

SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO DE ACIDENTES DO HSM EM RODOVIAS DE PISTA SIMPLES DO ESTADO DE SÃO PAULO

Karla Cristina Rodrigues Silva

Antonio Clóvis Pinto Ferraz

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

Nesta pesquisa de mestrado proposta, busca-se estudar o modelo de previsão de acidentes apresentado no Manual de Segurança Viária (*Highway Safety Manual* – HSM) publicado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO – no ano de 2010. Ao final deste trabalho são esperados os seguintes produtos: (1) caracterização de trechos de rodovias de pista simples segundo os conceitos do HSM para aplicação do modelo, (2) calibração e adaptação da função de desempenho de segurança – *Safety Performance Functions* – em rodovias de pista simples do Estado de São Paulo; (3) análise das diferenças entre o modelo original do HSM e o modelo calibrado. Será feita ainda uma comparação entre a série histórica de acidentes em uma rodovia paulista e o modelo de previsão de acidentes do HSM, considerando as condições físicas e operacionais da rodovia.

1. OBJETIVO

O trabalho tem por objetivo calibrar, aplicar e avaliar o modelo de previsão de acidentes proposto no Manual de Segurança Viária (*Highway Safety Manual* – HSM) publicado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO – no ano de 2010 em rodovias de pista simples do Estado de São Paulo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A teoria que considera os acidentes sujeitos a flutuações aleatórias desfruta de grande aceitação, uma vez que variações atuais no número de acidentes não refletem necessariamente as mudanças esperadas no longo prazo (Hauer, 2007). Isso porque, apesar de os acidentes resultarem de escolhas humanas e de aspectos comportamentais, sua ocorrência depende de uma combinação de fatores (Elvik *et al.*, 2009; Jacobs, Aeron e Astrop, 2000).

Os programas de gerenciamento da segurança viária atuam em diversas vertentes como medidas preventivas. Independentemente dos fatores causadores dos acidentes rodoviários, pode-se afirmar que as condições de segurança oferecidas pela via e, conseqüentemente, a possível atenuação de acidentes, são fortemente influenciadas pela sua condição física (Harwood *et al.*, 2000). Dessa forma, a previsão do número de acidentes pode subsidiar medidas de prevenção. Os modelos de previsão de acidentes permitem a avaliação prévia das ações físicas na via voltadas para o aumento da segurança no trânsito (redução da quantidade e da severidade dos acidentes).

2.1. Previsão de acidentes

Os modelos de previsão de acidentes (*Safety Performance Function* – SPF) são construídos admitindo que a distribuição da frequência de acidentes pode ser obtida por intermédio de modelos probabilísticos. Atualmente, os modelos baseados na distribuição binomial negativa e a distribuição de Poisson desfrutam de maior popularidade, uma vez que são, teoricamente, mais adequados aos dados de acidentes (Harwood, *et al.* 2000; Miaou e Lord, 2003; Hauer, 2007). Há ainda outros modelos usados para previsão de acidentes, no entanto com aplicação questionável, devido à falta de evidências da supremacia de um modelo em relação a outro (Lord, 2006).

Na tentativa de oferecer uma compilação dos modelos existentes mais confiáveis, a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) lançou a primeira edição do *Highway Safety Manual* (HSM) que fornece ferramentas para quantificar os potenciais efeitos dos acidentes considerando as decisões referentes ao planejamento, operação e manutenção viária.

2.2. Highway Safety Manual

O método de previsão de acidentes do *Highway Safety Manual* (HSM) para estimativa do número de acidentes (desagregados por severidade e tipo de acidentes) de uma rede ou infraestrutura de um local individual pode ser aplicado para um dado período de tempo, volume de tráfego, tipo de rodovia e características geométricas da via. Para isso é desenvolvido um modelo de previsão para um número de locais similares, chamados *Safety Performance Functions* (SPF's).

