

Trecho : BR-116/SP km 515+100 ao km 513+450 Pista Norte	Concessionária: Autopista Régis Bittencourt
---	--

Objeto : AVALIAÇÃO DE UM SEGMENTO CRÍTICO MEDIANTE A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA DO TIPO "ANTES E DEPOIS"	ANTT:
--	-------

Documentos de Referência: RT-06-116/SP-515-1-L17/001 RT-06-116/SP-515-1-L17/002 RT-06-116/SP-515-1-L17/003 RT-06-116/SP-515-1-L17/004 RT-06-116/SP-515-1-L17/005

Documentos Resultantes:

Observação: Este documento refere-se ao relatório final de avaliação do projeto de pesquisa

Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

FIRMA PROJETISTA:	
Nº INTERNO:	Rev. 2

PLANO DE TRABALHO

Recursos para Desenvolvimento Tecnológico - RDT

Capítulo XX do Edital 02, Lote 06, Item 10 do PER

Rodovia BR 116 – Trecho São Paulo - Curitiba

PROJETO 3

RT-06-116/SP-515-1-L17/006

Relatório Final – Agosto/2012

Avaliação de um segmento crítico mediante a aplicação da metodologia de pesquisa do tipo “Antes e Depois”

ÍNDICE

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	6
1.1. <i>TÍTULO DO PROJETO</i>	6
1.2. <i>OBJETIVO</i>	6
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	6
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2. JUSTIFICATIVA	7
3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	8
3.1. MÉTODO “ANTES – DEPOIS” INGÊNUO.....	12
3.1.1. OS QUATRO PASSOS DO ESTUDO ANTES-DEPOIS INGÊNUO	13
3.1.2. OS QUATRO PASSOS PARA PERÍODOS “ANTES” E “DEPOIS” DIFERENTES	21
3.1.3. CONSIDERANDO AS MUDANÇAS NO TRÁFEGO	25
3.2. MÉTODO DO GRUPO DE COMPARAÇÃO.....	28
3.2.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
3.2.2. ESTIMATIVA DA VAR (ω).....	34
4. PROJETO IMPLANTADO.....	38
5. ANÁLISE DOS ACIDENTES NO PERÍODO “ANTES” E “DEPOIS”	45
5.1. TRECHO DE ESTUDO	45
5.1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES “DEPOIS” NO TRECHO KM 515+100 AO KM 513+450.....	45
5.1.2. COMPARAÇÃO DOS ACIDENTES “ANTES” E “DEPOIS” NO TRECHO KM 515+100 AO KM 513+450.....	45
5.2. GRUPO DE COMPARAÇÃO 1	55
5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES “DEPOIS” NO TRECHO KM 513+000 AO KM 509+000.....	55
5.2.2. ANÁLISE DOS ACIDENTES “ANTES” E “DEPOIS” NO TRECHO KM 513+000 AO KM 509+000.....	55
5.3. GRUPO DE COMPARAÇÃO 2	59
5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES “DEPOIS” NO TRECHO KM 518+000 AO KM 516+000.....	59
5.3.2. COMPARAÇÃO PRELIMINAR DOS ACIDENTES “ANTES” E “DEPOIS” NO TRECHO KM 518+000 AO KM 516+000.....	59
6. PARTE 2 – ANÁLISE CONSIDERANDO O VOLUME DE TRÁFEGO	63
7. PARTE 3 – MEDIÇÕES DE VELOCIDADE “ANTES” E “DEPOIS”	66
8. PARTE 4 – ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS.....	69

8.1. ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS UTILIZANDO O MÉTODO INGÊNUO.....	70
8.2. ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS UTILIZANDO O MÉTODO DO GRUPO DE COMPARAÇÃO	74
8.3. RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	80
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

APRESENTAÇÃO

Este relatório final está dividido em oito seções.

Na primeira seção é apresentada a descrição do projeto.

Na segunda seção é apresentada a justificativa da pesquisa.

Na terceira seção está contida a metodologia utilizada para a realização da pesquisa.

Na quarta seção é descrito o projeto implantado.

Na quinta seção é apresentada a análise dos dados sobre acidentes dos períodos “antes” (setembro de 2008 a junho de 2011) e “depois” da implantação (agosto de 2011 a julho de 2012) do trecho em estudo e dos dois Trechos de Comparação.

Na sexta seção encontra-se uma análise dos acidentes considerando o volume de tráfego.

Na sétima seção trata-se da comparação das medições de velocidades no Trecho de Estudo nos períodos “antes” e “depois”.

Na oitava seção é analisada a eficácia das medidas implementadas, tanto pela utilização do Método Ingênuo, quanto pelo Método de Grupo de Comparação de Ezra Hauer; assim como são apresentadas conclusões sobre a aplicação dessas metodologias.

Na última parte são apresentadas as principais conclusões a respeito da pesquisa.

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. TÍTULO DO PROJETO

Avaliação de um segmento crítico mediante a aplicação da metodologia de pesquisa do tipo “Antes e Depois”.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar a avaliação de um segmento localizado na pista Norte da Rodovia Régis Bittencourt, compreendido entre os quilômetros 515+100 e 513+450, considerado como trecho crítico em relação à acidentalidade. Avaliar também a eficácia das ações implementadas para eliminar/mitigar o número de acidentes, realizando estudos observacionais do tipo “Antes e Depois”, conforme metodologia específica.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar ações que não alterem a condição física existente, isto é, sem alteração do traçado em planta e perfil, por meio do emprego adequado de dispositivos de segurança e sinalização horizontal e vertical, visando alternativas de baixo impacto ambiental e de baixo custo;
- Avaliar as alterações na acidentalidade viária pelas ações implementadas e sua eficácia.

2. JUSTIFICATIVA

A metodologia para detecção de pontos críticos constantes em publicações do DNER (1987/88) e OHL (por ocasião da elaboração dos estudos de identificação de pontos críticos nas rodovias sob sua jurisdição) está bem estabelecida no país. Falta, no entanto, pesquisas que meçam a eficácia das ações realizadas, no intuito de se obter uma coletânea de melhores práticas a serem adotadas em situações semelhantes.

Dentro deste contexto, a presente pesquisa buscará avaliar ações compreendidas no âmbito dos dispositivos de segurança e da sinalização vertical e horizontal, ou seja, ações de engenharia ditas de baixo custo.

O local escolhido justifica-se por tratar-se de um segmento crítico, tendo no período de 03/09/2008 a 25/04/2011 a ocorrência de 358 acidentes.

3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

As considerações que seguem tem como fonte Ferraz et al (2008) e Hauer (1997).

Para o desenvolvimento de planos/projetos voltados para a segurança viária é importante ter uma estimativa do potencial das diversas ações na redução da acidentalidade, preferencialmente com valores desagregados por tipo de acidente quanto à gravidade: sem vítimas, com vítimas não fatais e com vítimas fatais. Essas informações são fundamentais para direcionar os tipos de planos/projetos a serem desenvolvidos e para selecionar aqueles que apresentam maior potencial de redução do número de acidentes e proporcionar os maiores benefícios econômicos.

Para as ações que atuam de forma direta, a confiabilidade das estimativas é maior; nas indiretas, como aquelas que se situam no campo político-administrativo, os erros na previsão são usualmente maiores. As estimativas resultam em geral, mais precisas quando feitas com base nos resultados de ações similares realizadas na mesma cidade ou região, pois fatores como o nível educacional, a cultura, o clima, as características do sistema viário, os tipos de veículos utilizados, etc. influenciam no grau de eficácia das ações.

Nos países desenvolvidos, onde há o monitoramento das ações voltadas para a segurança no trânsito e muitos estudos e pesquisas são realizados, existe disponibilidade de dados (locais, regionais e nacionais) confiáveis sobre o impacto das principais ações na redução da acidentalidade. Nos países menos desenvolvidos, em geral, esse tipo de informação é escassa, sendo, muitas vezes utilizados nos estudos dados obtidos em países com maior nível de desenvolvimento, com consequente aumento do nível de incerteza da eficácia das ações.

A grande dificuldade para o monitoramento das ações reside em vários fatores: definição do que é acidente, propensão em reportar acidentes, registro incompleto dos acidentes, identificação dos acidentes alvos do tratamento, mudanças de governo que alteram a metodologia de registro de acidentes, regressão para a média, inclusão de outros fatores contribuintes para os acidentes, entre outros.

Também relevante é o fato de que a segurança viária muda com o tempo. Não se pode assumir que não tendo sido aplicado o tratamento (uma ação voltada para a segurança viária), a segurança no período “depois” poderia ter sido a mesma como no período “antes”. Portanto, para avaliar o efeito do tratamento na segurança de alguma entidade é preciso comparar o que poderia ter sido a segurança da entidade no período antes se o tratamento não tivesse sido aplicado, com o que foi a segurança da entidade tratada no período depois.

Assim, a lógica básica para qualquer pergunta acerca do efeito de qualquer tratamento está na seguinte comparação:

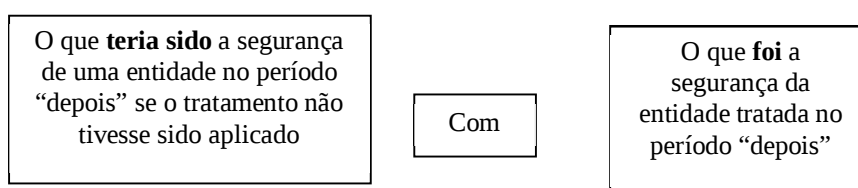


Figura 3.1: Comparação da segurança. (Fonte: Hauer, 1997)

Outra dificuldade no monitoramento é que os estudos do tipo antes e depois são observacionais por natureza, isto é, são analisados após o evento e não podem ser reproduzidos em laboratório.

Segundo Cochran, 1983 *apud* Hauer, 1997, os estudos observacionais têm duas características essenciais:

- 1) O objetivo é estudar os efeitos causais de certos agentes, procedimentos, tratamentos, ou programas.
- 2) Por uma razão ou outra, o pesquisador não pode usar a experimentação controlada, isto é, ele não pode impor sobre um objeto, ou retirar do objeto, um procedimento ou tratamento cujos efeitos desejam-se descobrir, ou não pode designar aleatoriamente o objeto a procedimentos diferentes.

Dessa forma, para a realização de um estudo do tipo antes e depois é necessário prever o que teria sido a segurança de uma entidade no período depois se o tratamento não tivesse sido aplicado com o que foi a segurança no período depois.

Existem vários métodos de previsão para a avaliação do impacto na segurança de intervenções viárias, sendo que cada um deles resulta em valores diferentes para a previsão – o que poderá levar a resultados antagônicos.

Segundo Hauer (1997), a existência de muitos métodos diferentes de predição e correspondentemente a muitas estimativas de mudança na segurança é desconcertante. Esta é uma das razões porque a literatura profissional abunda com achados conflitantes. Seria útil ser claro sobre os méritos e as falhas de cada método de predição então ser capaz de julgar quais resultados será mais confiável e qual método será preferível utilizar. Para Hauer o melhor método é aquele que prediz melhor. Para predizer bem devem ser respondidas várias questões estratégicas:

(a) Como levar em conta os fatores causais que afetam a segurança, que são mensurados e a influência que têm ou que pode ser conhecida. Com isso, por exemplo, sabe-se que o volume afeta a segurança. Para alguns casos têm-se uma idéia da relação entre o volume e a segurança. Se a informação sobre o volume está disponível antes e depois do tratamento, deve-se considerá-lo quando se quer predizer o que teria sido a segurança no

período depois se o tratamento não tivesse sido aplicado. Esta abordagem é uma modelagem.

(b) Como considerar os fatores remanescentes que afetam a segurança mais que não foram mensurados ou a influência não é conhecida. A influência desses fatores pode ser considerada através da extrapolação da tendência ao longo do tempo e utilizando os Grupos de Comparação. A esperança é, com o aumento do conhecimento, através de pesquisas e de estudos dos fatores que afetam a segurança, mais fatores que hoje são considerados na questão “b” sejam considerados no futuro na questão “a”.

(c) Como considerar uma tendência selecionada. O histórico de acidentes durante o período antes é uma pista importante do que teria sido a segurança no período depois. Entretanto, o mesmo histórico de acidentes pode também ser uma das razões pelas quais o tratamento foi aplicado. Isto faz com que as previsões estejam sujeitas a uma tendência, a qual tem um nome: regressão para a média.

(d) Como considerar as mudanças no registro dos acidentes. O grau pelo qual os acidentes são reportados, muda de tempos em tempos, de lugar para lugar. Ao menos que a mudança é estimada, não se pode separar o efeito do tratamento do efeito nas mudanças de registro dos acidentes.

Os métodos de previsão mais conhecidos no âmbito da engenharia de tráfego são os seguintes: utilizar o número de acidentes do último ano do período anterior; utilizar a média dos últimos três anos do período anterior; tendo uma série temporal relativamente longa utilizar uma equação de regressão para o ano posterior; e o estado da arte, que é a utilização de modelos de previsão de acidentes. Cada um desses métodos possui pontos positivos e negativos. A utilização de um ou outro método depende da disponibilidade de recursos e dados, bem como da finalidade e precisão que se pretende.

Neste trabalho serão utilizados dois métodos de previsão propostos por Hauer (1997), a saber: Método “Antes-Depois” Ingênuo e Método usando Grupos de Comparação. Esses métodos são descritos a seguir.

3.1. MÉTODO “ANTES – DEPOIS” INGÊNUO

Um estudo observacional “Antes – Depois” consiste em comparar, para uma entidade, o número de acidentes do período “antes” com o número de acidentes do período “depois”.

A contagem de acidentes do período “antes” é usada para prever o que teria sido a contagem esperada de acidentes do período “depois” se o tratamento não tivesse sido implementado. Esta forma de prever reflete uma crença ingênua e geralmente irreal de que a passagem do tempo (a partir do período “antes” para o “depois”) não estava associada com mudanças que afetaram a segurança da entidade sob observação. Consequentemente, este será chamado de estudo “Antes – Depois” Ingênuo. Apesar da sua falha óbvia, o estudo “Antes – Depois” Ingênuo merece minuciosa discussão. Primeiro, porque o método é um ponto de partida natural para o debate, podendo-se discutir seus méritos e deficiências com clareza. Segundo, porque ele ainda é muito frequentemente encontrado na literatura especializada. Terceiro, porque ele é um limite superior útil, nenhum outro projeto de estudo pode alcançar à precisão estatística que é atingível em um estudo “Antes – Depois” Ingênuo.

Alguns fatores, como o tipo do condutor ou a frota de veículos, mudam apenas gradualmente. Portanto, quanto menores os períodos “antes” e “depois”, menor seria a influência de tais mudanças graduais e mais claramente discernível o efeito do tratamento. O mesmo não é verdadeiro para fatores como adversidades do clima, greves policiais ou do transporte público, grandes eventos, falhas de energia elétrica e similares, os quais podem ser muito diferentes em anos sucessivos. O uso de curtos períodos “antes” e “depois” não diminui a preocupação com a influência de fatores que mudam inesperadamente.

Deveria, portanto, ser óbvio que o estudo “Antes – Depois” Ingênuo estima uma mistura do que é devido ao tratamento e o que é causado por outras influências. Isso deveria ser

explicitado sempre que os resultados de um estudo “Antes – Depois” Ingênuo são publicados, porque a maioria dos leitores não é especialista em pesquisa de avaliação.

Por essa razão, Hauer (1997) propõe duas retratações quando se apresentam os resultados desse tipo de estudo e que são descritas a seguir.

Retratação N.º 1

"A mudança notada na segurança reflete não apenas o efeito de ... (nome do tratamento), mas também o efeito de fatores como o tráfego, meteorologia (tempo), frota de veículos, comportamento motorista, custo da reparação de automóveis, etc. Não se sabe que parte da mudança pode ser atribuída a ... (nome do tratamento) e que parte se deve às várias outras influências."

Se existe a mais leve suspeita de que a decisão de tratar as entidades foi influenciada por seu registro de acidentes passado, bom ou mau, e que o mesmo registro de acidentes passado foi utilizado como parte dos dados de “antes”, deve-se acrescentar:

Retratação N.º 2

"A mudança notada em segurança pode ser, em parte, devido à regressão espontânea para a média e não devido a ... (nome do tratamento)."

A seguir é descrita a metodologia relativa ao Estudo Antes - Depois Ingênuo.

3.1.1. OS QUATRO PASSOS DO ESTUDO ANTES-DEPOIS INGÊNUO

As muitas variantes de estudos de Antes Depois são apenas diferentes maneiras de realizar duas tarefas:

Tarefa 1. **Predizer** o que teria sido a segurança de uma entidade no período “depois” de não ter sido aplicado tratamento e,

Tarefa 2. **Estimar** o que era a segurança da entidade tratada no período “depois”.

O objetivo desta seção é fornecer um quadro unificado para a interpretação estatística de todas as variantes de estudos observacionais “Antes Depois”. Este quadro orientará todas as discussões posteriores. Este esquema universal será composto de quatro passos básicos. Formular estes quatro passos requer alguma notação e alguns resultados básicos.

Assumindo:

π ser o número que é esperado de acidentes-alvo de uma entidade específica, em um período¹ depois teria sido feito se não tivesse sido tratado; π é o que tem de ser **previsto** e

λ ser o número esperado de acidentes-alvo da entidade no período ‘depois’; λ é o que tem de ser **estimado**².

O efeito do tratamento sobre a segurança é avaliado pela comparação de λ e π . Para comparar os dois, deve-se estar interessado em, diga-se,

$\delta = \pi - \lambda$ a redução do período “depois” do número esperado de acidentes-alvo (por tipo ou gravidade),

ou

$\theta = \lambda / \pi$ a razão entre que segurança foi com o tratamento com o que teria sido sem o tratamento – o “índice de eficácia”.

Quando $\theta < 1$, o tratamento é eficaz; quando $\theta > 1$ é prejudicial para a segurança.

¹ O “período depois” é um período de tempo após o tratamento ter sido implementado. Quando ele termina depende das circunstâncias do estudo e de saber se o efeito do tratamento muda com o tempo.

² Em princípio, está-se interessado em um vetor de valores $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i, \dots$, um valor para cada tipo de acidente ou gravidade (severidade). No entanto, na maioria dos casos, é suficiente pensar que, em qualquer fase de uma investigação específica, o efeito de um tratamento sobre um tipo de acidente ou gravidade está sendo avaliado. Assim, a notação não precisa ser sobrecarregada por um expoente adicional subscrito.

Também, $100*(1-\theta)$ é a porcentagem da redução da frequência de acidente esperada.

As estimativas serão designadas por um sinal circunflexo em cima do símbolo. Assim, $\hat{\lambda}$ significará “estimativa de λ ”. Na contagem final, desejam-se ter as estimativas $\hat{\delta}$ e $\hat{\theta}$. Por isso, será feito o fluxograma do caminho que leva os dados para $\hat{\delta}$ e $\hat{\theta}$. Quer-se traçar o fluxograma de tal maneira que as estimativas finais sejam não enviesadas, e que seja conhecida a sua precisão. Isto é essencial porque, se o viés de uma estimativa não pode ser eliminado e a precisão de uma estimativa não pode ser descrita, dificilmente podem servir como uma base para decisões defensáveis. As duas progressões na Figura 3.2 mostram que os dois parâmetros básicos λ e π alimentam as funções de interesse δ e θ e que os dados são primeiro convertidos em estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ e estes, por sua vez, conduzem ao produto final.

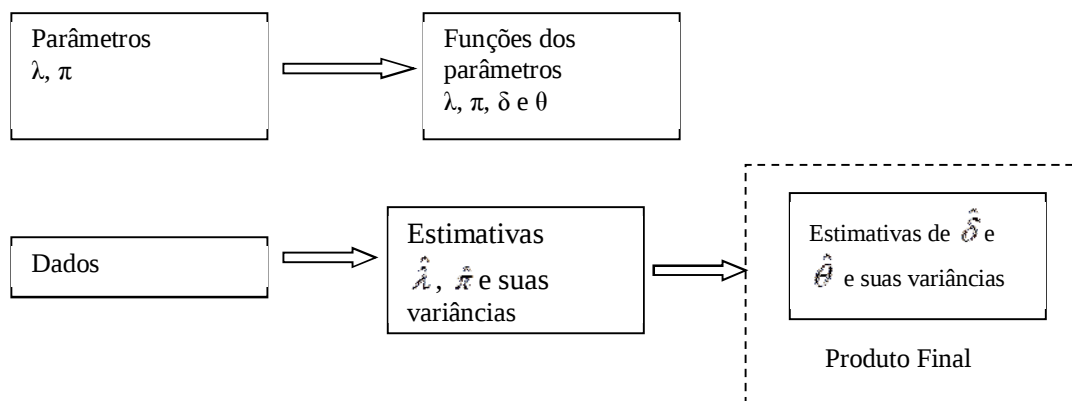


Figura 3.2: Dos dados para o produto final. Fonte: Hauer (1997)

Conforme indicado na Figura 3.2, as estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ são obtidas a partir dos dados. Quanto melhores os dados e os métodos da estimativa e previsão, menor será a diferença $\hat{\lambda} - \lambda$ e $\hat{\pi} - \pi$. O descritor habitual de tal diferença é a variância da estimativa, ou a sua raiz quadrada – o desvio-padrão. Assim, por exemplo, a variância de $\hat{\lambda}$ será denotada por $\text{VAR}(\hat{\lambda})$ e o desvio-padrão de $\hat{\lambda}$ por $\sigma(\hat{\lambda})$. As estimativas $\hat{\text{VAR}}\{\hat{\lambda}\}$ de $\text{VAR}\{\hat{\lambda}\}$ e $\hat{\text{VAR}}\{\hat{\pi}\}$ de $\text{VAR}\{\hat{\pi}\}$ também são obtidas a partir dos dados. Para ilustrar, se é feita a estimativa $\hat{\lambda}$ pela contagem de

acidentes “depois”, e se essa contagem de acidentes têm distribuição de Poisson³ com uma média λ , então, $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \lambda$. Note que $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ é um parâmetro desconhecido. A distinção entre os símbolos com e sem circunflexo pode confundir. Infelizmente, se omitida, os resultaria numa confusão ainda pior. Letras gregas e as notações $E(\cdot)$ e $\text{VAR} \{ \cdot \}$ serão usadas para os parâmetros desconhecidos e a média e a variância de uma variável aleatória; letras gregas com o acento circunflexo e as notações $\hat{E} \{ \cdot \}$ e $\hat{\text{VAR}} \{ \cdot \}$ serão utilizadas para as estimativas obtidas a partir dos dados.

