 E PASSO 2 NA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA MEDIDA COM A UTILIZAÇÃO DE LOCAIS DE COMPARAÇÃO.

Considerando um tratamento implementado em locais distintos, denominando cada um destes locais por um número (1, 2,...,j ,...n). Com a utilização de locais de comparação distintos para local 'j' teremos um valor $r_c(j)$. O valor de cada $r_c(j)$ e $\hat{\kappa}(j)$ serão usados no cálculo da estimativa $\hat{\pi}$. As equações para o Passo 1 e Passo 2 para avaliação do efeito da medida utilizando locais de comparação são apresentadas no Quadro C.1.

Quadro C.1 - Equações para o Passo 1 e Passo 2 do método, com a utilização de locais de comparação.

Passo	Descrição
	$\hat{\lambda}(j) = L(j)$ (51)
Passo 1	$\hat{r}_t(j) = \hat{r}_c(j) = \frac{\frac{N(j)}{M(j)}}{1 + \frac{1}{M(j)}}$ (52)
	$\hat{\pi}(j) = \hat{r}_c(j)\hat{\kappa}$ (53)
	$V\hat{A}R(\hat{\lambda}(j)) = L(j)$ (54)
Passo 2	$V\hat{A}R(\hat{r}_c(j)) \cong \frac{1}{M(j)} + \frac{1}{N(j)} + V\hat{A}R(\omega(j))$ (55)
	$V\hat{A}R(\hat{\pi}(j)) \cong \pi^2(j) \left(\frac{V\hat{A}R(\hat{\kappa}(j))}{\hat{\kappa}^2(j)} + V\hat{A}R(\hat{r}_c(j)) \right)$ (56)

C.2 FORMULAÇÃO PARA O PASSO 1 E PASSO 2 NA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA MEDIDA SEM A UTILIZAÇÃO DE LOCAIS DE COMPARAÇÃO

O valor de r_d , \hat{r}_{tr} e $\hat{\kappa}$ serão utilizados para o cálculo da estimativa $\hat{\pi}$. Sendo a análise feita do efeito do tratamento implementado em vários locais ($j=1, 2, \dots, n$), teremos $r_d(j)$, $\hat{r}_{tr}(j)$ e $\hat{\kappa}(j)$ para cada local 'j'. As equações para o Passo 1 e Passo 2 para avaliação do efeito da medida sem utilizar locais de comparação são apresentadas no Quadro C.2.

Caso não se disponha de dados volumétricos, o cálculo da estimativa $\hat{\pi}$ e de $V\hat{A}R(\hat{\pi})$ será influenciado apenas pelo parâmetro que normaliza o efeito temporal. Desta forma, teremos $\hat{\pi}(j) = r_d(j)\hat{\kappa}(j)$ e $V\hat{A}R(\hat{\pi}(j)) = r_d(j)^2 V\hat{A}R(\hat{\kappa}(j))$ para o Passo 1 e Passo 2 respectivamente, sendo mantidas as demais equações do Quadro C.2.

Quadro C.2 - Equações para o Passo 1 e Passo 2, sem a utilização de locais de comparação.

Passo	Descrição
Passo 1	$\hat{\lambda}(j) = L(j)$ (57)
	$\hat{\pi}(j) = r_d(j)\hat{r}_{tr}(j)\hat{\kappa}(j)$ (58)
Passo 2	$V\hat{A}R(\hat{\lambda}(j)) = L(j)$ (59)
	$V\hat{A}R(\hat{\pi}(j)) = r_d^2(j)\left[\hat{r}_{tr}^2(j)V\hat{A}R(\hat{\kappa}(j)) + \hat{\kappa}^2(j)V\hat{A}R(\hat{r}_{tr}(j))\right]$ (60)

C.3 FORMULAÇÃO PARA O PASSO 3 E PASSO 4 NA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA MEDIDA

A estimativa do desempenho da medida é feita no Passo 3 e Passo 4. O valor de λ , π , $VAR(\hat{\lambda})$ e $VAR(\hat{\pi})$ obtidos no Passo 1 e Passo 2 são utilizados no Passo 3 e Passo 4. Desta forma, o valor de λ , π , $VAR(\hat{\lambda})$ e $VAR(\hat{\pi})$ para as equações do Quadro C.3 são obtidos por $\lambda = \sum \lambda(j)$, $\pi = \sum \pi(j)$, $VAR(\hat{\lambda}) = \sum VAR(\hat{\lambda}(j))$ e $VAR(\hat{\pi}) = \sum VAR(\hat{\pi}(j))$. O símbolo Σ representa o somatório para todos os 'n' locais. Portanto se considera os 'n' locais tratados como uma entidade composta. O efeito do tratamento estimado pelo Passo 3 e Passo 4 é para esta entidade composta.

Quadro C.3 - Equações para o Passo 3 e Passo 4 para avaliação do efeito do medida em um único local

Passo 3	<p>Estimar δ e θ usando $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ obtidos no Passo 1 e $\text{VAR}(\hat{\pi})$ obtido no Passo 2 em:</p> $\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda}$ $\hat{\theta} \cong \frac{\begin{pmatrix} \hat{\lambda} \\ \hat{\pi} \end{pmatrix}}{\left[1 + \frac{\text{VAR}(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2}\right]}$
Passo 4	<p>Estimar $\text{VAR}(\hat{\delta})$ e $\text{VAR}(\hat{\theta})$ usando $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ obtidos no Passo 1 e $\text{VAR}(\hat{\lambda})$, $\text{VAR}(\hat{\pi})$ obtidos no Passo 2 em:</p> $\text{VAR}(\hat{\delta}) = \text{VAR}(\hat{\lambda}) + \text{VAR}(\hat{\pi})$ $\text{VAR}(\hat{\theta}) \cong \frac{\hat{\theta}^2 \left[\frac{\text{VAR}(\hat{\lambda})}{\hat{\lambda}^2} + \frac{\text{VAR}(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2} \right]}{\left[1 + \frac{\text{VAR}(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2}\right]}$