No HSM, os modelos de previsão são usados para obter o número médio previsto de acidentes, $N_{previsto}$, para um determinado local. Fatores de modificação (*Crash Modification Factors* – CMF 's) são necessários para o ajuste das diferenças entre a via avaliada e às condições ideais previstas pelo modelo. Também, devem-se levar em consideração as diferenças entre regiões através de um fator de calibração (C_x). O modelo de previsão para determinação do número médio previsto de acidentes, $N_{previsto}$, tem a seguinte forma geral (AASHTO, 2010):

$$N_{previsto} = N_{spf x} \times C_x \times (CMF_{1x} \times CMF_{2x} \times \dots \times CMF_{yx}) \quad (1)$$

em que: $N_{previsto}$: número médio previsto de acidentes para um determinado ano e local do tipo x ;

$N_{spf x}$: número médio previsto de acidentes para a condição ideal considerada no desenvolvimento de *SPF* para o local do tipo x ;

CMF_{yx} : Fator de modificação da *SPF* para condição y e local do tipo x ;

C_x : Fator de calibração para ajuste do *SPF* as condições regionais em locais do tipo x .

2.2.1. Safety Performance Functions para rodovias de pista simples

O modelo *SPF* para condições ideais em rodovias de pista simples apresentado no HSM foi desenvolvido por Vogt e Bared (1998) e atualizado por Harwood *et al.* (2000):

$$N_{SPF rs} = VDMA \times \frac{L}{1,609} \times 365 \times 10^\alpha \times e^\beta \quad (2)$$

em que: $N_{spf rs}$: número total de acidentes previsto para condições ideais de segmentos de rodovia;

$VDMA$: volume de tráfego diário médio anual (veículos/dia);

L : extensão segmento analisado convertido em km;

α e β são parâmetros de calibração da *SPF*. Os valores encontrados para condições americanas são respectivamente (-6) e (-0,312).

Os modelos apresentados no manual não devem ser aplicados na sua forma original em outros países, pois além de redes viárias, o desempenho e comportamento do motorista, assim como a frequência e severidade de acidentes, podem ter variações significativas. Os coeficientes da *SPF* são variáveis e devem ser ajustados através de métodos de calibração (AASHTO, 2010).

2.2.2. Fatores de modificação para rodovias de pista simples

Os fatores de modificação (CMF's) são doze para segmentos de pistas simples, referentes às seguintes características da via:

- Largura da faixa de rolamento;
- Largura do acostamento e tipo de revestimento do acostamento (pavimentado, terra, etc.);
- Curvatura horizontal: comprimento da curva horizontal, incluindo comprimento da transição espiral; raio da curva horizontal; presença ou ausência de transição espiral;
- Curvatura horizontal: Superelevação da curva horizontal e superelevação máxima (e_{\max}) permitida por normas;
- Greides;
- Densidade de acessos;
- Presença ou ausência de guias sonoras centrais (*centerline rumble strip*);
- Presença ou ausência de faixas adicionais;
- Presença ou ausência de faixa de acomodação para conversão à esquerda (*Two-Way Left Turn Lanes - TWLTL*);
- Índice de obstáculos laterais (à direita do sentido de tráfego);
- Presença ou ausência de iluminação no segmento;
- Presença ou ausência de fiscalização eletrônica;

3. MÉTODO

Para que os objetivos possam ser alcançados, propõe-se o método composto das etapas descritas a seguir: (1) coleta e tratamento de dados; (2) aplicação do modelo original do HSM (3) calibração do modelo de previsão; (4) avaliação do desempenho do modelo calibrado e do modelo original.

3.1. Coleta e tratamento de dados

Nesta etapa, serão caracterizadas as condições físicas e operacionais dos trechos homogêneos nos quais se dispõem de dados de tráfego e histórico de acidentes, a partir de visita às rodovias a serem estudadas e de dados fornecidos pelas concessionárias responsáveis pela administração do trecho ou órgão gestor. Inicialmente, serão descartados aqueles que se mostrem inadequados para as análises a serem conduzidas neste estudo. Tais trechos incluem: (1) aqueles que não possam ser classificados como segmentos de pista simples; (2) trechos com configuração e características operacionais fora do escopo do método do HSM.