A diferença entre as muitas variantes de estudos Antes Depois reside inteiramente nos métodos pelos quais λ e π são obtidos. Esses métodos, por sua vez, determinam que expressões devam ser utilizadas para $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$. Assumindo-se que se tenham as estimativas $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$, $\hat{\text{VAR}} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\hat{\text{VAR}} \{ \hat{\pi} \}$, a tarefa é usar estas para construir os estimadores para δ, θ , $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$. O resultado será uma plataforma comum para todas as variantes de estudos Antes Depois. A única hipótese necessária é que as estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ são estatisticamente independentes.

Os quatro passos são descritos a seguir.

1. Uma medida do efeito de algum tratamento na segurança é δ , a redução do número de acidentes esperado:

$$\delta \cong \pi - \lambda \quad [1]$$

Para obter uma estimativa $\hat{\delta}$ de δ , utilizar as estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ na Equação 1.

2. Usando a hipótese de que $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ são estatisticamente independentes,

$$\text{VAR} \{ \hat{\delta} \} = \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} + \text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} \quad [2]$$

³ Pela distribuição de Poisson, a probabilidade de obter uma conta L acidente (L é um número inteiro não negativo) é dada por $\lambda^L e^{-\lambda} / L!$. Nesta expressão, λ é a média (ou expectativa) da conta de acidente.

Para obter uma estimativa $\hat{V}\hat{A}R\{\hat{\delta}\}$ de $VAR\{\delta\}$, utilizar o $\hat{V}\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$ e $\hat{V}\hat{A}R\{\hat{\lambda}\}$ na Equação 2.

3. A outra medida do efeito na segurança é o índice de eficácia θ definido como λ/π . É comum estimar θ por $\hat{\theta} = \hat{\lambda}/\hat{\pi}$. No entanto, mesmo se $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ são estimativas imparciais de λ e π , a razão $\hat{\lambda}/\hat{\pi}$ é uma estimativa parcial⁴ de θ . Embora a propensão seja frequentemente pequena, removê-la é uma cautela válida. Um estimador aproximadamente imparcial para θ é dado por

$$\theta^* = (\lambda/\pi) / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2] \quad [3]$$

Para obter uma estimativa $\hat{\theta}$, utilizar a estimativa $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$ e $\hat{V}\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$ na Equação 3. A expressão no denominador é um fator de correção que normalmente é apenas ligeiramente⁵ maior que 1.

4. Considerando este fator de correção na Equação 3 como uma constante, a variância de $\hat{\theta}$ pode ser aproximada por:

$$VAR\{\hat{\theta}\} \cong \theta^2 [(VAR\{\hat{\lambda}\}/\lambda^2) + (VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2)] / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]^2 \quad [4]$$

Para obter uma estimativa $\hat{V}\hat{A}R(\hat{\theta})$, usar as estimativas $\hat{\theta}$, $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$, $\hat{V}\hat{A}R\{\hat{\lambda}\}$ e $\hat{V}\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$ na Equação 4.

Tomadas em conjunto, as Equações 1 a 4 fornecem o fundamento estatístico necessário para todos os métodos analisados nesse trabalho.

⁴ Onde a tendência vem ilustrada como se segue. Suponha-se que uma variável aleatória X toma sobre os valores $x=0.5$ e $x=1.5$ com igual probabilidade, de modo que $E\{X\}=1$. O valor esperado de $1/X$ é então $(1/0.5 + 1/1.5)/2=1.333$ que não é $1/E\{X\}=1$. Isto ocorre porque os desvios de x abaixo e acima de $E\{X\}$ exerce uma influência desigual sobre a razão $1/x$.

⁵ Para ilustrar, considere o caso quando π é estimado pelo número de acidentes “antes de” e estes são assumidos ter a distribuição de Poisson. Uma vez que para a distribuição de Poisson a média é iguala a variância, o fator de correção (o denominador em 6.3) é da forma $[1 + 1 / \text{contagem de “antes de” acidentes}]$. Com 100 acidentes “antes” isto perfaz 1.01. Assim, se o fator de correção não for aplicado em tal caso, θ seria superestimado por cerca de 1%, em média. Com mais de 500 acidentes “antes” o fator de correção pode ser seguramente negligenciado.

A partir de uma análise das Equações 2 e 4 verifica-se que a precisão⁶ com que δ e θ são estimadas depende da precisão com qual λ e π são estimados, isto é, em $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$. Note que $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ desempenham funções semelhantes em ambas às equações. Ou seja, a precisão do produto final, depende grosso modo da mesma forma da precisão com que se prediz "o que poderia ter sido ..." ($\hat{\pi}$), e a precisão com qual se estima "o que foi ..." ($\hat{\lambda}$). O que $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ são dependem da forma como λ e π são estimados.

É habitual fazer uma estimativa de λ pela contagem acidentes no período depois. Também é costume supor que a contagem de acidente obedeça à lei⁷ de probabilidade de Poisson. Se assim for, uma vez que a média e a variância da distribuição de Poisson são as mesmas, a contagem de acidentes depois estima λ e também $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$. Para produzir uma previsão $\hat{\pi}$ geralmente é mais complicado. A complicação é devida ao fato de que se está lidando com uma hipótese que não se materializou e, portanto, não poderia ter sido observada. Além disso, existem muitas maneiras de prever "o que poderia ter sido". Métodos de previsão vão desde assumir que o futuro será semelhante ao passado, através de várias projeções de tendência no tempo e, até na consideração de alterações no tráfego ou outros fatores autônomos e compensação por seleção tendenciosa. Assim sendo, a expressão para $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ irá depender e terá de ser adaptada para o método de obtenção da predição $\hat{\pi}$.

O esquema estatístico pode agora ser descrito como uma sequência de atividades. Para estimar o efeito que um tratamento teve na segurança, a análise estatística pode sempre ser pensada em consistir das quatro etapas básicas a seguir.

⁶ Para efeitos práticos, é conveniente utilizar a raiz quadrada da variância – o desvio-padrão – porque a sua dimensão é a mesma que a de δ e de θ . Portanto, enquanto estiver em termos análise de variâncias, desvios-padrão serão usados para os resultados finais em exemplos numéricos.

⁷ Pela lei de probabilidade de Poisson, a probabilidade de ter uma contagem de acidentes L em um determinado período em que λ é o número esperado de acidentes durante esse período é de $e^{-\lambda} \lambda^L / L!$.

QUATRO PASSOS PARA UMA ÚNICA ENTIDADE

Passo 1) Estimar λ e prever (predizer) π . Por enquanto λ será estimada a partir da contagem de acidentes “depois”. A previsão de π dependerá do método escolhido para prever o que poderia ter sido o número esperado de acidentes-alvo no período “depois” se o tratamento não tivesse sido implementado tratamento. Vários métodos comuns de predição serão analisados.

Passo 2) Estimar $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$. As estimativas de $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ dependem do método escolhido para fazer a estimativa λ e π . Será assumido que a contagem dos acidentes têm a distribuição de Poisson e, portanto, $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \lambda$. O método de diferenciais estatísticas será usado repetidamente para encontrar um valor aproximado de $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$.

Passo 3) Estimativas δ e θ utilizando $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ do passo 1 e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ do passo 2 em $\delta = \pi - \lambda$ e em $\theta^* = (\lambda / \pi) / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2]$ (Equações 1 e 3).

Passo 4) Estimativa $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$ utilizando $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$ do passo 1 e usando $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ do passo 2 em $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \} = \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} + \text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e em $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \} = \theta^2 [(\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} / \lambda^2) + (\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2) / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2]^2]$. (Equações 2 e 4).

Até agora se falou sobre a estimativa do efeito de segurança de alguns tratamentos em uma única entidade. No entanto, normalmente o efeito na segurança é estimado quando o mesmo tratamento é aplicado a várias entidades. Numere-as 1, 2, ..., j, ..., n. Consequentemente, no Passo 1 obtém-se a série de estimativas $\hat{\lambda} (1), \hat{\lambda} (2), \dots, \hat{\lambda} (j), \dots, \hat{\lambda} (n)$ e $\hat{\pi} (1), \hat{\pi} (2), \dots, \hat{\pi} (j), \dots, \hat{\pi} (n)$. No Passo 2, as variâncias estimadas de cada uma destas estimativas serão obtidas. Para tirar conclusões globais neste caso, defini-se:

$$\lambda \cong \sum \lambda (j) \quad \text{e} \quad \pi \cong \sum \pi (j) \quad [5]$$

onde $\sum$ denota o somatório sobre todas as entidades “n”. Uma definição paralela aplica-se às estimativas $\hat{\lambda}$ e $\hat{\pi}$. Quando $\hat{\lambda} (j)$ são mutuamente independentes e $\hat{\pi} (j)$ também são mutuamente independentes, então

$$\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \sum \text{VAR} \{ \hat{\lambda} (j) \} \quad \text{e} \quad \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} = \sum \text{VAR} \{ \hat{\pi} (j) \} \quad [6]$$

A essência das Equações 5 e 6 é a que diz respeito a “n” entidades separadas como uma entidade “composta”. Isto tem uma implicação importante para as etapas 3 e 4 nas quais o efeito na segurança é estimado. Naturalmente, o efeito na segurança é agora estimado para a entidade composta. Isto está, contudo, na natureza de um “efeito total” quando δ é estimado e um “efeito médio” quando θ é estimado. Desde que o interesse está na entidade composta, os Passos 3 e 4 permanecerão inalterados. Neste caso, $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$ descrevem a precisão dos efeitos médios e totais.

Assim, para uma entidade composta, os quatro passos são descritos a seguir.

QUATRO PASSOS PARA UMA ENTIDADE COMPOSTA

Passo 1) Para $j = 1, \dots, n$ calcular $\lambda(j)$ e $\pi(j)$

Passo 2) Para $j = 1, \dots, n$ calcular $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} (j) \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} (j) \}$.

Passo Entidade Composta. Estimar λ , π , $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ usando as Equações 5 e 6.

Passo 3) Estimar δ e θ .

Passo 4) Estimar $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \}$ e $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$.

Na conclusão destes quatro passos, os resultados de um estudo observacional Antes Depois são descritos por $[\hat{\delta}, \text{VAR} \{ \hat{\delta} \}]$ ou por $[\hat{\theta}, \text{VAR} \{ \hat{\theta} \}]$ ou por ambos. Estes são os resultados dos Passos 3 e 4. Isto é tudo o que é necessário para formar uma opinião sobre o efeito de um tratamento na segurança para uma entidade. As mesmas estimativas são também

suficientes para comparar os resultados de vários estudos e para combinar os seus resultados quando possível. Além disso, com as mesmas estimativas é possível realizar testes de significância.

Uma vez que testes de significância são de uso tão comum, uma breve explicação sobre sua ausência neste trabalho. Em segurança viária, a questão de interesse prático é: "Qual é o tamanho do efeito na segurança e como ele é conhecido com precisão?" Não está claro que propósito prático serve a pergunta: "Pode ser mostrado que o efeito na segurança é estatisticamente diferente de zero?". Entretanto, quando a pergunta é: "qual foi o efeito do tratamento X na segurança?", realizar um teste de significância, não é uma resposta direta.

3.1.2. OS QUATROS PASSOS PARA PERÍODOS “ANTES” E “DEPOIS” “DIFERENTES

Alguns tratamentos têm sido implementados em entidades numeradas 1, 2, ... , j, ... , n. Durante os períodos “antes” as contagens de acidente foram K (1), K (2), ... , K (n) e durante os períodos “depois” as contagens de acidente foram L (1), L (2), ... , L (n). Para manter a simples notação, usam-se letras maiúsculas para designar tanto, o nome da variável aleatória quanto resultados específicos. A duração dos períodos “antes” e “depois” pode ser diferente de entidade para entidade⁸. Define-se a “razão de durações” como:

$$r_d(j) = \frac{\text{Duração do período depois para a entidade } j}{\text{Duração do período antes para a entidade } j} \quad [7]$$

As estimativas $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$, $\hat{V\lambda R} \{ \hat{\lambda} \}$ e $\hat{V\pi R} \{ \hat{\pi} \}$ para um estudo ingênuo são apresentadas na Tabela 3.1. O modo como foram obtidas pode ser visto em Hauer (1997). Estas estimativas são o tema dos Passos 1 e 2 e do Passo da Entidade Composta (PEC) dos quatro passos formulados anteriormente.

⁸ Pensa-se ser necessário que os períodos “antes” e “depois” tenham de ser iguais para todas as entidades. Isto os leva a descartar dados úteis sem qualquer motivo.

Tabela 3.1: Estimativa quando nem todos os $r_d(j)$ são os mesmos

Estimativas dos Parâmetros e Etapas da Entidade Composta	Estimativas das Variâncias Etapa 2 e PEC
$\hat{\lambda} = \sum L(j)$ $\hat{\pi} = \sum r_d(j)K(j)$	$V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = \sum L(j)$ $V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} = \sum r_d(j)^2 K(j)$

Para o caso comum, mas especial quando todos os r_d são iguais:

Tabela 3.2: Estimativa quando todos os $r_d(j)$ são os mesmos

Estimativas dos Parâmetros Etapas 1 e Etapas da Entidade Composta	Estimativas das Variâncias Etapa 2 e PEC
$\hat{\lambda} = \sum L(j)$ $\hat{\pi} = r_d \sum K(j)$	$V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = \sum L(j)$ $V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} = r_d^2 \sum K(j)$

As duas últimas etapas são sempre as mesmas definidas anteriormente. As expressões estão repetidas na Tabela 3.3 por conveniência.

Tabela 3.3: Etapas 3 e 4

$\delta = \pi - \lambda$	[1]
$VAR\{\hat{\delta}\} = VAR\{\hat{\pi}\} + VAR\{\hat{\lambda}\}$	[2]
$\theta^* = (\lambda/\pi)[1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]$	[3]
$VAR\{\hat{\theta}\} \approx \theta^2 [(VAR\{\hat{\lambda}\}/\lambda^2) + (VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2)] / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]^2$	[4]

Usando as estimativas $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$, $V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\}$ e $V\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$ da Tabela 3.1 ou 3.2, em vez dos parâmetros sobre o lado direito das expressões na Tabela 3.3, as estimativas de δ , θ , $VAR\{\hat{\delta}\}$ e $VAR\{\hat{\theta}\}$ são obtidas. Uma vez que as “n” entidades foram agrupadas em uma “entidade composta”, estimativas de δ , θ , $VAR\{\hat{\delta}\}$ e $VAR\{\hat{\theta}\}$ pertencem a esta entidade composta. O significado destas pode ser explicado pelo seguinte exemplo. Suponha que duas entidades foram tratadas. Para a entidade 1 tem-se um período de 1 ano “depois” e estima-se $\delta(1)$ ser 6,2 acidentes naquele ano. Para a entidade 2 tem-se um período de 3 anos “depois” e estima-se ser $\delta(2) = 9,7$ acidentes em 3 anos. Assim, a redução estimada esperada dos acidentes para esta entidade composta é de 15,9 para quatro anos “depois”. Quando o θ para a entidade composta é estimado, a Equação 3 considera a diferença nas durações de período depois, de forma

automática. Naturalmente, ambas as estimativas têm significado claro apenas quando o efeito de segurança do tratamento não muda com o tempo. Caso isso aconteça, separar as estimativas de δ e θ é necessário para a fase 1, do período 2, ... etc., após o tratamento.

O problema com a abordagem Ingênua é que ela não pode distinguir entre qual é o efeito do tratamento, e qual é o efeito de muitos outros fatores que também mudaram a partir do período “antes” para o “depois”. A origem deste problema reside na inadequação da “previsão” dos componentes do Método Ingênuo. “Prever” é adivinhar o que teria sido a segurança do tratamento das entidades no período “depois” se o tratamento não tivesse sido aplicado. A essência da abordagem Ingênua para a previsão é a hipótese de que se o tratamento não fosse implementado, a segurança de uma entidade no período “depois” seria a mesma do período “antes”. Mas isso só pode ser verdadeiro se o tráfego, a precipitação, a demografia dos usuários da rodovia, a frota de veículos, as condições econômicas, as medidas de segurança, e uma série de outros fatores fossem os mesmos em ambos os períodos. Uma vez que isto raramente é verdade, mesmo de forma aproximada, tem-se que procurar formas de se considerar o efeito na segurança das mudanças desses fatores.

Muitos fatores causais influenciam a segurança viária. Para os objetivos desse projeto, esses fatores podem ser colocados em uma das duas categorias mostradas na Figura 3.3.

A primeira categoria pertence ao nível dos fatores causais os quais podem ser estimados para os períodos “antes” e “depois”, e a influência deles na segurança pode ser modelada. Parece sensato estimar o efeito de segurança dos fatores nesta categoria de forma direta e explícita. A segunda categoria pertence àqueles fatores causais que são, atualmente, não reconhecidos como afetando a segurança, fatores suspeitos de afetar a segurança, mas não medidos, e outros fatores que, mesmo se reconhecidos e medidos, não podem ser modelados porque sua influência na segurança é, neste momento, mal- entendida. Para a contagem da influência dos fatores desta

categoria, é necessário recorrer ao uso de um “Grupo de Comparação” ou à previsão de uma tendência a partir de uma série temporal de contagens de acidente. Estes assuntos serão discutidos na próxima seção.

Abordagem para Melhorar a Previsão

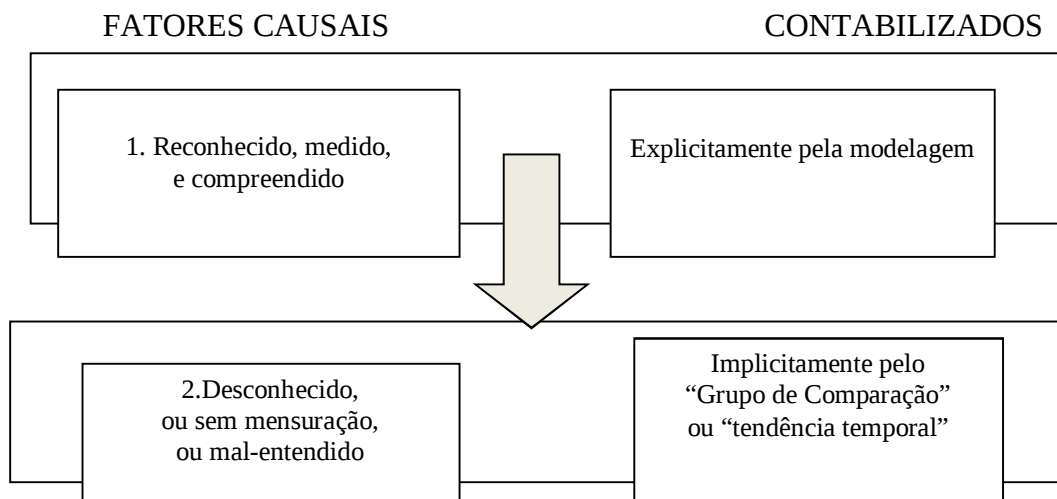


Figura 3.3: Sequência das correções a serem consideradas para a influência dos fatores causais.
Fonte: Hauer (1997)

Isso parece estar em sintonia com a maioria das tradições científicas, usar a modelagem explícita para considerar a mudança daqueles fatores que foram medidos e cuja influência é suficientemente compreendida. Assim, por exemplo, no laboratório, aplica-se uma “correção de temperatura”; na precisão da medição da distância, usa-se um fator de correção. Somente após a correção da previsão para a influência dos fatores “reconhecidos – medidos - compreendidos”, poder-se-ia considerar a mudança nos fatores causais restantes, aqueles que são desconhecidos, desmedidos e mal-entendidos. Essa sequência de ações é indicada pela seta na Figura 3.3.

Um importante fator causal que muda entre os períodos “antes” e “depois” e cuja influência na segurança pode ser modelada, é o “fluxo de tráfego”. Como considerar a influência das mudanças no fluxo será discutido em detalhes aqui. Outros fatores reconhecidos-medidos-compreendidos podem ser manejados de forma semelhante. Uma vez feito isso, é possível

afirmar que qualquer que seja a mudança estimada na segurança do período “antes” para o “depois”, não se deve as mudanças nos fatores que têm sido explicitamente considerados, mas ao tratamento e aos demais fatores que não foram considerados na análise.

3.1.3. CONSIDERANDO AS MUDANÇAS NO TRÁFEGO

Informações sobre o fluxo de tráfego são coletadas rotineiramente para vários fins e, por isso, estão muitas vezes disponíveis para estudos sobre segurança viária. Na verdade, se um estudo Antes-Depois é planejado, a informação sobre o fluxo de tráfego nos períodos “antes” e “depois” deve ser garantida. Uma vez que o efeito da mudança no fluxo do tráfego na segurança pode ser grande, é importante tentar considerá-lo, direta e explicitamente, ainda que a relação entre o fluxo do tráfego e o número esperado de acidentes seja, neste momento, só imperfeitamente conhecido.

É uma crença comum que mudanças no fluxo de tráfego são automaticamente consideradas pelo uso de taxas de acidente (tais como acidentes/veículo.km) ao invés da frequência de acidente (como acidentes/ano). Essa crença só é correta se a frequência de acidente esperada é diretamente proporcional ao fluxo de tráfego, o que parece ser raramente o caso. Sendo assim, o que é comumente acreditado é geralmente inexato. No entanto, porque o pressuposto de proporcionalidade direta é tão comum e pode eventualmente ser uma aproximação razoável.

Cada entidade tem fluxos de tráfegos “antes” e “depois” específicos. Portanto, o efeito da mudança no fluxo de tráfego tem de ser considerado separadamente para cada entidade. Por este motivo, a discussão abaixo é sobre como aplicar uma correção para a mudança no fluxo de tráfego para uma única entidade. Nas seções anteriores, ‘j’ tem sido utilizado para identificar uma entidade. No entanto, para manter a notação simples, r_d , K , L , π , etc. serão usados ao invés das notações mais completas $r_d(j)$, $K(j)$ e $L(j)$, $\pi(j)$.

Lembrar que o Passo 1 das Quatro Etapas exige a previsão do que teriam sido os números esperados de acidentes-alvo durante o período “depois”, se a entidade tivesse sido deixada sem tratamento, π . A Figura 3.4 ilustra o processo de melhoria da previsão de um estudo Ingênuo como uma série de melhoramentos.

Na Figura 3.4, são listadas à esquerda as hipóteses e os correspondentes prognósticos à direita. Em cada etapa da série, uma suposição insatisfatória é retirada e substituída por um fator de correção no prognóstico. Com isso, não tendo nenhuma mudança de “antes” para “depois”, e se os dois períodos foram de igual duração, haveria boa razão para afirmar que $\pi = \kappa$, ou seja, que o número de acidentes esperados no período “depois” (π) é o mesmo, que o do período “antes” (κ). Quando os dois períodos são idênticos em todos os aspectos, mas diferentes em termos de duração, e se a razão das suas durações é r_d , a afirmação deve ser modificada para $\pi = r_d \cdot \kappa$. A questão que se tem diante de si é: “como modificar o prognóstico de π se todas as condições permaneceram as mesmas, exceto as durações de “antes” e “depois” são diferentes e o fluxo de tráfego mudou de “B” no período “antes” para “A”, no período “depois”? Isso será feito usando outra correção multiplicativa – o “fator de correção do fluxo de tráfego”- denotada por r_{tf} . O subscrito “ t_f ” significa *traffic flow* (fluxo de tráfego). O r_{tf} é semelhante à “correção da duração” r_d .

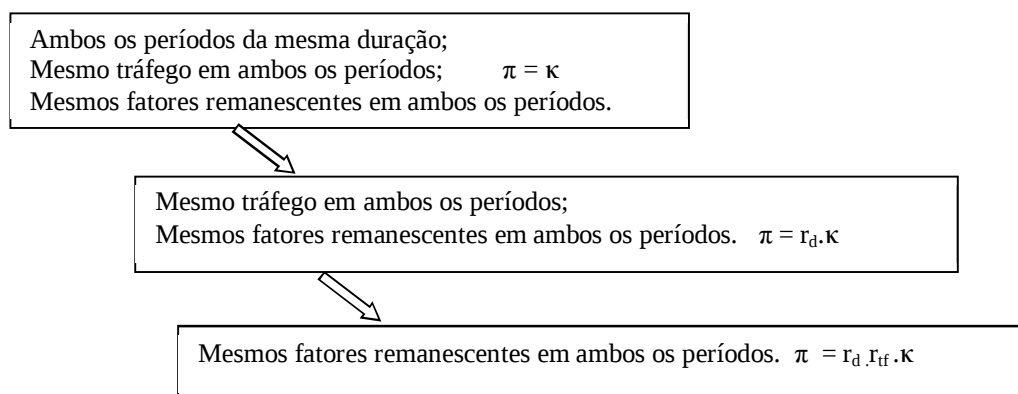


Figura 3.4: Correções multiplicativas para o prognóstico π . Fonte: Hauer (1997)

Para fins práticos neste trabalho, assumiu-se que o número de acidentes esperado é proporcional ao fluxo de tráfego.

$$\hat{r}_{tf} = \hat{A}_{avg} / \hat{B}_{avg} \quad [8]$$

$$VAR\{\hat{r}_{tf}\} = r_{tf}^2 (v^2\{\hat{A}_{avg}\} + v^2\{\hat{B}_{avg}\}) \quad [9]$$

Neste, $\hat{A}_{avg}$ e $\hat{B}_{avg}$ são a média dos fluxos de tráfego durante os períodos “depois” e “antes”, respectivamente, e o coeficiente de variação $v\{\cdot\}$ é um número que depende na duração da contagem e é adquirido a partir da Equação 10.

$$v = 1 + 7,7 / (\text{número de dias de contagem}) + 1650 / \text{VDMA}^{0,82} \quad [10]$$

As equações para as Etapas 1 e 2 para cada entidade são como as da Tabela 3.4. A primeira coluna é a mesma que para o Método Ingênuo. A estimativa $\hat{\pi}$ baseia-se na Equação 8.2. Nas “derivações” do fim desta Seção é mostrado como a expressão $V\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$ é obtida. As Etapas 3 e 4 são sempre dadas pelas Equações 1 a 4 na Tabela 3.5.

Tabela 3.4: Equações das ETAPAS 1 e 2 quando a segurança é uma função linear do fluxo de tráfego

Estimativas dos Parâmetros	Estimativas das Variâncias
$\hat{\lambda} = L$	$V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = L$
$\hat{\pi} = r_d \cdot \hat{r}_{tf} \cdot K$	$V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} = (r_d)^2 [(\hat{r}_{tf})^2 \cdot K + K^2 \cdot V\hat{A}R\{\hat{r}_{tf}\}]$

Tabela 3.5: Equações para as ETAPAS 3 e 4

$\delta = \pi - \lambda$	[1]
$VAR\{\hat{\delta}\} = VAR\{\hat{\pi}\} + VAR\{\hat{\lambda}\}$	[2]
$\theta^* = (\lambda/\pi) / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]$	[3]
$VAR\{\hat{\theta}\} \approx \theta^{*2} [(VAR\{\hat{\lambda}\}/\lambda^2) + (VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2) / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]^2]$	[4]

3.2. MÉTODO DO GRUPO DE COMPARAÇÃO

A idéia central do uso de um Grupo de Comparação é simples: identificar um grupo de entidades que permaneceu sem tratamento, e que são semelhantes às entidades tratadas (ou entidade). As entidades tratadas formam o “grupo de tratamento”. As entidades não tratadas são o “Grupo de Comparação”. Ambos estão representados na Figura 3.5. A esperança é que a mudança na segurança de “antes” para “depois” do Grupo de Comparação seja um indicativo de como a segurança no grupo de tratamento poderia ter mudado. Esta esperança é baseada em duas suposições:

Suposição (a). Que os diversos fatores que afetam a segurança tenham mudado do período “antes” para “depois” da mesma maneira em ambos os grupos – o tratado e o de comparação;

Suposição (b). Que esta mudança nos diversos fatores influencia a segurança do grupo tratado e do Grupo de Comparação da mesma forma.

Para ser preciso, deixe os períodos “antes” e “depois” serem aqueles de algumas entidades tratadas. Define-se: r_c = a “**razão de comparação**”; a razão entre o número esperado de acidentes-alvo no período “depois” e o número esperado de acidentes-alvo no período “antes” no Grupo de Comparação.

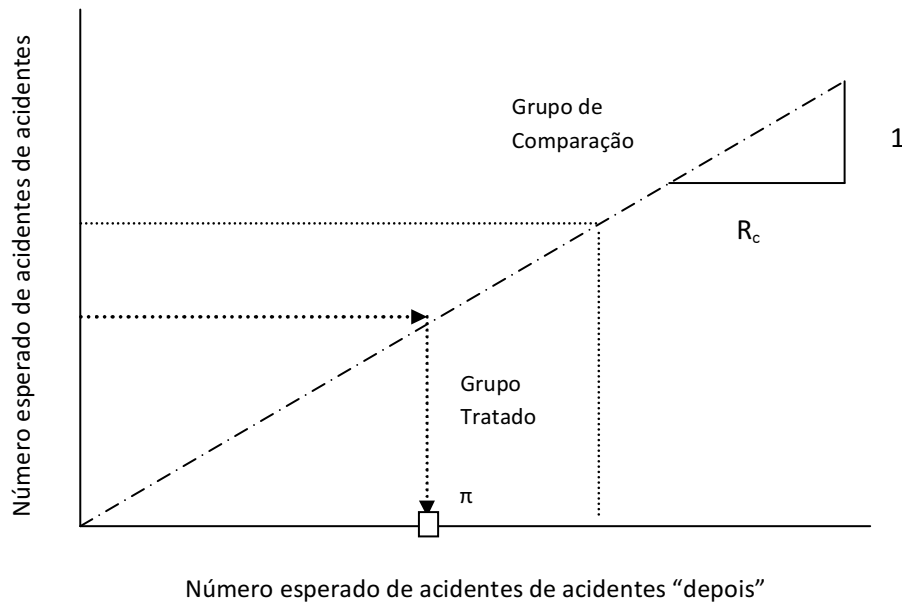


Figura 3.5: A definição da “razão de comparação” e seu uso na previsão. Fonte: Hauer (1997)

Os números esperados de acidente para o Grupo de Comparação estão na ordenada e na abscissa do círculo na Figura 3.5. A inclinação da reta que une o círculo à origem é r_c . Têm-se a esperança que, se o grupo tratado tivesse sido deixado sem tratamento, a razão do número esperado de acidentes-alvo de “depois” para “antes” seja nesse caso também r_c . Se a esperança é verdadeira, então se pode fazer a previsão:

$$\pi = (\text{número esperado de acidentes-alvo de “antes” no grupo de tratamento}) \times r_c \quad [11]$$

O número de acidentes esperados para o grupo de tratamento é mostrado na Figura 3.5 como quadrado. O quadrado vazio é a previsão de π . Esta esperança, encarnada na Equação 10, é a essência do Método do Grupo de Comparação. Ele será chamado de “método G-C”. Quando, em um estudo, usa-se o “método G-C”, ele é chamado de “estudo de G-C”.

A idéia do método G-C é enganosamente semelhante à dos experimentos aleatórios populares na agricultura, medicina, ciências sociais e em muitos outros campos de pesquisa. No entanto, existe uma distinção fundamental. Em um experimento aleatório, a decisão sobre que

entidades receberão tratamento e que entidades serão deixadas como “controle” é feita **de forma aleatória**. Portanto, o experimento foi repetido várias vezes, cada vez com uma atribuição aleatória de entidades para “tratamento” e “controle”, então, no limite, a influência de diversos fatores causais em ambos os grupos de entidades tenderia a ser igual. Como consequência, quando a atribuição para o tratamento é “aleatória”, é legítimo falar-se de um **“experimento estatístico”**, que envolve um **“grupo de controle”**. Em contrapartida, quando a atribuição de entidades para o grupo de tratamento não é feita aleatoriamente, então, mesmo se ambos os grupos de entidades são muito grandes, eles vão diferir sistematicamente com relação a alguns fatores causais. Portanto, mesmo com grupos de entidades grandes não há nenhuma garantia de que o número esperado de acidentes de um grupo de tratamento (se o tratamento não tivesse sido administrado) teria mudado da mesma maneira que no Grupo de Comparação. Por esta razão, quando as **entidades não são apontadas para tratamento aleatório**, não se pode falar de um “experimento” ou de um “grupo de controle”. Para marcar a distinção, é prudente falar sempre de **“estudos observacionais”** (não de experimentos) e de **“Grupos de Comparação”** (não de grupos de controle).

3.2.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em um estudo observacional Antes-Depois envolvendo um grupo de tratamento e um de comparação, deixe K, L, M e N, na Tabela 3.6, denotar a contagem de acidentes que corresponde aos títulos das linhas e das colunas. Os valores esperados destas contagens de acidente são indicados pelas correspondentes letras gregas κ , λ , μ e ν .

Tabela 3.6: Contagens de acidentes e valores esperados

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação
Antes	K, κ	M, μ
Depois	L, λ	N, ν

O método G-C é baseado na esperança de que, na ausência de tratamento, a razão entre o número esperado de acidentes-alvo “antes” e “depois” seria a mesma nos grupos de tratamento e de comparação. Para trazer a esperança para a órbita da análise explícita é preciso distinguir entre a razão r_c definida pelo Grupo de Comparação e uma paralela, mas distinta razão para o grupo tratamento. Assim, define-se:

$r_c = \nu/\mu$ Ser a razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Comparação,

$$e \quad r_T = \pi/\kappa \quad [12]$$

Ser a correspondente razão para o grupo de tratamento⁹

A esperança supracitada pode agora ser expressa como uma equação. A esperança é a de que

$$r_c = r_T \quad \text{ou, equivalente, que} \quad r_c/r_T = 1 \quad [13]$$

Da definição de r_T , segue que

$$\pi = r_T \cdot \kappa \quad [14]$$

Contudo, se a suposição na Equação 9.3 é verdadeira, então é verdade também que

$$\pi = r_c \cdot \kappa \quad [15]$$

⁹ Note-se que r_T é definida como π/κ , não como λ/κ , uma vez que o tratamento foi envolvido. O numerador π captura “que teria sido se o tratamento não tivesse sido implementado”.

Uma vez que a r_C , na Equação 14 pode ser estimada a partir do número de acidentes no Grupo de Comparação (M e N na Tabela 3.6), e κ e pode ser estimado pelo número de acidentes no grupo de tratamento no período “antes” (K), π pode ser estimado.

Agora é evidente, que a esperança expressa pela Equação 13 é à base do método G-C (ver nota no final desta seção). Assim como o Método Ingênuo repousa sobre uma suposição¹⁰, o mesmo acontece com o método G-C. Da mesma forma que o pressuposto subjacente, o Método Ingênuo nunca será exatamente verdadeiro, assim é a suposição básica do método G-C nunca ser totalmente correto. Não se pode argumentar com convicção que, devido a algumas semelhanças externas entre os grupos tratados e de comparação, o pressuposto é “quase certo” ou “provavelmente verdadeiro”. Inúmeros dados mostram que este argumento é inválido. Um argumento mais coerente precisa ser construído.

O único argumento defensável que se pode formar para justificar o uso de um Grupo de Comparação em um estudo observacional é empírico ou indutivo. A saber, se alguém pode mostrar que em uma série temporal os valores passados de r_T e r_C foram suficientemente semelhantes então, ciente das limitações usuais de todos os argumentos indutivos, pode-se supor que as similaridades passadas também acontecem para aquele valor específico de r_C que é usado em um específico “estudo G-C”. Contudo, se este é o argumento sobre o qual repousa o método G-C, deve-se permitir na análise a possibilidade de que o pressuposto de $r_T/r_C = 1$ não é exatamente verdadeiro em qualquer “estudo G-C” específico. É necessário, portanto considerar que a razão r_C/r_T seja uma variável aleatória a qual em diferentes ocasiões toma diferentes valores. Coerentes com a terminologia estatística usual associada às tabelas 2x2 tal como à Tabela 3.6, a razão r_C/r_T será chamada de *odds ratio* e é dado o símbolo ω .

¹⁰ A suposição é que nada tenha mudado de “antes” para “depois”.

$$\omega = r_C / r_T \quad [16]$$

Imagine agora uma longa série temporal de contagens de acidente para um grupo de entidades de tratamento e de comparação. A partir dessas contagens de acidente forme uma série temporal de tabelas 2x2, tal como a Tabela 3.6. As quatro contagens de acidente K, L, M e N, em cada tabela são para o mesmo conjunto de entidades, exceto que em nenhum momento tem o tratamento sido aplicado às entidades para o grupo de tratamento.

Em cada uma dessas tabelas um valor específico de ω ocorre. Assim, para cada grupo de entidades de tratamento e de comparação existe uma **série temporal de ω 's**. Qualquer sequência de tal ω 's tem uma média $E\{\omega\}$ e uma variância $VAR\{\omega\}$. Para um Grupo de Comparação ser considerado legítimo, ele deve atender à exigência de que $E\{\omega\}=1$. Se esta exigência não for cumprida, os últimos r_C podem ser sistematicamente maiores ou menores do que o r_T correspondente. Isso poderia negar completamente a premissa básica do “estudo G-C”.

Os resultados para as Etapas 1 e 2 estão listados na Tabela 3.7. A Tabela 3.8 apresenta as equações usuais para as Etapas 3 e 4.

Tabela 3.7: Estimativas das Etapas 1 e 2 em um “Estudo G-C”

Estimativas dos Parâmetros ETAPA 1	Estimativas das Variâncias ETAPA 2
$\hat{\lambda} = L$	$V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = L$
$\hat{r}_T = \hat{r}_C = (N/N)/(1+1/M) \approx N/N$	$V\hat{A}R\{\hat{r}_T\}/r_T^2 \approx 1/M + 1/N + V\hat{A}R\{\omega\}$
$\hat{\pi} = \hat{r}_T K$	$V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} \approx \hat{\pi}^2 [1/K + V\hat{A}R\{\hat{r}_T\}/r_T^2]$

Tabela 3.8: Etapas 3 e 4.

$\delta = \pi - \lambda$	[1]
$VAR\{\hat{\delta}\} = VAR\{\hat{\pi}\} + VAR\{\hat{\lambda}\}$	[2]
$\theta^* = (\lambda/\pi) / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]$	[3]
$VAR\{\hat{\theta}\} \approx \theta^{*2} [(VAR\{\hat{\lambda}\}/\lambda^2) + (VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2) / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]^2]$	[4]

No Método Ingênuo $\hat{\pi} = K$. No Método G-C, $\hat{\pi} = \hat{r}_T K$. O objetivo de $\hat{r}_T$ (ou de sua substituta $\hat{r}_C$) é o de considerar o efeito da mudança em vários fatores causais não controlados. A consequência da adição de $\hat{r}_T$ é que a precisão estatística com que π pode ser estimado deve, agora, depender não somente da $VAR\{K\}$, mas também da $VAR\{\hat{r}_T\}$, como é evidente na última linha da Tabela 3.7. Duas conclusões se seguem. Primeiro, que a precisão estatística na estimativa de π que é atingida pelo método G-C é menor do que a alcançada pelo Método Ingênuo, porque uma fonte adicional de variância foi introduzida. O método G-C fornece estimativas que são especificamente o efeito de segurança do tratamento, ao contrário do Método Ingênuo, que não distingue entre o efeito do tratamento e de todos os outros fatores causais que mudam no tempo. No entanto, esse melhoramento é conseguido à custa de um aumento na variância das estimativas da última linha. A segunda conclusão refere-se à orientação sobre como escolher entre candidatos à Grupos de Comparação. Se vários Grupos de Comparação os quais todos têm uma média ω perto de 1 estão disponíveis, deve-se escolher aquele grupo, o qual faz o resultado final mais preciso. A inspeção da Tabela 3.7 indica que se deverá **selecionar aquele Grupo de Comparação para o qual $1/N + 1/M + VAR\{\omega\}$ é o menor.**

3.2.2. ESTIMATIVA DA VAR (ω)

Na seção anterior, foi definida a razão odds ω como r_C/r_T . Até aqui foi argumentado, que é a natureza dos grupos de tratamento e comparação que para qualquer par particular de períodos “antes-depois”, ω não é exatamente igual a 1, mesmo se o Grupo de Comparação é um grupo ideal. Somente em uma longa sequência de pares de períodos “antes-depois”, em cada um dos quais possui um valor diferente de ω , será a média $E(\omega)$ igual a 1. Uma vez que a hipótese de que $r_T = r_C$ (isto é, que $\omega = 1$) é usado na formação da previsão de π , $VAR\{\hat{\pi}\}$ deve ser influenciada

pela $VAR\{\omega\}$. Na medida em que a precisão da estimativa da última linha depende da precisão com que π é estimado, é preciso estimar $VAR\{\omega\}$. O objetivo da presente seção é mostrar um procedimento para a estimação de $VAR\{\omega\}$.