Em um segundo momento, os trechos remanescentes serão classificados quanto sua condição de operação, em ideais e não ideais, segundo os critérios do HSM. Por fim, serão destacados, dentre os trechos em condições ideais, considerados para análise aqueles cujas características físicas e de tráfego se mostrem adequados para a calibração do modelo de regressão *Safety Performance Function*, de acordo com a literatura consultada.

3.2. Aplicação do modelo de previsão de acidentes do HSM

A aplicação do modelo original apresentado no HSM é dividida em etapas, conforme mostrado no fluxograma simplificado da Figura 1.

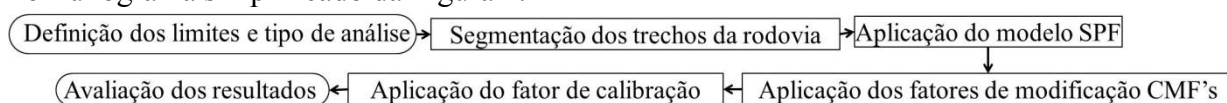


Figura 1: Etapas de aplicação

Dependendo da situação, algumas dessas podem ser suprimidas devido à ausência de alguns dados ou indisponibilidade dos mesmos. Outras etapas podem ter necessidade de repetição devido às alternativas e horizontes de projeto.

3.3. Calibração do modelo de previsão de acidentes do HSM

A calibração do modelo de previsão permite levar em conta as diferenças intrínsecas a cada região. O processo de calibração proposto, tanto das condições regionais quanto da curva *SPF*, envolve as seguintes etapas: (1) identificação do tipo de rodovia para qual o modelo de previsão será calibrado; (2) Seleção dos locais para calibração da curva *SPF*, em segmentos de rodovias de pista simples; (3) calibração da *Safety Performance Function*, sendo que os dados de calibração devem incluir a frequência total de acidentes esperados para um período de um ou mais anos e as características necessárias para aplicação do modelo; (4) Aplicação da calibração obtida nos locais selecionados assumindo o fator de calibração regional (C_r) como 1,00. (5) Obtenção do fator de calibração regional (C_r). Também será levada em consideração a distribuição de acidentes segundo severidade e tipo de acidentes ao longo do processo de calibração e adaptação do manual.

3.1. Avaliação dos resultados

Serão analisadas as diferenças entre o modelo original do HSM e o modelo calibrado. Por fim, será feita ainda uma comparação entre a série histórica de acidentes em uma rodovia paulista e o modelo de previsão de acidentes do HSM, considerando as condições físicas e operacionais de uma rodovia de pista simples do estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2010). *Highway safety manual* (1ª ed.). Washington: American Association of State and Highway Transportation Officials.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., e Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures* (2ª ed.). Bingley: Emerald.
- Harwood, D., Council, F. M., Hauer, E., Hughes, W., e Vogt, A. (2000). *Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways*. Office of Safety Research and Development. Federal Highway Administration.
- Hauer, E. (2007). *Observational before-after studies in road safety*. Bingley: Emerald.
- Jacobs, G., Aeron, A., e Astro, A. (2000). *Estimating global road fatalities*. Londres: Transport Research Laboratory for International Development.
- Lord, D. (2006). Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: examining the effects of low sample mean values and small sample size on. *Accident Analysis and Prevention* 38 (4), 751–766.
- Miau, S. -P., e Lord, D. (2003). Modeling traffic crash-flow relationships for intersections: dispersion parameter, functional form, and Bayes versus Empirical Bayes. *Transportation Research Record* 1840, 31–40.
- Vogt, A., e Bared, J. (1998). Accident Models for Two-Lane Rural Segments and Intersections. *Transportation Research Record* 1635.

Karla Cristina Rodrigues Silva (karlacrs@usp.br)

Antonio Clóvis Pinto Ferraz (coca@sc.usp.br)

Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400, Arnold Schimidt. São Carlos –SP. Brasil.