A tarefa é usar dados tais como os apresentados na Figura 3.6, a fim de examinar como a razão odds ω variou neste período. Provas e argumentações detalhadas são fornecidas nas “derivações” no final desta seção; apenas os principais resultados estão formulados aqui. Considere uma série temporal de contagens de acidentes para um grupo de tratamento e um candidato similar à Grupo de Comparação como na Figura 3.6. Uma “janela de tempo” está cobrindo dois períodos de igual duração como na Figura 3.7.

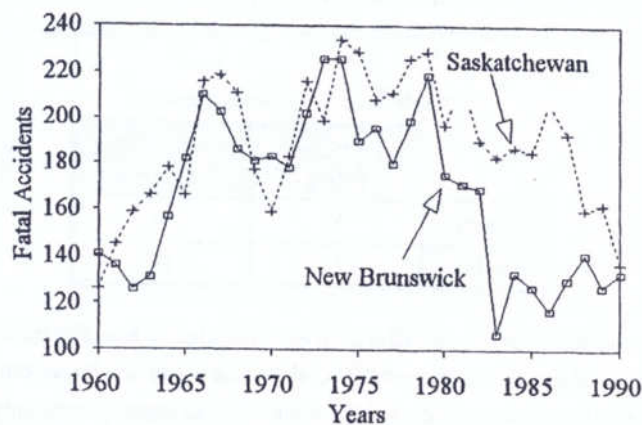


Figura 3.6: Séries Temporais de Acidentes Fatais. Fonte: Hauer (1997)

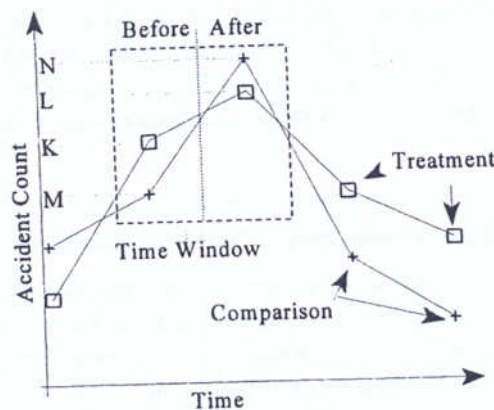


Figura 3.7: Duas séries temporais de contagens de acidente e uma “janela de tempo”. Fonte: Hauer (1997)

Ao longo do período abrangido pelos dados, nenhum tratamento foi aplicado ao grupo de tratamento. As contagens de acidente (K, L, M e N) nas janelas do tempo podem ser organizadas em uma matriz 2x2 como na Tabela 3.9.

Tabela 3.9: Contagens de Acidente

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação
Antes	K	M
Depois	L	N

Uma estimativa natural da razão odds ω para uma janela de tempo seria a relação $(K/L)/(M/N)$. No entanto, em razão da divisão por variáveis aleatórias, isto seria uma estimativa enviesada. (como foi explicado em conexão com a Equação 3). Uma estimativa aproximadamente não enviesada ω é a estatística

$$o = (KM)/(LM)/(1+1/L+1/M) \quad [17]$$

Será chamado “o” a “amostra da razão odds”. Quando para um grupo específico de tratamento e de comparação uma série temporal de contagens de acidente-alvo está disponível, é possível calcular a razão odds da sequência da amostra como se mostrado abaixo. Na Tabela 3.10, são mostradas contagens de acidentes fatais para um segmento pequeno da série temporal mostrada anteriormente na Figura 3.7. Se em 1971 é “antes” e 1972 é “depois”, $o = [(178 \times 216)/(202 \times 183)]/(1+1/202+1/183) = 1,03$. Deslizando a janela do tempo acima ou abaixo, “o’s” para diferentes pares de períodos pode ser calculado.

Tabela 3.10: Um segmento de contagens de acidente

Ano	New Brunswick	Saskatchewan	O
1970	183	159	
1971	178(K)	183(M)	1,17
1972	202(L)	216(N)	1,03
1973	226	199	0,82

Porque deve-se ter $E\{\omega\}=1$ (e se verificou que efetivamente $m\{o\}$ está perto de 1), a contribuição para $s^2(o)$ ¹¹ para aleatoriedade em K, L, M e N é aproximadamente, $1/\kappa+1/\lambda+1/\mu+1/\nu$. Esta é a razão pela qual estima-se:

$$\hat{V}\{R\{\omega\}\}=s^2\{o\}-(1/K+1/L+1/M+1/N) \quad [18]$$

¹¹ $S^2(o)$ é a variância dos “o’s” na série temporal.

4. PROJETO IMPLANTADO

O projeto implantado com o objetivo de reduzir o número/gravidade dos acidentes incluiu: sinalização horizontal e vertical de alto impacto visual, aumento da superlargura nas duas curvas de menor raio (Curvas 3 e 5 da Figura 4.1), reparos localizados, fresagem e posterior aplicação de micro-revestimento na plataforma e ampliação das barreiras laterais de contenção metálicas (rígidas, semi-rígidas e flexíveis) e de concreto (*New Jersey*).

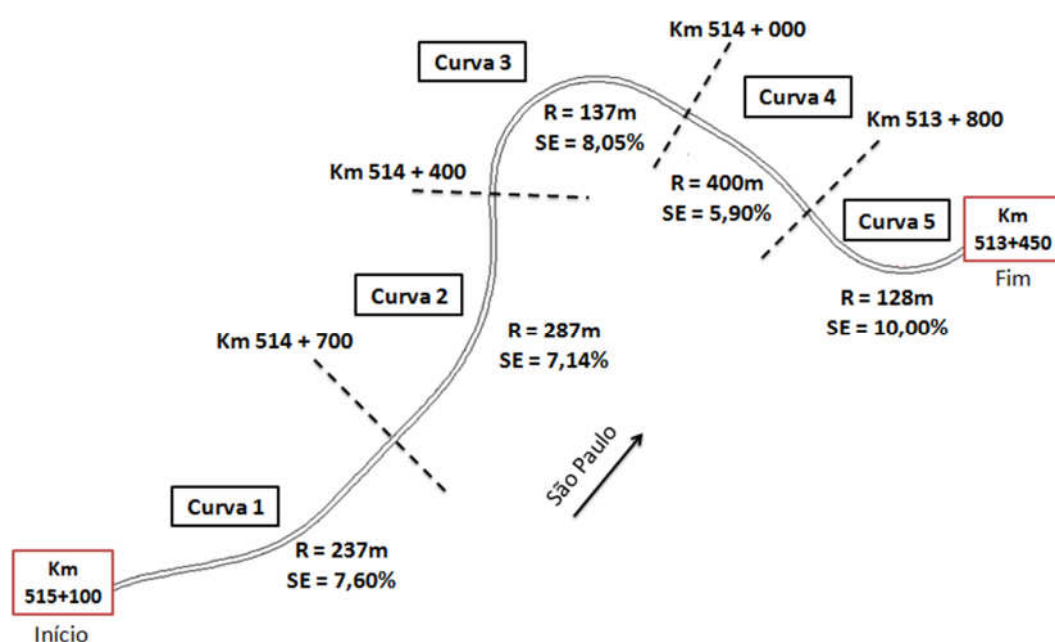


Figura 4.1: Características das curvas do trecho analisado



Figura 4.2: Imagem aérea do segmento analisado

Foram realizadas duas auditorias para verificação da implantação das medidas conforme, uma noturna (dia 02 de agosto de 2011) e outra diurna (dia 03 de agosto de 2011). Na auditoria noturna foram verificados os aspectos relativos à retrorefletância e conspicuidade da sinalização. Na auditoria diurna foram verificados os aspectos construtivos das barreiras; a localização/posicionamento dos elementos de sinalização vertical e horizontal e uma avaliação visual das condições do pavimento.

A implantação de sinalização vertical e horizontal de alto impacto visual ocorreu em todas as curvas, sendo que nas duas de menor raio optou-se pela sinalização vertical (marcadores de alinhamento) na cor lima-limão em grau diamante e nas demais na cor amarelo-preta em película refletiva de Alta Intensidade (marcadores de alinhamento convencionais). Na Figura 4.3 é mostrada a sinalização vertical implantada nas curvas.



Figura 4.3: Sinalização vertical nas cores amarelo (acima) e lima-limão (abaixo)

Foram também usadas placas de sinalização vertical do tipo composta alertando a presença de curvas acentuadas no trecho. Optou-se pela colocação desse tipo de sinalização vertical nos dois lados da pista, com o intuito de reforçar a mensagem e criar um efeito de portal. Na Figura 4.4 pode-se observar um local onde esse tipo de placa (películas de Alta Intensidade) foi instalado.



Figura 4.4: Sinalização vertical de advertência composta para curva acentuada á esquerda

A sinalização horizontal foi reforçada com a pintura das linhas de bordo, implantação de sonorizadores (LERV's – Linhas de Estímulo de Redução de Velocidade) e tachas refletivas, conforme é mostrado na Figura 4.5.



Figura 4.5: Aspecto da sinalização horizontal implantada

O aumento da superlargura nas curvas 3 e 5 (de menor raio), por meio da redistribuição da largura das faixas e do acostamento zebrado pode ser visualizado na Figura 4.6.



Figura 4.6: Redistribuição da largura das faixas e acostamento para aumento da superlargura

Os sistemas laterais de contenção usando barreira metálica e New Jersey implantados no trecho podem ser visualizados na Figura 4.7.



Figura 4.7: Sistemas de contenção lateral usando barreira metálica (acima) e New Jersey (abaixo) implementados no Trecho em estudo

Por meio da inspeção noturna o alto impacto visual da nova sinalização horizontal e vertical implantada pode ser percebido, conforme mostrado na Figura 4.8.



Figura 4.8: Sinalização horizontal e vertical de alto impacto visual

Com relação à aderência pneu-pavimento, o micro-revestimento asfáltico executado contribuirá com certeza para a melhoria da segurança dos usuários, principalmente nas curvas de menor raio.

5. ANÁLISE DOS ACIDENTES NO PERÍODO “ANTES” E “DEPOIS”

5.1. TRECHO DE ESTUDO

5.1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES “DEPOIS” NO TRECHO KM 515+100 AO KM 513+450

Período considerado: agosto de 2011 a julho de 2012

Na Tabela 5.1 os acidentes no período “depois” no Trecho de Estudo são caracterizados de acordo com os tipos de veículos envolvidos, a severidade, o estado da pista e o tipo.

Tabela 5.1: Caracterização dos acidentes “depois” no Trecho de Estudo

Mês	Nº	Veículos			Severidade*			Pista			Tipo			
		Leve	Pesado	Out.	Ileso	Leve	Moderado	Molhada	Seca	Não def.	Saída de pista	Col. tras.	Col. lat.	Out.
Ago/11	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Set/11	4	2	2	0	3	1	0	2	2	0	4	0	0	0
Out/11	2	1	1	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0
Nov/11	6	5	1	0	4	1	1	2	3	1	6	0	0	0
Dez/11	7	4	4	0	4	1	2	6	1	0	6	0	1	0
Jan/12	5	4	1	0	4	1	0	4	1	0	5	0	0	0
Fev/12	3	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	0
Mar/12	6	3	3	1	5	1	0	2	4	0	3	1	2	0
Abr/12	4	2	2	0	4	0	0	2	2	0	2	1	0	1
Mai/12	3	1	2	0	1	2	0	2	1	0	2	1	0	0
Jun/12	2	0	2	0	2	0	0	2	0	0	1	1	0	0
Jul/12	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	2	0	0	0
Total	45	27	19	1	34	8	3	29	15	1	37	4	3	1

*Classificação guiada pelo tipo de ferimento mais grave. Portanto, um acidente que contenha pelo menos uma vítima moderada, será classificado como “moderado”, mesmo que contenha vítimas ilusas ou com ferimentos leves.

5.1.2. COMPARAÇÃO DOS ACIDENTES “ANTES” E “DEPOIS” NO TRECHO KM 515+100 AO KM 513+450

Período considerado: setembro de 2008 a julho de 2012

Na Tabela 5.2 encontra-se a distribuição mensal dos acidentes no período de setembro de 2008 a julho de 2012. Na Figura 5.1 encontra-se o gráfico da distribuição mensal dos acidentes nos anos de 2008 a 2012.

Tabela 5.2: Distribuição mensal dos acidentes

Mês	Ano (absoluto)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Janeiro	-	10	31	8	5
Fevereiro	-	6	10	10	3
Março	-	5	12	14	6
Abril	-	11	16	7	4
Maio	-	11	14	12	3
Junho	-	18	10	3	2
Julho	-	16	19	-*	2
Agosto	-	10	7	1	-
Setembro	3	18	12	4	-
Outubro	3	19	20	2	-
Novembro	10	13	15	6	-
Dezembro	8	23	12	7	-
Média de todos os meses em cada ano	6,00	13,33	14,83	9,00** 4,00***	3,57
Total	24	160	178	74	25

*Excluído da análise por ser o período de implantação das ações

**Período “antes”

***Período “depois”

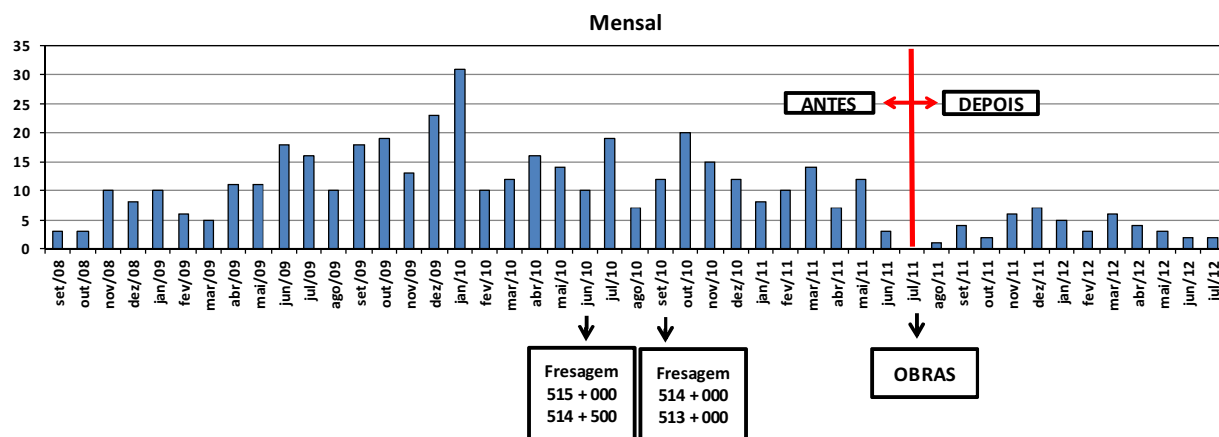


Figura 5.1: Número de acidentes mensal nos anos 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012.

Em uma comparação da média mensal de acidentes nos períodos “antes” e “depois”, verifica-se uma redução de 69% de um período para outro, com a média sendo reduzida de 12,24 acidentes/mês (nos 34 meses do período “antes”) para 3,75 acidentes/mês (nos 12 meses do período “depois”).

Em relação à distribuição dos acidentes conforme ao estado da pista os resultados podem ser vistos na Figura 5.2. A análise para o ano de 2011 foi dividida em 2011-A, correspondente ao período anterior às intervenções; e 2011-D, correspondente ao período “depois” das intervenções. No ano de 2012, 64% dos acidentes ocorreram em condições de pista molhada e 36% de pista seca.

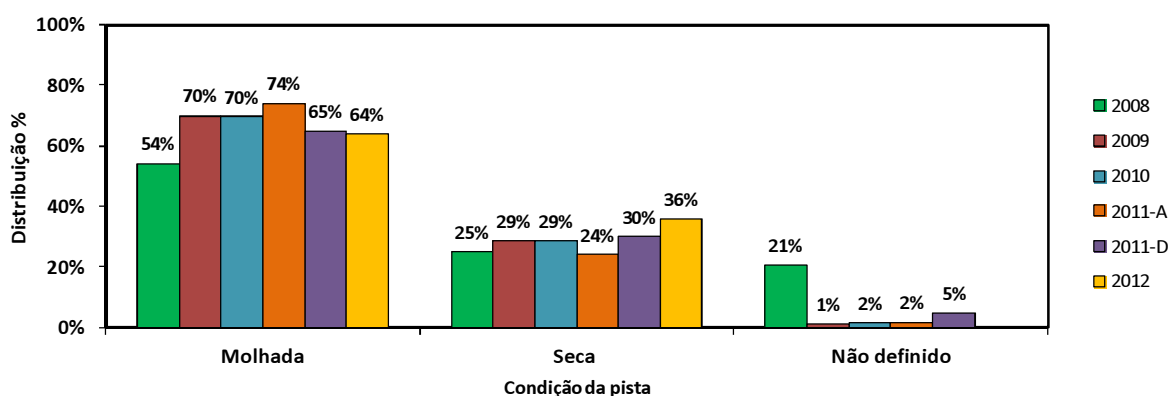


Figura 5.2: Distribuição dos acidentes conforme o estado da pista

Na análise dos tipos de veículos envolvidos, considerando o ano de 2012, tem-se que 54% são veículos leves (veículos de passeio, vans e utilitários), 42% são veículos pesados (caminhão/carreta) e 4% são outros veículos, como pode ser visto pela Figura 5.3.

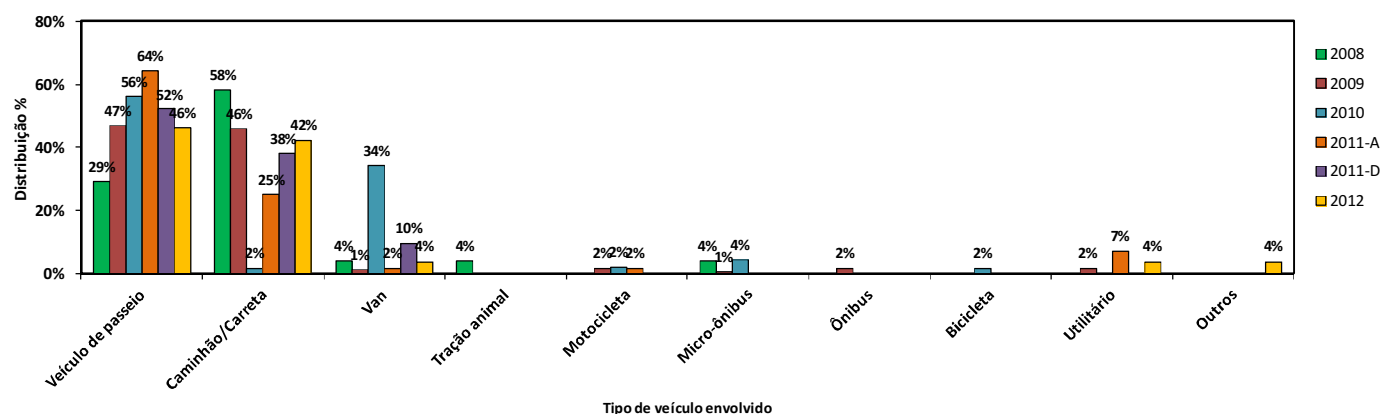


Figura 5.3: Distribuição dos tipos de veículos envolvidos

Em relação à tipologia dos acidentes tem-se que em 2012 a saída de pista representa 72% dos acidentes ocorridos no trecho no período “depois”, as colisões traseiras 16%, as colisões laterais 8% e outros acidentes 4%. Esse dado pode ser visualizado na Figura 5.4, na qual também se observa a distribuição das tipologias nos anos “antes”.

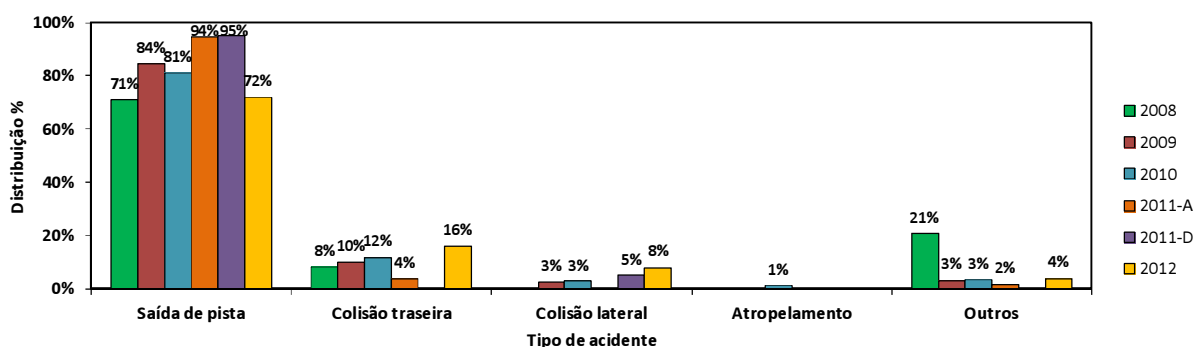


Figura 5.4: Distribuição dos tipos de acidentes

Em relação ao tipo de lesão causada pelos acidentes têm-se os resultados que podem ser vistos na Figura 5.5. Apesar de um aparente aumento do percentual de vítimas com ferimentos moderados, é importante destacar a ausência de vítimas graves ou fatais e a redução nos valores absolutos no período “depois”.

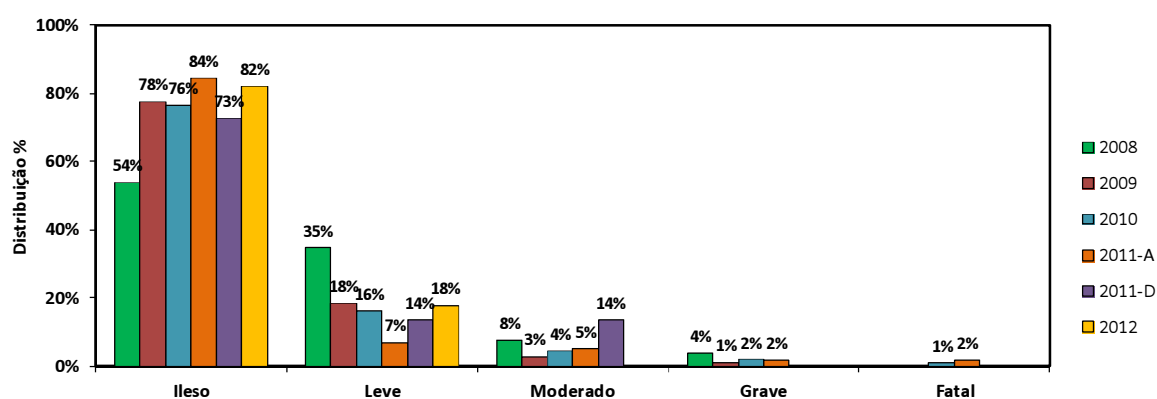


Figura 5.5: Distribuição dos tipos de lesões causadas pelos acidentes*

*Representa a ocorrência de cada tipo de ferimento nos acidentes, podendo um mesmo acidente possuir feridos ilesos, leves e moderados.

De uma forma geral, vale comentar que a gravidade dos acidentes foi reduzida de um período para outro, o que pode ser percebido pela análise da Tabela 5.3, na qual é mostrada a comparação dos índices de feridos por acidente (ferido leve/acidente, ferido moderado/acidente, ferido grave/acidente e morte/acidente) nos períodos “antes” e “depois”. Nota-se, portanto, que além da eliminação dos acidentes com feridos graves e fatais no Trecho de Estudo, houveram reduções significativas também no número de feridos leves e moderados por acidente, da ordem de 53 e 40%, respectivamente.

Tabela 5.3 - Comparação dos índices de feridos por acidente “antes” e “depois”

Índices	Antes	Depois	Redução
Feridos leves/acidente	0,19	0,09	53%
Feridos moderados/acidente	0,05	0,03	40%
Feridos graves/acidente	0,02	0,00	100%
Mortes/acidente	0,01	0,00	100%

Nas Figuras de 5.6 a 5.13 são mostrados os históricos da distribuição dos acidentes entre os meses de agosto a dezembro, abrangendo os anos de 2008 a 2011, e entre os meses de janeiro e março, abrangendo os anos de 2009 a 2012. Na Figura 5.6, o mês de agosto de 2008 não foi incluído, pois os dados disponíveis são a partir de setembro de 2008.

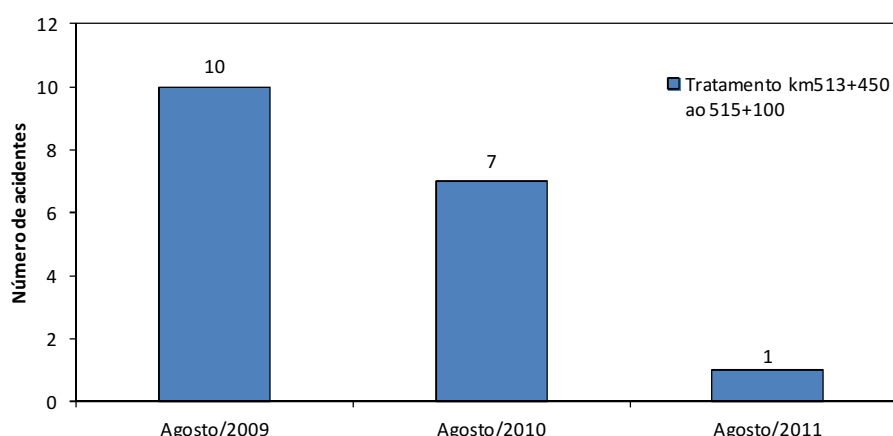


Figura 5.6: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de agosto para os anos 2009, 2010 e 2011.

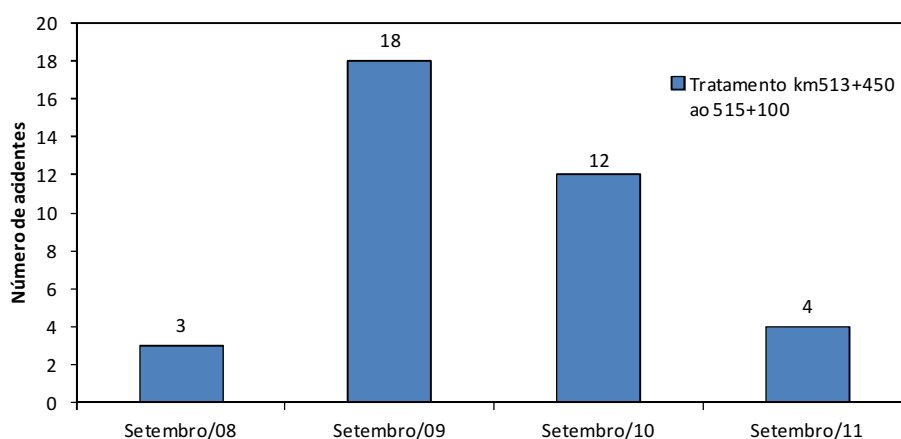


Figura 5.7: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de setembro para os anos 2008, 2009, 2010 e 2011.

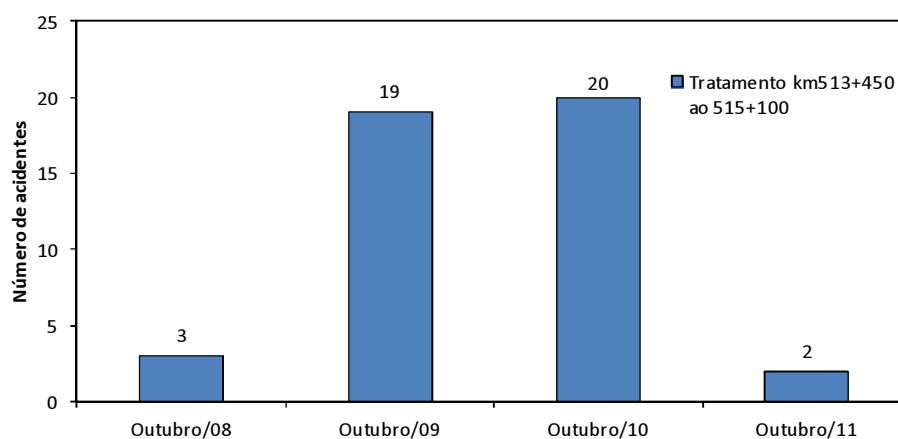


Figura 5.8: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de outubro para os anos 2008, 2009, 2010 e 2011.

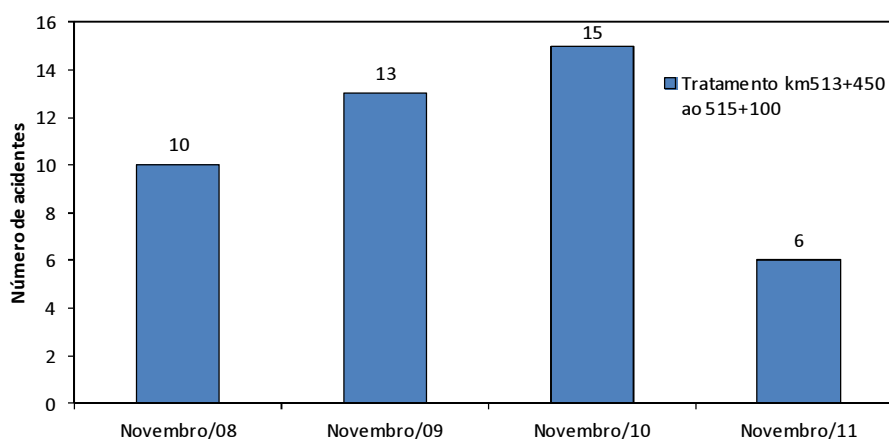


Figura 5.9: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de novembro para os anos 2008, 2009, 2010 e 2011.

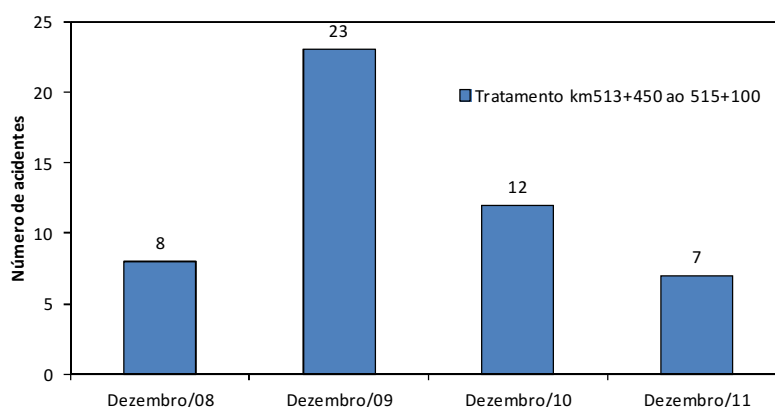


Figura 5.10: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de dezembro para os anos 2008, 2009, 2010 e 2011.

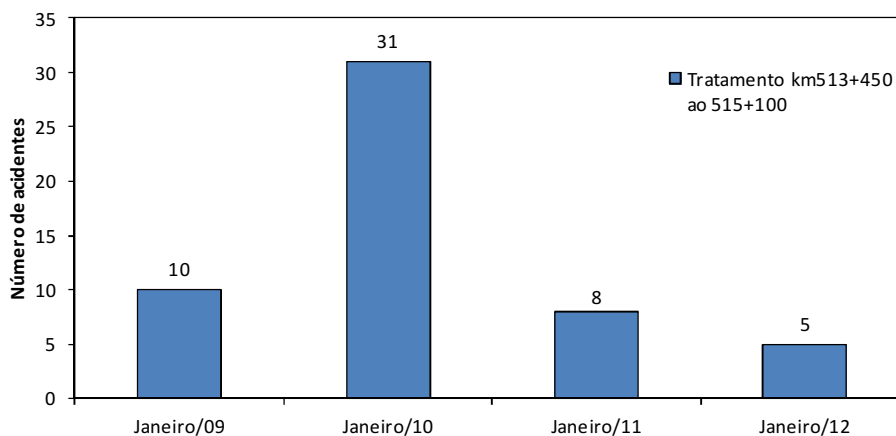


Figura 5.11: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de janeiro para os anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

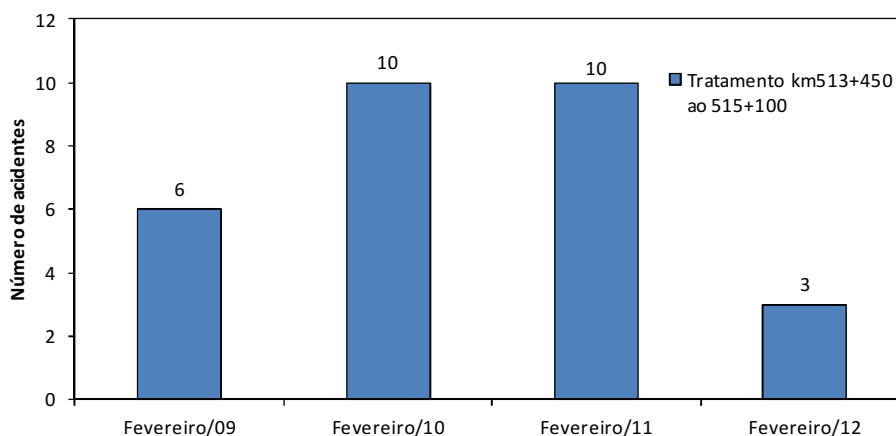


Figura 5.12: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de fevereiro para os anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

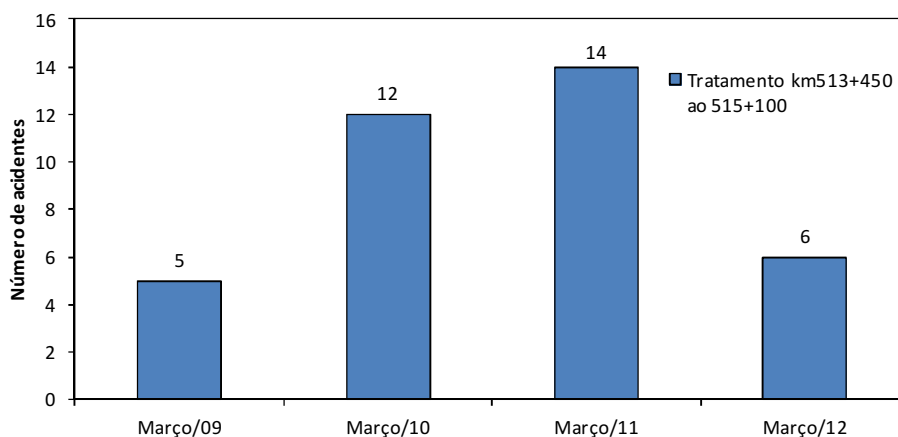


Figura 5.13: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de março para os anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

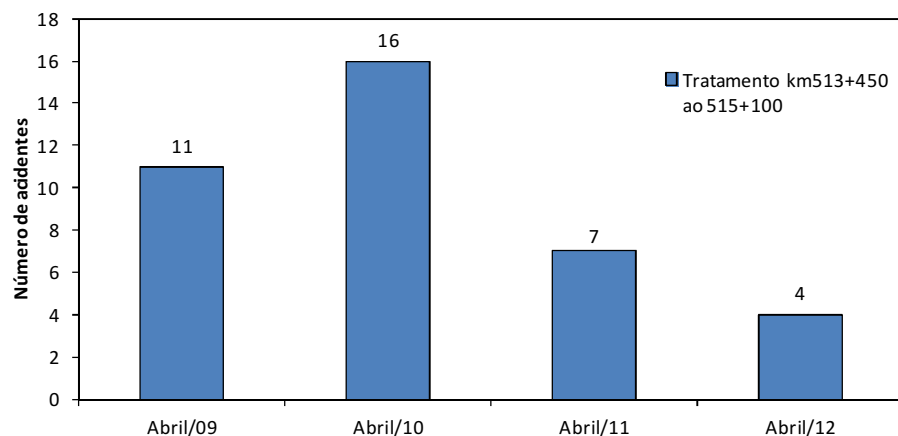


Figura 5.14: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de abril para os anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

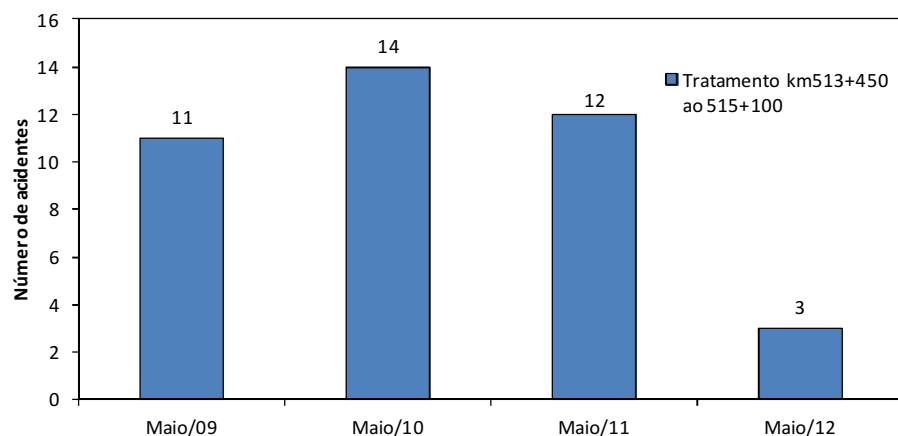


Figura 5.15: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de maio para os anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

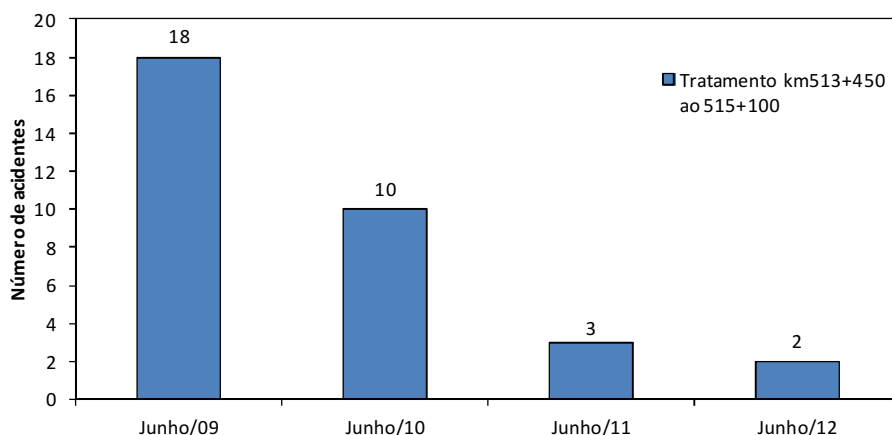


Figura 5.16: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de junho para os anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

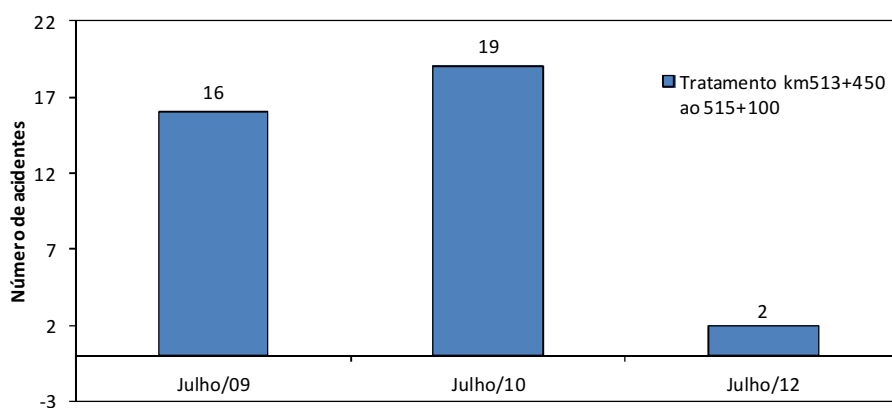


Figura 5.17: Histórico da distribuição dos acidentes no mês de julho para os anos 2009, 2010 e 2012.

Na Tabela 5.4 é apresentado um resumo das reduções verificadas nos meses do período “depois”, por meio da comparação da média mensal no período “antes” e no período “depois”. Verifica-se, portanto, reduções em todos os meses (a partir de 42% até 89%).

Tabela 5.4: Comparação das médias mensais nos períodos “antes” e “depois” no Trecho de Estudo

Meses	Antes					Depois			Redução
	2008	2009	2010	2011 antes	Média Antes	2011 depois	2012	Média depois	
Agosto	-	10	7	-	8,5	1	-	1,0	88%
Setembro	3	18	12	-	11,0	4	-	4,0	64%
Outubro	3	19	20	-	14,0	2	-	2,0	86%
Novembro	10	13	15	-	12,7	6	-	6,0	53%
Dezembro	8	23	12	-	14,3	7	-	7,0	51%
Janeiro	-	10	31	8	16,3	-	5	5,0	69%
Fevereiro	-	6	10	10	8,7	-	3	3,0	65%
Março	-	5	12	14	10,3	-	6	6,0	42%
Abril	-	11	16	7	11,3	-	4	4,0	65%
Maio	-	11	14	12	12,3	-	3	3,0	76%
Junho	-	18	10	3	10,3	-	2	2,0	81%
Julho	-	16	19	-	17,5	-	2	2,0	89%

5.2. GRUPO DE COMPARAÇÃO 1

5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES “DEPOIS” NO TRECHO KM 513+000 AO KM 509+000

Período considerado: agosto de 2011 a julho 2012

Na Tabela 5.5 os acidentes no período “depois” no trecho do Grupo de Comparação (km 513 ao 509) são caracterizados de acordo com os tipos de veículos envolvidos, a severidade, o estado da pista e o tipo.

Tabela 5.5: Caracterização dos acidentes “depois” no Grupo de Comparação - km 513 ao 509

Mês	Nº	Veículos				Severidade*				Pista		Tipo		
		Leve	Pesado	Moto	Out.	Ileso	Leve	Mod.	Fat.	Molhada	Seca	Saída de pista	Col. Tras.	Out.
Ago/11	3	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0
Set/11	7	1	6	0	0	5	2	0	0	2	5	6	1	0
Out/11	7	4	3	0	1	6	1	0	0	3	4	7	0	0
Nov/11	5	1	3	1	0	1	3	1	0	2	3	4	0	1
Dez/11	7	5	2	0	0	4	3	0	0	5	2	7	0	0
Jan/12	5	2	3	0	0	0	3	2	0	3	2	5	0	0
Fev/12	4	1	3	0	0	1	3	0	0	1	3	4	0	0
Mar/12	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Abr/12	3	0	3	0	0	2	0	0	1	1	2	3	0	0
Mai/12	8	4	4	0	0	8	0	0	0	5	3	5	2	1
Jun/12	3	2	1	0	0	2	1	0	0	2	1	3	0	0
Jul/12	5	3	2	0	0	3	2	0	0	3	2	5	0	0
Total	58	26	31	1	1	35	18	4	1	30	28	53	3	2

*Classificação guiada pelo tipo de ferimento mais grave. Portanto, um acidente que contenha pelo menos uma vítima moderada, será classificado como “moderado”, mesmo que contenha vítimas ilesas ou com ferimentos leves.

5.2.2. ANÁLISE DOS ACIDENTES “ANTES” E “DEPOIS” NO TRECHO KM 513+000 AO KM 509+000

Período considerado: Setembro de 2008 a julho de 2012

Na Tabela 5.6 encontra-se a distribuição mensal dos acidentes no período de setembro de 2008 a julho de 2012. Na Figura 5.18 encontra-se o gráfico da distribuição mensal dos acidentes nos anos de 2008 a 2012.

Tabela 5.6: Distribuição mensal dos acidentes

Mês	Ano (absoluto)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Janeiro	-	5	16	12	5
Fevereiro	-	10	3	3	4
Março	-	8	11	8	1
Abril	-	5	8	5	3
Maio	-	13	13	4	8
Junho	-	12	15	3	3
Julho	-	12	5	_*	5
Agosto	-	11	12	3	-
Setembro	1	17	10	7	-
Outubro	6	13	6	7	-
Novembro	5	16	5	5	-
Dezembro	3	11	6	7	-
Média de todos os meses em cada ano	3,75	11,08	9,17	5,83** 5,80***	4,14
Total	15	133	110	64	29

*Excluído da análise por ser o período de implantação das ações no Trecho de Estudo

**Período “antes”

***Período “depois”

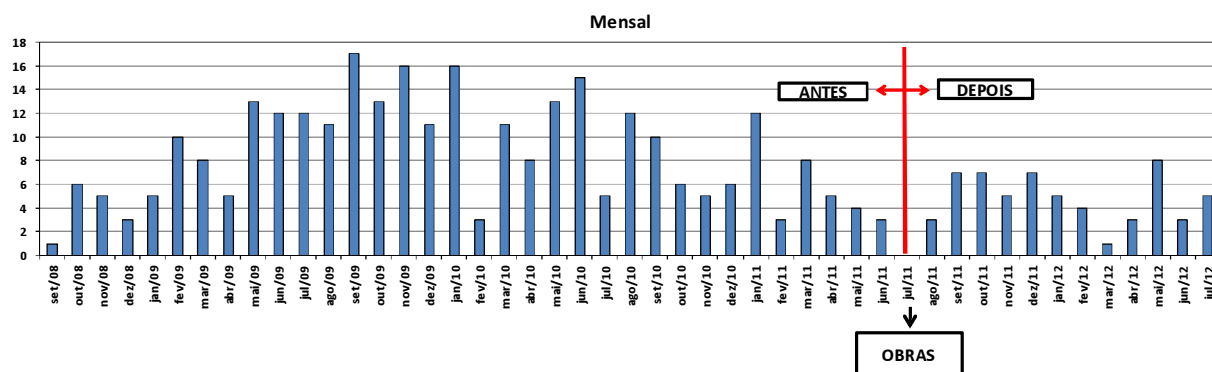


Figura 5.18: Número de acidentes mensal nos anos 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012.

Em relação à distribuição dos acidentes conforme ao estado da pista os resultados podem ser vistos na Figura 5.19.

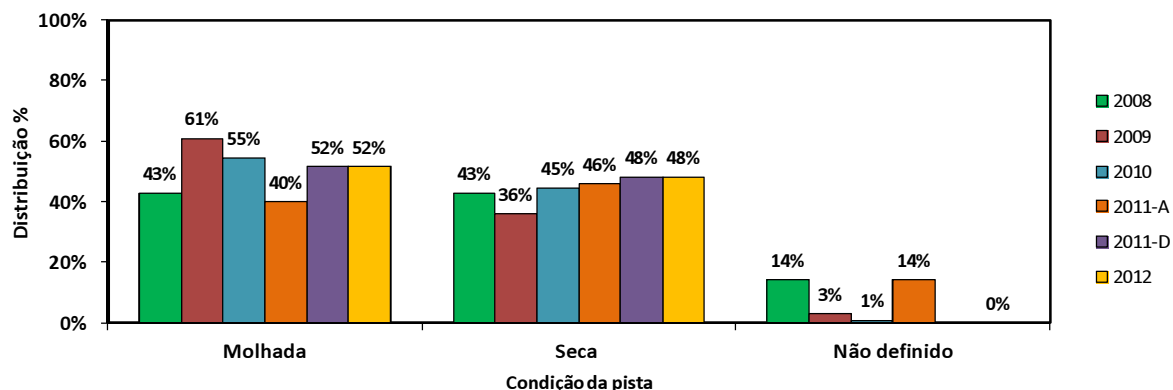


Figura 5.19: Distribuição dos acidentes conforme o estado da pista

Na análise dos tipos de veículos envolvidos, considerando o ano de 2012, tem-se que 41% são veículos leves (veículos de passeio) e 59% são veículos pesados (caminhão/carreta), como pode ser visto pela Figura 5.20.

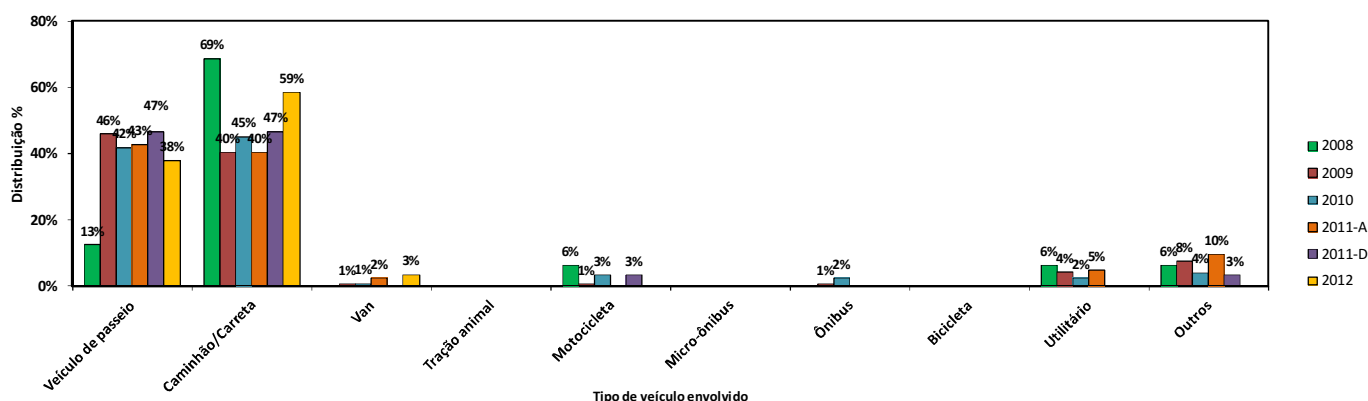


Figura 5.20: Distribuição dos tipos de veículos envolvidos

Em relação à tipologia dos acidentes tem-se que em 2012 a saída de pista representa 92% dos acidentes ocorridos no trecho no período “depois”. Esse dado pode ser visualizado na Figura 5.21, na qual também se observa a distribuição das tipologias nos anos “antes”.

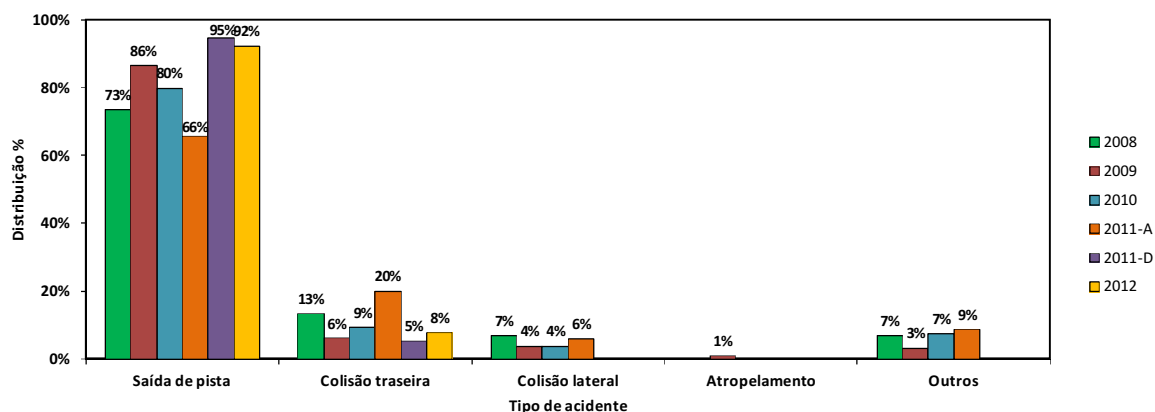


Figura 5.21: Distribuição dos tipos de acidentes

Em relação ao tipo de lesão causada à totalidade das vítimas envolvidas nos acidentes têm-se os resultados que podem ser vistos na Figura 5.22.

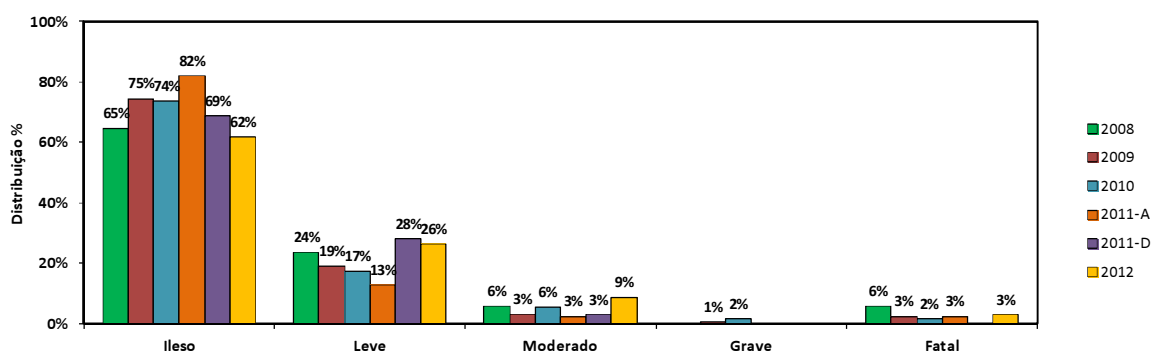


Figura 5.22: Distribuição dos tipos de lesões causadas pelos acidentes*

*Representa a ocorrência de cada tipo de ferimento nos acidentes, podendo um mesmo acidente possuir feridos ilesos, leves e moderados.

5.3. GRUPO DE COMPARAÇÃO 2

5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES “DEPOIS” NO TRECHO KM 518+000 AO KM 516+000

Período considerado: agosto de 2011 a julho 2012

Na Tabela 5.7 os acidentes no período “depois” no trecho do Grupo de Comparação (km 518 ao 516) são caracterizados de acordo com os tipos de veículos envolvidos, a severidade, o estado da pista e o tipo.

Tabela 5.7: Caracterização dos acidentes “depois” no Grupo de Comparação - km 518 ao 516

Mês	Nº	Veículos				Severidade*			Pista		Tipo			
		Leve	Pesado	Moto	Out.	Ileso	Leve	Mod.	Molhada	Seca	Saída de pista	Col. tras.	Col. lat.	Out.
Ago/11	8	7	2	0	1	6	1	1	7	1	6	1	1	0
Set/11	10	9	1	0	2	5	4	1	8	2	8	2	0	0
Out/11	17	15	1	1	2	11	5	1	10	7	14	0	1	2
Nov/11	15	10	1	5	0	8	5	2	9	6	10	1	0	4
Dez/11	21	18	4	0	2	16	5	0	19	2	20	0	1	0
Jan/12	16	14	3	0	0	14	2	0	14	2	14	1	1	0
Fev/12	6	6	0	0	0	5	1	0	5	1	6	0	0	0
Mar/12	8	5	3	0	0	3	5	0	7	1	8	0	0	0
Abr/12	4	4	0	0	0	4	0	0	3	1	3	0	1	0
Mai/12	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Jun/12	2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Jul/12	5	4	1	0	0	2	3	0	3	2	5	0	0	0
Total	113	94	16	7	8	76	32	5	86	27	95	5	5	8

*Classificação guiada pelo tipo de ferimento mais grave. Portanto, um acidente que contenha pelo menos uma vítima moderada, será classificado como “moderado”, mesmo que contenha vítimas ilésas ou com ferimentos leves.

5.3.2. COMPARAÇÃO PRELIMINAR DOS ACIDENTES “ANTES” E “DEPOIS” NO TRECHO KM 518+000 AO KM 516+000

Período considerado: Setembro de 2008 a julho de 2012

Na Tabela 5.8 encontra-se a distribuição mensal dos acidentes no período de setembro de 2008 a julho 2012. Na Figura 5.23 encontra-se o gráfico da distribuição mensal dos acidentes nos anos de 2008 a 2012.

Tabela 5.8: Distribuição mensal dos acidentes

Mês	Ano (absoluto)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Janeiro	-	4	12	3	16
Fevereiro	-	7	1	0	6
Março	-	9	7	1	8
Abril	-	4	5	1	4
Mai	-	2	3	1	1
Junho	-	8	4	1	2
Julho	-	10	3	-*	5
Agosto	-	4	1	8	-
Setembro	6	9	11	10	-
Outubro	4	17	2	17	-
Novembro	5	11	3	15	-
Dezembro	2	9	5	21	-
Média de todos os meses em cada ano	4,25	7,83	4,75	1,17** 14,20***	6,00
Total	17	94	57	78	42

*Excluído da análise por ser o período de implantação das ações no Trecho de Estudo

**Período antes

***Período “depois”

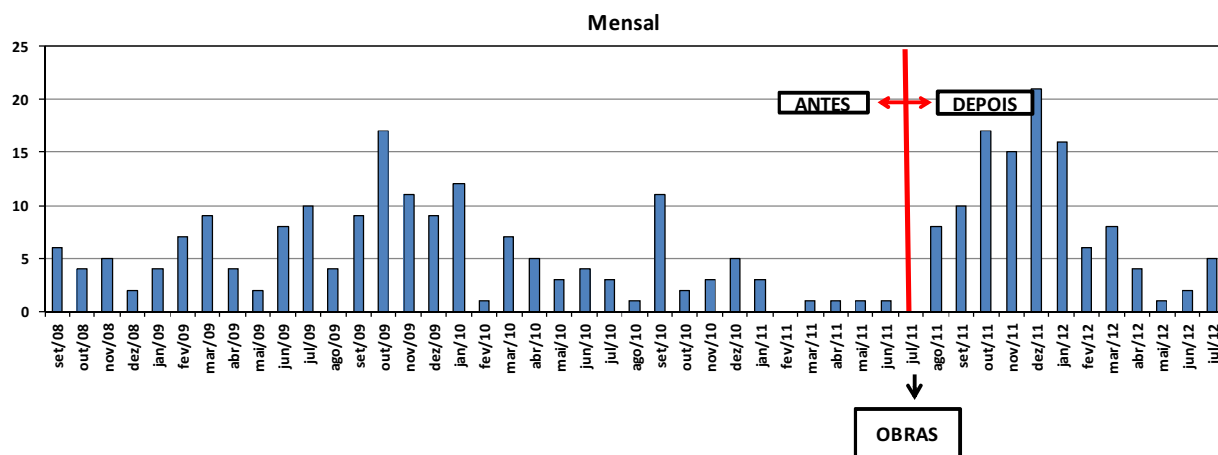


Figura 5.23: Número de acidentes mensal nos anos 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012.

Em relação à distribuição dos acidentes conforme ao estado da pista os resultados podem ser vistos na Figura 5.24.

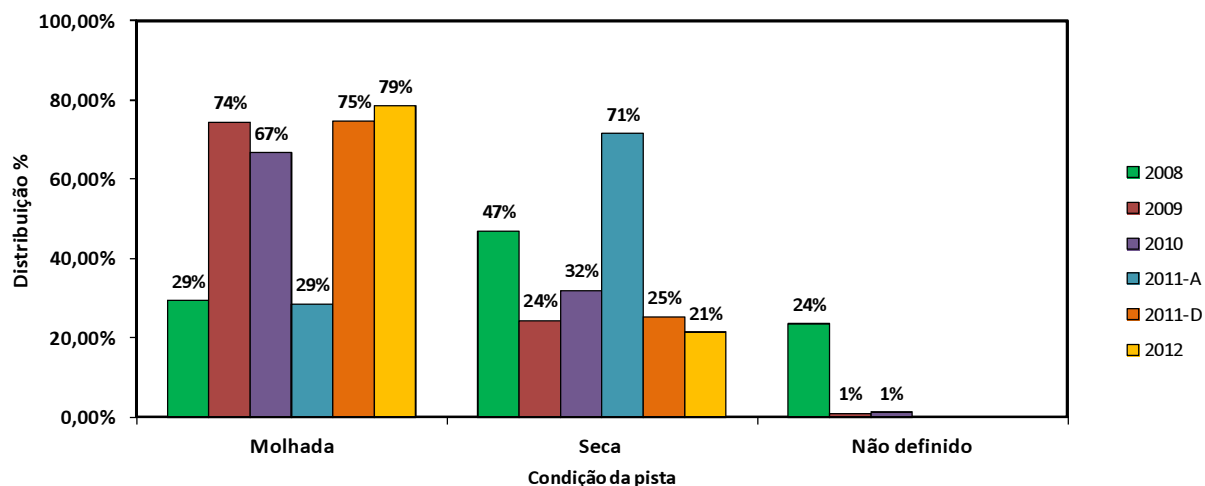


Figura 5.24: Distribuição dos acidentes conforme o estado da pista

Na análise dos tipos de veículos envolvidos, considerando o ano de 2012, tem-se que 80% são veículos leves (veículos de passeio, vans e utilitários), 16% são veículos pesados (caminhão/carreta), 2% motos e 2% outros veículos, como pode ser visto pela Figura 5.25.

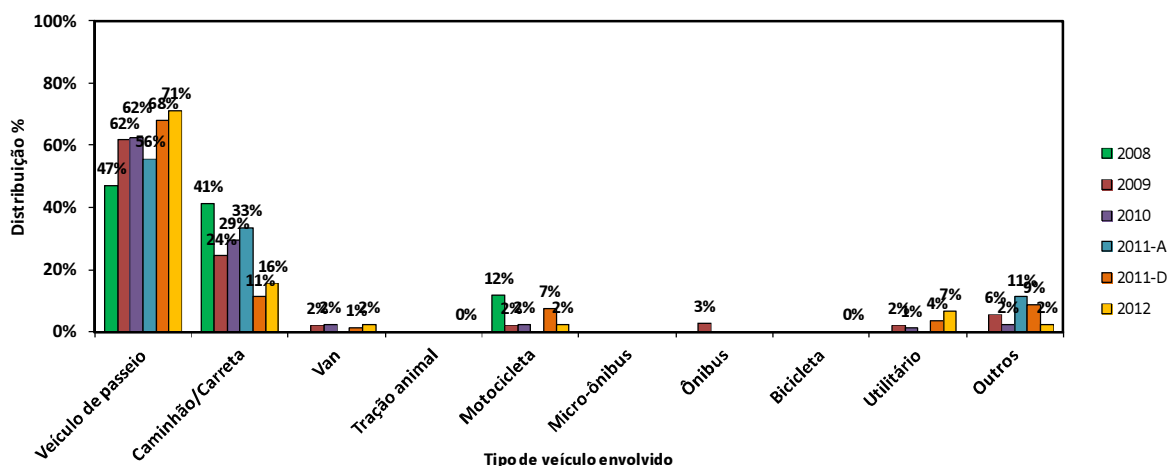


Figura 5.25: Distribuição dos tipos de veículos envolvidos

Em relação à tipologia dos acidentes tem-se que a saída de pista representa a maioria dos acidentes que ocorrem no trecho (88%), seguidos de colisão traseira (2%), colisão lateral (5%) e outros acidentes 5%, englobando assim todos os acidentes no ano de 2012. Estes dados podem ser visualizados na Figura 5.26.

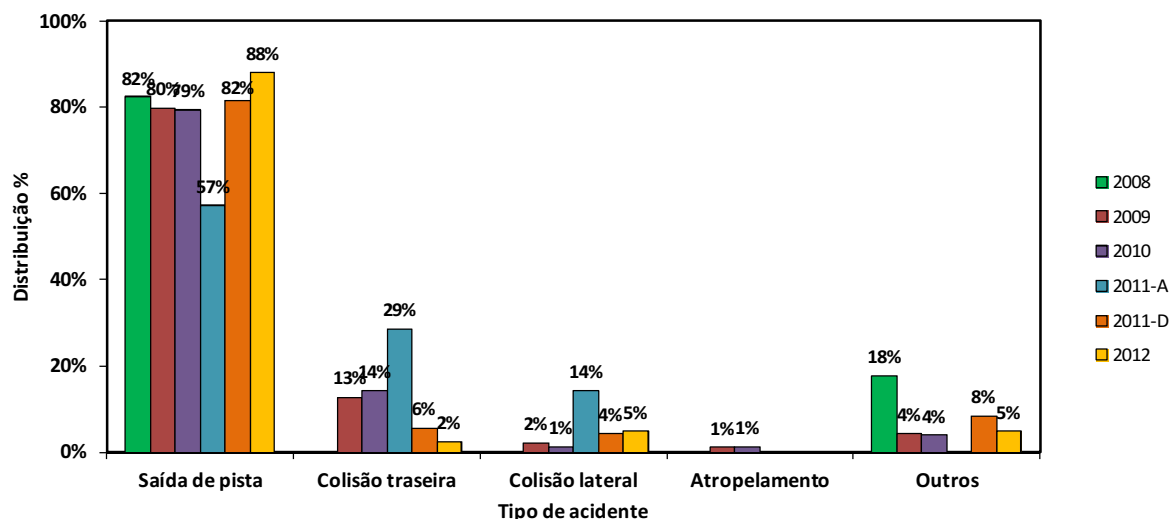


Figura 5.26: Distribuição dos tipos de acidentes

Em relação ao tipo de lesão causada pelos acidentes têm-se os resultados que podem ser vistos na Figura 5.27.

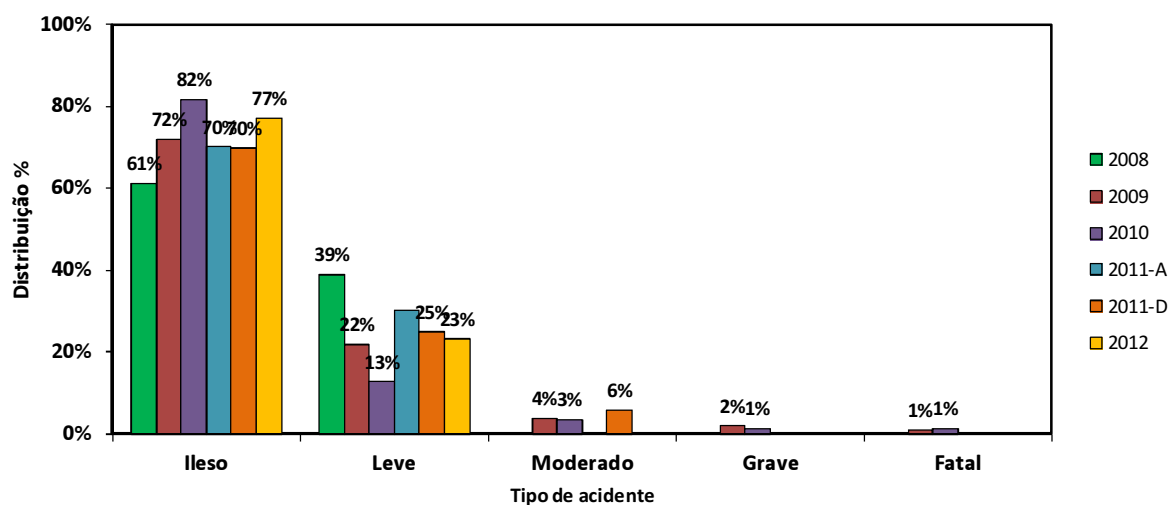


Figura 5.27: Distribuição dos tipos de lesões causadas pelos acidentes*

*Representa a ocorrência de cada tipo de ferimento nos acidentes, podendo um mesmo acidente possuir feridos ilesos, leves e moderados.

6. PARTE 2 – ANÁLISE CONSIDERANDO O VOLUME DE TRÁFEGO

Conhecendo-se a evolução da acidentalidade e também a evolução do volume de tráfego no período, é possível a realização de uma análise do risco (dado pelo índice de acidentes por milhão de veículos) de envolvimento de acidentes no trecho com a utilização de um parâmetro adequado de exposição. A extensão não foi considerada, pois se trata da comparação “antes” e “depois” do mesmo trecho.

A estimativa dos VDMs no trecho baseou-se nas duas contagens realizadas (nos meses de março de 2011 e março de 2012), as quais foram expandidas para o período inteiro de estudo (setembro de 2008 até março de 2012) tomando como referência a evolução dos volumes no posto de pedágio mais próximo (Praça de Pedágio 05 - localizada no km 542+900 no município de Barra do Turvo/SP).

Na Figura 28 é mostrada a evolução do índice de acidentes por milhão de veículos passantes no trecho. Observa-se que os índices para o período “depois” estão em um patamar bem menor que os índices referentes ao período “antes”.

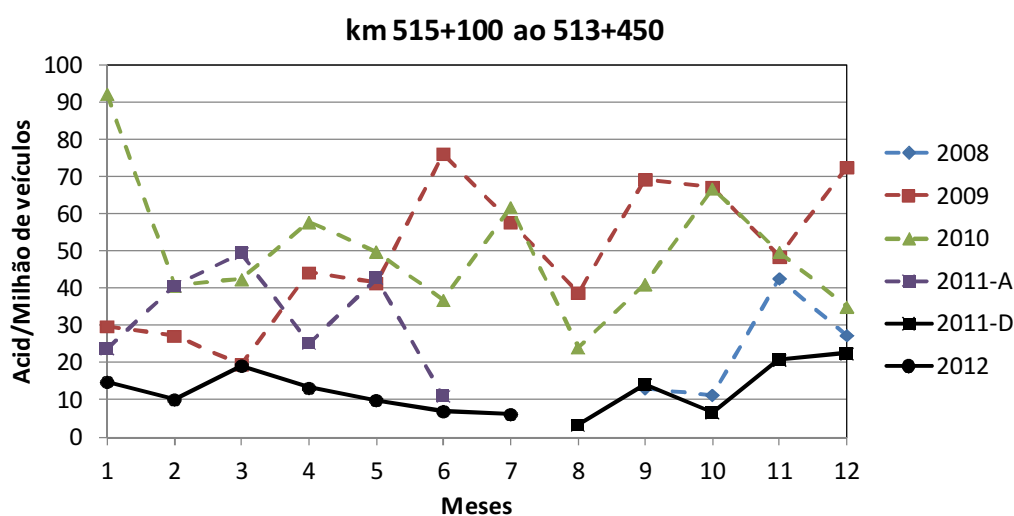


Figura 6.1: Evolução do índice de acidentes/milhão de veículo no Trecho em estudo.

O índice médio mensal para o período “antes” resultou igual a 43,47 acidentes/milhão de veículo, enquanto que no período “depois” esse parâmetro resultou igual a 12,31 acidentes/milhão de veículo – uma redução de 71,68% no risco de acidentes.

Na Tabela 6.1 são mostrados os valores utilizados para o cálculo dos índices apresentados na Figura 6.1, além dos índices calculados para os Grupos de Comparação.

Tabela 6.1 – Valores utilizados para os cálculos dos índices de acidentes

Ano	Mês	Número de acidentes			Dias	VDM	Volume mensal (VDMxDias)	Taxas de acidentes (10 ⁶ x N° de acidentes/ [Volume mensal])		
		515-513	513-509	518-516				515-513	513-509	518-516
2008	9	3	1	6	30	7.588	227.639	13,18	4,39	26,36
	10	3	6	4	31	8.548	264.983	11,32	22,64	15,10
	11	10	5	5	30	7.819	234.581	42,63	21,31	21,31
	12	8	3	2	31	9.416	291.905	27,41	10,28	6,85
2009	1	10	5	4	31	10.829	335.708	29,79	14,89	11,92
	2	6	10	7	28	7.882	220.696	27,19	45,31	31,72
	3	5	8	9	31	8.262	256.127	19,52	31,23	35,14
	4	11	5	4	30	8.287	248.612	44,25	20,11	16,09
	5	11	13	2	31	8.579	265.952	41,36	48,88	7,52
	6	18	12	8	30	7.877	236.324	76,17	50,78	33,85
	7	16	12	10	31	8.941	277.170	57,73	43,29	36,08
	8	10	11	4	31	8.319	257.897	38,78	42,65	15,51
	9	18	17	9	30	8.661	259.821	69,28	65,43	34,64
	10	19	13	17	31	9.108	282.338	67,30	46,04	60,21
	11	13	16	11	30	8.938	268.125	48,48	59,67	41,03
	12	23	11	9	31	10.231	317.154	72,52	34,68	28,38
2010	1	31	16	12	31	10.844	336.179	92,21	47,59	35,70
	2	10	3	1	28	8.790	246.108	40,63	12,19	4,06
	3	12	11	7	31	9.131	283.048	42,40	38,86	24,73
	4	16	8	5	30	9.232	276.968	57,77	28,88	18,05
	5	14	13	3	31	9.059	280.844	49,85	46,29	10,68
	6	10	15	4	30	9.048	271.435	36,84	55,26	14,74
	7	19	5	3	31	9.920	307.519	61,78	16,26	9,76
	8	7	12	1	31	9.373	290.555	24,09	41,30	3,44
	9	12	10	11	30	9.733	292.004	41,10	34,25	37,67
	10	20	6	2	31	9.667	299.692	66,74	20,02	6,67
	11	15	5	3	30	10.056	301.670	49,72	16,57	9,94

	12	12	6	5	31	11.045	342.403	35,05	17,52	14,60
2011-A	1	8	12	3	31	10.844	336.179	23,80	35,70	8,92
	2	10	3	0	28	8.790	246.108	40,63	12,19	0,00
	3	14	8	1	31	9.131	283.048	49,46	28,26	3,53
	4	7	5	1	30	9.232	276.968	25,27	18,05	3,61
	5	12	4	1	31	9.059	280.844	42,73	14,24	3,56
	6	3	3	1	30	9.048	271.435	11,05	11,05	3,68
2011-D	8	1	3	8	31	9.920	307.519	3,25	9,76	26,01
	9	4	7	10	30	9.373	281.182	14,23	24,89	35,56
	10	2	7	17	31	9.733	301.737	6,63	23,20	56,34
	11	6	5	15	30	9.667	290.024	20,69	17,24	51,72
	12	7	7	21	31	10.056	311.725	22,46	22,46	67,37
2012	1	5	5	16	31	10.875	337.121	14,83	14,83	47,46
	2	3	4	6	29	10.201	295.837	10,14	13,52	20,28
	3	6	1	8	31	10.079	312.449	19,20	3,20	25,60
	4	4	3	4	30	10.075	302.238	13,23	9,93	13,23
	5	3	8	1	31	9.726	301.492	9,95	26,53	3,32
	6	2	3	2	30	9.584	287.516	6,96	10,43	6,96
	7	2	5	5	31	10.462	324.311	6,17	15,42	15,42

7. PARTE 3 – MEDIÇÕES DE VELOCIDADE “ANTES” E “DEPOIS”

A partir das medições de velocidades realizadas no Trecho de Estudo em março de 2012, constatou-se que houve uma redução significativa da V_{85} e da velocidade média, bem como redução da variância entre as velocidades observadas no trecho. Nas Figuras 7.1 e 7.2, correspondentes aos dois pontos de medição da velocidade, essa mudança pode ser observada.

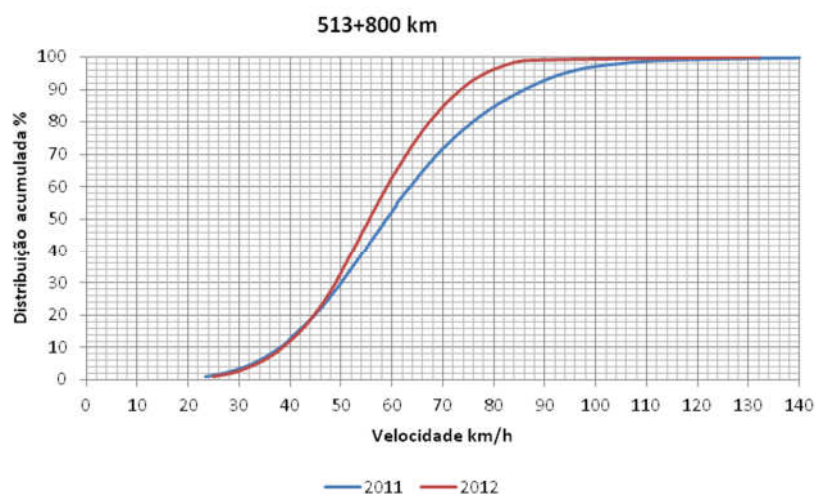


Figura 7.1: Curvas “S” das velocidades antes (2011) e depois (2012) no ponto 1.

Conforme se observa na Figura 7.1, houve uma redução significativa da variância das velocidades entre os veículos, em torno de 52,02%:

- Variância das velocidades em 2011 igual a 381,95;
- Variância das velocidades em 2012 igual a 183,25.

A diminuição da variância é um ponto importante para a segurança viária, pois diminui a amplitude da diferença das velocidades dos veículos que trafegam, diminuindo a frequência das ultrapassagens e, conseqüentemente, a probabilidade de acidentes.

Houve uma redução da velocidade média entorno de 5,25%:

- Velocidade média em 2011: $V_m = 58,90$ km/h;

- Velocidade média em 2012: $V_m = 55,81$ km/h.

Houve uma redução da velocidade do 85º Percentil de 12,70%:

- Velocidade do 85º percentil 2011: $V_{85} = 80,30$ km/h;
- Velocidade do 85º percentil 2012: $V_{85} = 70,10$ km/h.

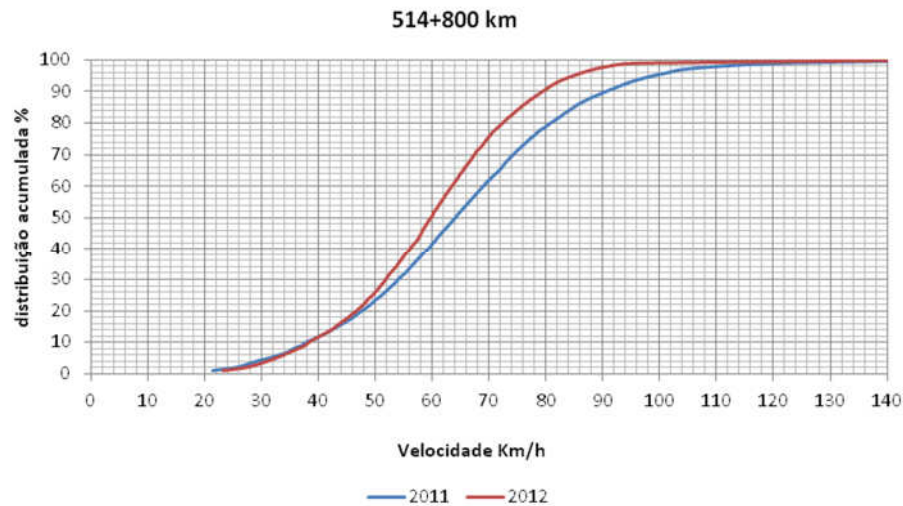


Figura 7.2: Curvas “S” das velocidades “antes” (2011) e “depois” (2012) no ponto 2.

Conforme pode ser observado na Figura 7.2, houve uma redução significativa da variância das velocidades entre os veículos, em torno de 44,15%:

- Variância das velocidades em 2011 igual a 441,35;
- Variância das velocidades em 2012 igual a 246,50.

Houve uma redução da velocidade média entorno de 6,83%:

- Velocidade média em 2011: $V_m = 64,4$ km/h;
- Velocidade média em 2012: $V_m = 60,0$ km/h.

Houve uma redução da velocidade do 85º Percentil de 11,05%:

- Velocidade do 85º percentil 2011: $V_{85} = 86,0$ km/h;
- Velocidade do 85º percentil 2012: $V_{85} = 76,5$ km/h.

Outro aspecto que pode ser observado é que tanto no ponto 1 como no ponto 2 houve um aumento de 10% dos veículos que obedecem a velocidade limite. No caso do ponto 1, no período “antes”, aproximadamente 52% dos veículos percorriam o trecho respeitando a velocidade limite; no período “depois”, aumentou para aproximadamente 62% dos veículos. No caso do ponto 2, no período “antes”, aproximadamente 40% dos veículos percorriam o trecho respeitando a velocidade limite; no período “depois”, aumentou para aproximadamente 50% dos veículos.

8. PARTE 4 – ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS

Esta parte do relatório refere-se à análise da eficácia das medidas realizadas no km 515+100 até km 513+450 da Rodovia Régis Bittencourt em julho de 2011. O período de análise “antes” compreende o período de setembro de 2008 a junho de 2011 e o período de análise “depois” compreende o período de agosto de 2011 a maio de 2012.

Para análise da eficácia das medidas realizadas no trecho foram utilizados dois métodos de avaliação propostos por Ezra Hauer. O primeiro método refere-se ao Método Ingênuo, no qual foram utilizados os dados do trecho km 515+100 até km 513+450. A análise da eficácia utilizando este método foi dividida em quatro análises: utilização apenas dos dados de acidentes registrados; utilização dos dados de acidentes registrados e dados sobre a estimativa do VDM no período “antes” e “depois”; utilização dos dados de acidentes registrados e número de dias chuvosos; utilização dos dados de acidentes registrados e dados sobre a estimativa do VDM no período “antes” e “depois”.

O segundo método consiste no Método dos Grupos de Comparação, no qual foram utilizados os dados do trecho km 515+100 até km 513+450 que recebeu o tratamento (as medidas realizadas) e dados de dois Grupos de Comparação escolhidos em função de características geométricas e de volume de tráfego semelhantes ao trecho tratado, sendo os trechos escolhidos os km 513+000 até km 509+000 (Trecho 1) e os km 518+000 até km 516+000 (Trecho 2). Utilizando este método foram realizadas três análises: comparação do Trecho de Tratamento com o Trecho 1; comparação do Trecho de Tratamento com o Trecho 2; e comparação do Trecho de Tratamento com a combinação dos Trechos 1 e 2.

Esta parte do relatório está dividida em três seções: a primeira parte referente à análise utilizando o Método Ingênuo; a segunda parte referente à análise utilizando os Trechos de Comparação; na terceira parte são apresentadas as considerações finais do projeto.

8.1. ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS UTILIZANDO O MÉTODO INGÊNUO

Período “antes” considerado: setembro de 2008 a junho de 2011

Período “depois” considerado: agosto de 2011 a julho de 2012

Nesta primeira parte foi realizada a análise da eficácia das medidas utilizando o Método Ingênuo, sendo realizadas quatro análises descritas a seguir. Os dados utilizados para os cálculos estão na Tabela 8.1.

Tabela 8.1: Dados utilizados para os cálculos.

ANO	Mês	VDM	Nº de acidentes	Nº dias Ta antes	Nº dias Td depois	Nº dias c/chuva antes (TCa)	Nº Dias c/chuva (TCd)
				1033	366	443	119
2008	9	7.588	3	30		16	
	10	8.548	3	31		15	
	11	7.819	10	30		10	
	12	9.416	8	31		14	
2009	1	10.829	10	31		22	
	2	7.882	6	28		14	
	3	8.262	5	31		10	
	4	8.287	11	30		13	
	5	8.579	11	31		14	
	6	7.877	18	30		11	
	7	8.941	16	31		21	
	8	8.319	10	31		14	
	9	8.661	18	30		21	
	10	9.108	19	31		16	
	11	8.938	13	30		14	
	12	10.231	23	31		16	
2010	1	10.844	31	31		23	
	2	8.79	10	28		10	
	3	9.131	12	31		14	
	4	9.232	16	30		16	
	5	9.059	14	31		14	
	6	9.048	10	30		7	

	7	9.92	19	31	11
	8	9.373	7	31	5
	9	9.733	12	30	11
	10	9.667	20	31	15
	11	10.056	15	30	9
	12	11.045	12	31	19
2011-A	1	10.844	8	31	Sem informação
	2	8.79	10	28	Sem informação
	3	9.131	14	31	23
	4	9.232	7	30	13
	5	9.059	12	31	7
	6	9.048	3	30	5
2011-D	8	9.92	1	31	10
	9	9.373	4	30	15
	10	9.733	2	31	9
	11	9.667	6	30	12
	12	10.056	7	31	14
2012	1	10.875	5	31	19
	2	10.201	3	29	Sem informação
	3	10.079	6	31	7
	4	10.075	4	30	Sem informação*
	5	9.726	3	31	13
	6	9.584	2	30	20
	7	10.462	2	31	Sem informação*

As equações utilizadas para o cálculo do Método Ingênuo foram descritas no item 3.1.

A) Análise da Eficácia com o Método Ingênuo utilizando dados dos acidentes registrados (MI)

A Tabela 8.2 apresenta o resumo dos resultados para o cálculo da eficácia das medidas utilizando o Método Ingênuo, sem levar em consideração a variação do tráfego.

Tabela 8.2: Resumo dos resultados das Etapas de 1 a 4 para o Método Ingênuo sem considerar a variação do tráfego

$r_d = T_d/T_a$	K	L	II	Λ	$\delta = \pi \cdot \lambda$	$\theta = \lambda/\pi$	θ^*
0,3543	416	45	147	45	102	0.31	0.30
Redução 1 - θ	Var(π)	Var(λ)	Var(δ)	$\sigma(\delta)$	Var(θ)	$\sigma(\theta)$	
70%	52	45	97	9,9	0.0023	4,77%	

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 102 acidentes com um desvio padrão de $\pm 9,9$ acidentes, uma redução percentual de 70% com um desvio padrão de $\pm 4,77\%$.

B) Análise da Eficácia utilizando o Método Ingênuo utilizando dados dos acidentes registrados e estimativa do VDMA (MI_{vdma})

Como os dados do VDMA foram retirados da contagem dos pontos de pedágio, o número de dias de contagem utilizado foi 365 (366 se ano bissexto), neste caso resulto numa variância de $\hat{r}_{tf}$ próxima de zero. O resumo dos resultados das etapas 1 e 4 são apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3: Resumo dos resultados das Etapas de 1 a 4 para o Método Ingênuo com a variação do tráfego

V_a^*	V_d^*	$rd = \frac{r_d}{T_d/T_a}$	$rft = \frac{r_{ft}}{V_d/V_a}$	K	L	Π	Λ	$\delta = \pi - \lambda$	$\theta = \lambda/\pi$	θ^*
9154	9985	0.3543	1.0725	416	45	161	45	116	0.28	0.28
Redução 1 - θ	Var(π)	Var(λ)	Var(δ)	$\sigma(\delta)$	Var(θ)	$\sigma(\theta)$				
72%	62	45	107	14	0.0019	4,37%				

* V_a e V_d correspondem à média dos VDM mensais nos períodos “antes” e “depois”.

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 116 acidentes com um desvio padrão de ± 14 acidentes, uma redução percentual de 72% com um desvio padrão de $\pm 4,37\%$.

C) Análise da Eficácia utilizando o Método Ingênuo utilizando dados dos acidentes registrados e número de dias chuvosos (MI_{chuva})

Para a análise da eficácia das medidas em relação aos acidentes com pista molhada, foram utilizadas as seguintes premissas: foram comparados somente os acidentes com a condição da pista molhada nos períodos “antes” e “depois”; foram considerados somente os meses em que foi possível obter da estação do INMET F4005 a quantidade de dias com chuva, os meses

descartados no período “antes” foram janeiro e fevereiro de 2011, no período “depois” foi descartado o meses de fevereiro/abril/julho de 2012 por que a estação não estava funcionando.

Dessa forma, dos 416 acidentes que ocorreram no período “antes” no Trecho de tratamento, 289 ocorreram com a condição da pista molhada, 116 com pista seca, 11 sem definição. Retirando os acidentes dos meses de janeiro e fevereiro de 2011, o total de acidentes no período “antes” é de 398 acidentes, sendo 272 ocorreram com a condição da pista molhada, 115 com pista seca, 11 sem definição. No período “depois”, dos 45 acidentes que ocorreram de agosto de 2011 até julho de 2012, 29 ocorreram com a condição da pista molhada, 15 com pista seca, 1 sem definição. Retirando os acidentes dos meses de fevereiro/abril/julho de 2012 (os meses sem dados sobre chuva), tem-se 36 acidentes que ocorreram no período “depois”, sendo 23 com a condição da pista molhada, 12 com pista seca e 1 sem definição

Na Tabela 8.4 são apresentados os resultados preliminares utilizando os dados do período “depois” até março de 2012.

Tabela 8.4: Resumo dos resultados das Etapas de 1 a 4 para o Método Ingênuo sem a variação do tráfego e com os acidentes com pista molhada

$rd = \frac{TCd}{TCa}$	K	L	Π	Λ	$\delta = \pi - \lambda$	$\theta = \lambda / \pi$	θ^*
0.2686	272	23	73	23	50	0.31	0.31
Redução $1 - \theta$	$Var(\pi)$	$Var(\lambda)$	$Var(\delta)$	$\sigma(\delta)$	$Var(\theta)$	$\sigma(\theta)$	
69%	20	23	43	6,5	0.0046	6,79%	

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 50 acidentes com pista molhada com um desvio padrão de $\pm 6,5$ acidentes, uma redução percentual de 69% dos acidentes com pista molhada com um desvio padrão de $\pm 6,79\%$.

D) Análise da Eficácia utilizando o Método Ingênuo utilizando dados dos acidentes registrados, estimativa do VDMA e dias chuvosos ($MI_{VDMA+chuva}$)

Esta análise utiliza os mesmos dados no item C incluindo os dados referentes à variação do VDM (r_{tf}). Na Tabela 8.5 são apresentados os resultados utilizando os dados do período “depois” até março de 2012.

Tabela 8.5: Resumo dos resultados das Etapas de 1 a 4 para o Método Ingênuo sem a variação do tráfego e com os acidentes com pista molhada

V_a^*	V_d^*	$r_d = \frac{T_d}{T_a}$	$r_{tf} = \frac{V_d}{V_a}$	K	L	π	Λ	$\delta = \pi - \lambda$	$\theta = \lambda / \pi$	θ^*
9154	9985	0,2686	1.0907	272	23	80	23	57	0.29	0.29
Redução 1 – 0	Var(π)	Var(λ)	Var(δ)	$\sigma(\delta)$	Var(θ)	$\sigma(\theta)$				
71%	23	23	46	10,13	0,0039	6,20%				

* V_a e V_d correspondem à média dos VDM mensais nos períodos “antes” e “depois”.

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 57 acidentes com pista molhada com um desvio padrão de $\pm 10,13$ acidentes, uma redução percentual de 71% dos acidentes com pista molhada com um desvio padrão de $\pm 6,20\%$.

8.2. ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS UTILIZANDO O MÉTODO DO GRUPO DE COMPARAÇÃO

Período “antes” considerado: setembro de 2008 a junho de 2011

Período “depois” considerado: agosto de 2011 a julho de 2012

Nesta segunda parte é feita a análise da eficácia das medidas utilizando o método do Grupo de Comparação. Na Tabela 8.6 encontram-se os dados utilizados para a realização dos cálculos desta análise. Na Figura 8.1 é apresentado o gráfico com a contagem mensal dos acidentes no período de análise.

Tabela 8.6: Contagens de acidentes para o grupo de tratamento e comparação

Mês-Ano	Tratamento	Comparação 1	Comparação 2
	km513+450 ao 515+100	km 509 ao 513	Km 516 ao 518
Setembro 08	3	1	6
Outubro 08	3	6	4

Novembro 08	10	5	5
Dezembro 08	8	3	2
Janeiro 09	10	5	4
Fevereiro 09	6	10	7
Março 09	5	8	9
Abril 09	11	5	4
Mai 09	11	13	2
Junho 09	18	12	8
Julho 09	16	12	10
Agosto 09	10	11	4
Setembro 09	18	17	9
Outubro 09	19	13	17
Novembro 09	13	16	11
Dezembro 09	23	11	9
Janeiro 10	31	16	12
Fevereiro 10	10	3	1
Março 10	12	11	7
Abril 10	16	8	5
Mai 10	14	13	3
Junho 10	10	15	4
Julho 10	19	5	3
Agosto 10	7	12	1
Setembro 10	12	10	11
Outubro 10	20	6	2
Novembro 10	15	5	3
Dezembro 10	12	6	5
Janeiro 11	8	12	3
Fevereiro 11	10	3	0
Março 11	14	8	1
Abril 11	7	5	1
Mai 11	12	4	1
Junho 11	3	3	1
Agosto 11	1	3	8
Setembro 11	4	7	10
Outubro 11	2	7	17
Novembro 11	6	5	15
Dezembro 11	7	7	21
Janeiro 12	5	5	16
Fevereiro 12	3	4	6
Março 12	6	1	8
Abril 12	4	3	4
Mai 12	3	8	1
Junho 12	2	3	2
Julho 12	2	5	5

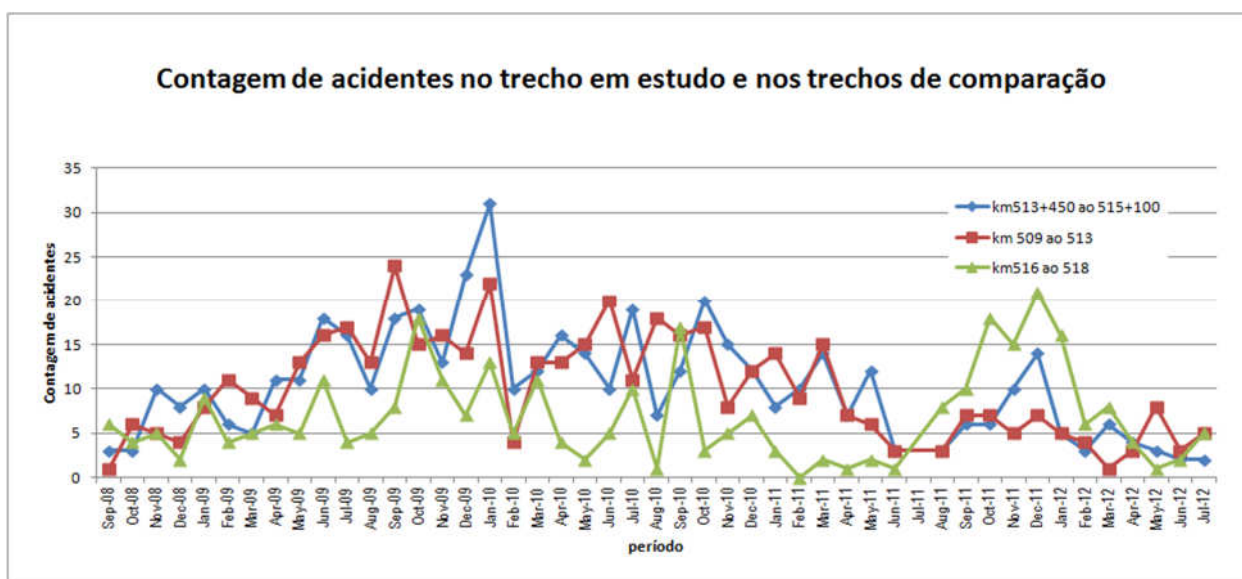


Figura 8.1: Contagem de acidentes no Trecho em estudo e nos Trechos de Comparação.

Assim pode ser calculada a estimativa parcial da $Var(\omega)$, conforme descrito no relatório anterior, para os 8 meses do período “depois”. Os resultados da estimativa encontram-se na Tabela 8.7.

Tabela 8.7: Estimativa parcial da $Var(\omega)$ para os primeiros 10 meses “depois”.

Período	Tratamento	Comparação 1	Comparação 2	Comparação 1 + 2
Antes	416	293	175	468
Depois	45	58	113	171
$Var(\omega)$		0.119358	0.156199	0.026503

Pela análise da variância de ω o Grupo de Comparação 1 (km 513 ao 509) aparentemente apresenta-se melhor que o Grupo de Comparação 2 (km 518 ao 516). Contudo, a utilização da combinação dos dois Grupos de Comparação levou a uma menor variância de ω . Dessa forma, foram feitas análises considerando tanto o Grupo de Comparação 1 e 2 como combinação dos dois Grupos de Comparação.

As equações utilizadas para os cálculos utilizando o Grupo de Comparação foram descritas no item 3.2.

A) Análise da Eficácia utilizando o Método do Grupo de Comparação utilizando como Grupo de Comparação o Trecho 1 (km 513+000 até km 509+000) (GC₁)

Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 8.8 a seguir.

Tabela 8.8- Resumo dos resultados para o Grupo de Comparação 1.

Parâmetros	Tratamento	Comparação 1
Acidentes “antes”	416 (K)	293(M)
Acidentes “depois”	45 (L)	58 (N)
$Var(\omega)$		0,119358
$Var(r_c)/r_c^2 =$ $1/N+1/M+VAR(\omega)$		0,14001
$r_t = r_c$		0,19728
$r_{tf} = VDM \text{ “depois”} / VDM$ “antes”	1,0725	1.0725
$r_{c,modif}$	0,18398	
$\pi = r_{tf} \times r_{c,modif} \times K$	82	
$\lambda = L$	45	
$\delta = \pi \cdot \lambda$	37	
$\theta = \lambda / \pi$	0,55	
θ'	0,63	
Redução = (1 - θ')	37%	
$Var(\pi)$	960	
$Var(\lambda)$	45	
$Var(\delta)$	1.005	
$\sigma(\delta)$	31,70	
$Var(\theta)$	0.0495	
$\sigma(\theta)$	0.2224	

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 37 acidentes com um desvio padrão de $\pm 31,7$ acidentes, uma redução percentual de 37% com um desvio padrão de $\pm 22\%$. Com estes resultados pode-se inferir que utilizar o Grupo de Comparação 1 não traz resultados consistentes, o que pode ser observado pelo desvio padrão de $\pm 22\%$ em relação a redução percentual de 34%.

B) Análise da Eficácia utilizando o Método do Grupo de Comparação utilizando como Grupo de Comparação o Trecho 2 (km 518+000 até km 516+000) (GC₂)

Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 8.9 a seguir.

Tabela 8.9 - Resumo dos resultados para o Grupo de Comparação 2.

Parâmetros	Tratamento	Comparação 2
Acidentes “antes”	416 (K)	175 (M)
Acidentes “depois”	45 (L)	113 (N)
$\text{Var}(\omega)$		0,156199
$\text{Var}(r_c)/r_c^2 = 1/N+1/M+\text{VAR}(\omega)$		0,1707
$r_t = r_c$		0,6420
$r_{tf} = \text{VDM “depois”} / \text{VDM “antes”}$	1,0725	1,0725
$r_{c,\text{modif}}$	0,59886	
$\pi = r_{tf} \times r_{c,\text{modif}} \times K$	267	
$\lambda = L$	45	
$\delta = \pi - \lambda$	222	
$\theta = \lambda / \pi$	0,17	
θ'	0,20	
Redução = (1 - θ')	80%	
$\text{Var}(\pi)$	12.363	
$\text{Var}(\lambda)$	45	
$\text{Var}(\delta)$	12.408	
$\sigma(\delta)$	111,39	
$\text{Var}(\theta)$	0,0055	
$\sigma(\theta)$	0,0744	

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 222 acidentes com um desvio padrão de ± 111 acidentes, uma redução percentual de 80% com um desvio padrão de $\pm 7,44\%$.

C) Análise da Eficácia utilizando o Método do Grupo de Comparação utilizando como Grupo de Comparação os dados agrupados do Trecho 1 e Trecho 2 (GC₁₊₂)

Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 8.10 a seguir.

Tabela 8.10 – Resumo dos resultados para o agrupamento dos grupos de comparação 1 e 2

Parâmetros	Tratamento	Comparação 1+2
Acidentes “antes”	416	468
Acidentes “depois”	45	171
$\text{Var}(\omega)$		0,026503
$\text{Var}(r_c)/r_c^2 =$		
$1/N+1/M+\text{VAR}(\omega)$		0,03449
$r_t = r_c$		0.36461
$r_{tf} = \text{VDM “depois”} / \text{VDM “antes”}$	1.0725	1.0725
$r_{c,\text{modif}}$	0.34000	
$\pi = r_{tf} \times r_{c,\text{modif}} \times K$	152	
$\lambda = L$	45	
$\delta = \pi - \lambda$	107	
$\theta = \lambda / \pi$	0.30	
θ'	0.31	
Redução = (1 - θ')	69%	
$\text{Var}(\pi)$	849	
$\text{Var}(\lambda)$	45	
$\text{Var}(\delta)$	894	
$\sigma(\delta)$	29,90	
$\text{Var}(\theta)$	0.0052	
$\sigma(\theta)$	0.0721	

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 107 acidentes com um desvio padrão de ± 30 acidentes, uma redução percentual de 69% com um desvio padrão de $\pm 7\%$. Com estes resultados pode-se inferir que a utilização do agrupamento dos grupos de comparação trouxe resultados da mesma magnitude do que os obtidos pelo Método Ingênuo.

8.3. RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 8.11 apresenta o resumo dos resultados obtidos pelos métodos utilizados.

Tabela 8.11 – Resumo dos resultados pelos métodos utilizados

Redução	Método						
	MI	MI _{VDMA}	MI _{chuva} *	MI _{VDMA+chuva} *	GC ₁	GC ₂	GC ₁₊₂
Nº de acidentes	102 ± 9,9	116 ± 14	50 ± 6,5	57 ± 10	37 ± 31,7	222 ± 111	107 ± 30
%	70 ± 4,8	72 ± 4,4	69 ± 6,8	71 ± 6,2	34 ± 22	80 ± 7,4	69 ± 7

* Nestes casos a redução refere-se apenas aos acidentes com pista molhada

Contudo no caso do Método Ingênuo cabem as retratações 1 e 2 da página 13 em relação às reduções obtidas. Porém, como foram considerados os fatores como variação do VDM e a o número de dias chuvosos, temos indícios que as medidas foram eficazes pelo Método Ingênuo, o que foi corroborada pelo método do G-C, pois foram encontradas reduções na mesma ordem de grandeza (considerando o agrupamento dos grupos de comparação). Sendo que o G-C controla (em parte) a regressão espontânea para a média e os outros fatores que não foram mensurados.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de medidas de baixa custo (implementação de sinalização horizontal e vertical de alto impacto) na redução dos acidentes de trânsito no trecho km 515+100 ao 513+450 da pista norte da BR 116/SP.

Para avaliar a eficácia das medidas implementadas foram utilizados dois métodos descritos em Hauer (1997). O primeiro método utilizado foi o Método Ingênuo (MI), no qual também foram consideradas as variações do tráfego e dos dias chuvosos nas análises. O segundo método utilizado foi o Método do Grupo de Comparação (GC).

A redução de acidentes verificada pelos dois métodos está consideravelmente acima do valor previsto de 56%, atingindo-se: 70% de redução utilizando-se o Método Ingênuo sem

considerar as variações do tráfego e dias chuvosos (MI); 72% de redução utilizando-se o Método Ingênuo considerando as variações do tráfego (MI_{VDMA}); 69% de redução utilizando-se o Método Ingênuo considerando as variações do tráfego e dos dias chuvosos (MI_{chuva}), neste caso considerando somente os acidentes com pista molhada; 71% de redução utilizando-se o Método Ingênuo considerando as variações do tráfego e dos dias chuvosos ($MI_{VDMA+chuva}$), neste caso considerando somente os acidentes com pista molhada; 34% de redução utilizando-se o método de Grupo de Comparação para o Trecho 1; 80% de redução utilizando-se o método de Grupo de Comparação para o Trecho 2; 69% de redução utilizando-se o método de Grupo de Comparação para o agrupamento dos Trechos 1 e 2.

Estes resultados mostram que a implementação das medidas foi eficaz para a redução da acidentalidade. No entanto, dependendo do método e das considerações feitas são obtidos percentuais diferentes de redução. Neste projeto os percentuais de redução ficaram bem próximos em todos os métodos (69% a 80%), com exceção do resultado do Grupo de Comparação para o Trecho 1 que teve 34% de redução, mas tendo o maior desvio-padrão ($\pm 22\%$) como pode ser visto pela Tabela 8.11, mostrando que o resultado não é muito consistente, pois a redução pode variar entre 12% a 56%.

Para corroborar com os resultados apresentados pelos dois métodos, isto é, de que as medidas foram eficazes, o risco de acidentes também foi reduzido, visto que o índice de acidentes/milhão de veículo caiu 72%.

Outro ponto importante observado com a implantação das medidas foi às reduções na velocidade média (entre 5 a 6%), na V_{85} (11 a 13%) e na variância entre as velocidades (44 a 52%) constatadas por meio das medições em campo. A diminuição da variância entre as velocidades é um ponto importante para a redução de acidentes, uma vez que o trânsito fica mais “harmônico” com velocidades próximas, levando à diminuição de ultrapassagens, e redução das frenagens dos veículos mais rápidos em relação aos mais lentos. Estes resultados reforçam a

ideia de que as medidas implantadas foram bastante eficazes na redução dos acidentes e da sua severidade no trecho pesquisado, pois a velocidade é tanto fator contribuinte para a ocorrência dos acidentes quanto para a severidade das lesões. Contudo, é importante frisar que em torno de 40% - 50% dos motoristas ainda estão trafegando acima do limite estabelecido para a via; as medidas implementadas contribuíram para um aumento de 10% dos motoristas trafegando dentro da velocidade limite estabelecido.

Pode-se concluir também que medidas de projeto de baixo custo, desde que bem estudadas e aplicadas, resultam em grandes benefícios em relação à redução dos acidentes, tanto em quantidade quanto em severidade, conforme demonstrado nesta pesquisa.

A metodologia apresentada neste trabalho traz melhorias na estimativa da eficácia das medidas. Contudo os estudos observacionais do tipo antes e depois podem ser melhorados desenvolvendo-se modelos de previsão de acidentes para a realidade brasileira, ficando a sugestão para trabalhos futuros. Os modelos de previsão de acidentes já são utilizados há várias décadas pela Dinamarca, Suécia, Noruega e Estados Unidos para a realização de análise de eficácia das ações e/ou como ferramenta de tomada de decisão para escolha de alternativas de intervenções viárias.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hauer, E. **Observational Before – After Studies in Road Safety – Estimating the effect of highway and traffic engineering measure on road safety**. Ed. Emerald, UK., 1997.

Ferraz, A. C. P.; Raia Jr., A.; Bezerra, B. S. **Segurança no Trânsito**. Ed. São Francisco, Ribeirão Preto, 2008.