

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO DE CENÁRIOS DE TRÁFEGO COM AGREGAÇÃO SUB-HORÁRIA E ACIDENTES DE TRÂNSITO EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS

Lucas Tito Pereira Sobreira

Flávio José Craveiro Cunto

Universidade Federal do Ceará

Departamento de Engenharia de Transportes

RESUMO

O advento novas tecnologias de monitoramento de tráfego permite o desenvolvimento de estudos mais robustos na área da segurança viária, a partir da obtenção de dados com pequena agregação temporal (1 a 15 minutos). Surgem, também, novas técnicas para modelagem da relação entre variáveis preditoras e acidentes de trânsito, como a utilização de cenários de tráfego, em detrimento das entidades. Esta dissertação de mestrado tem como principal objetivo avaliar a relação entre cenários de tráfego com agregações de 15 minutos e acidentes de trânsito em interseções semaforizadas da cidade de Fortaleza-CE.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de indicadores do Desempenho da Segurança Viária (DSV) dentro do processo de tomada de decisão no planejamento de transportes é de suma importância para garantir deslocamentos mais seguros, impactando na redução de gastos econômicos e sociais e na contenção do número de acidentes de trânsito (Torres, 2016; Washington *et al.*, 2006; WHO, 2015). Uma das ferramentas mais utilizadas nos estudos de DSV são os Modelos de Previsão de Acidentes (MPA) que representam formulações matemáticas com o intuito de relacionar a frequência de acidentes com variáveis de características de tráfego, de uso do solo, de atributos operacionais e geométricos das vias, entre outras.

Uma importante parcela das pesquisas desenvolvidas utiliza variáveis de exposição e de tráfego com agregações temporais anuais ou mensais (Cunto *et al.*, 2011; Hauer, 2004; Sobreira e Cunto, 2014; Wang *et al.*, 2009). Entretanto é constatado que essa agregação temporal dos dados pode acarretar em modelos de menor utilidade, principalmente quando as variáveis explicativas possuem oscilação dentro de um mesmo dia, como a velocidade média e o volume de veículos (Davis, 2004; Imprialou *et al.*, 2016).

Com o advento de novas tecnologias de controle e monitoramento do tráfego urbano, viabilizou-se a obtenção de dados desagregados para a realização de modelagens mais robustas, visando uma melhor compreensão da natureza dos acidentes. Apesar da maioria dos estudos evidenciarem uma relação linear ou exponencial positiva da velocidade média – principal variável investigada nas pesquisas – com os acidentes, não existe uma conclusão unânime sobre o assunto (Hauer, 2009). Existe um consenso, porém, que o efeito da velocidade deve ser investigado considerando o impacto simultâneo com outras características do tráfego, por exemplo volume e densidade veicular (Aarts e Van Schagen, 2006; Garber e Subramanyan, 2001; Lord *et al.*, 2005).

A modelagem tradicional dos MPA é baseada na relação entre as variáveis e os acidentes atrelada a entidades (zonas de tráfego, interseções semaforizadas, segmentos viários, entre outras), ou seja, relaciona-se o número de acidentes que ocorreu em determinada entidade em intervalo mensal ou anual a características dessa. Imprialou *et al.* (2016) sugerem um novo método para o desenvolvimento dos modelos a partir de cenários de tráfego, em vez das entidades. Essa abordagem será discutida na seção 2.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a relação entre os cenários de tráfego com agregação sub-horária e a frequência e severidade dos acidentes de trânsito em interseções semaforizadas de Fortaleza. Os objetivos específicos são: (i) identificar perturbações de tráfego que possibilitem a estimação do horário mais provável da ocorrência do acidente; (ii) consolidar/integrar um banco de dados com informações de tráfego, de características geométricas e operacionais da via, de uso do solo e de acidentes; (iii) definir cenários de tráfego para estimação da relação das variáveis componentes do cenário com os acidentes de trânsito; (iv) modelar a relação entre as variáveis de tráfego, de características geométricas e operacionais da via e de uso do solo e a frequência e severidade dos acidentes de trânsito em interseções semaforizadas de Fortaleza; (v) efetivar uma análise comparativa entre os parâmetros obtidos com as modelagens por entidades e por cenários.

2. ESTUDOS DE DSV EM ENTIDADES E CENÁRIOS DE TRÁFEGO

A grande maioria dos estudos em DSV que desenvolveram MPA baseou-se na associação de variáveis de tráfego anuais (volume diário médio anual (VDMA), velocidade média) à frequência de acidentes observada em ano em diversos tipos de entidades (interseções semaforizadas ou não, zonas de tráfego ou rede viária) (Cunto *et al.*, 2011; Gomes *et al.*, 2015; Hauer, 2004; Sobreira e Cunto, 2014, 2017; Wang *et al.*, 2009; Xie *et al.*, 2013). Cunto *et al.* (2011), por exemplo, relacionaram os acidentes anuais ocorridos em 101 interseções semaforizadas a variáveis de tráfego (VDMA) e o número de faixas em cada interseção, em que cada observação do banco de dados utilizado na modelagem representou uma interseção. Os resultados apresentaram aumento na frequência estimada dos acidentes com incremento do volume e do número de faixas.

A disponibilidade de dados de tráfego desagregados em frações de hora permite modelagens mais robustas da relação dessas com os acidentes de trânsito (Davis, 2004). Com o intuito de maximizar a eficiência dos modelos, Imprialou *et al.* (2016) substituíram a análise baseada em entidades por uma avaliação segmentada em cenários de tráfego (*condition-based*). Os cenários de tráfego consistem na combinação de todas as possíveis variáveis presentes nas entidades durante o período estudado, seja ele com ou sem a ocorrência de acidentes. Os autores utilizaram dados de tráfego agregados em 15 minutos (volume veicular e velocidade média) e características geométricas de rodovias inglesas.

O agrupamento dos cenários foi realizado a partir de percentis da velocidade (50 percentis) e do volume (4 percentis) e da categorização das variáveis de geometria, compondo ao todo 2400 cenários. Utilizando a informação do horário reportado dos acidentes, cada ocorrência foi associada a um cenário. A modelagem com base em regressão multivariada com distribuição *Poisson lognormal* mostrou que até certa velocidade (80~90 km/h) a probabilidade de ocorrência de acidentes tende a crescer com o aumento da variável, inclinando a reduzir em velocidades mais elevadas. Menores volumes veiculares foram relacionados a maior probabilidade de acidentes.

Infelizmente a maioria dos estudos desenvolvidos relativos a condições de tráfego e segurança viária utilizando dados desagregados foi realizada em ambientes de fluxo ininterrupto, existindo uma lacuna na literatura para pesquisas focadas no meio urbano com predominância de fluxo interrompido.

3. MÉTODO

O método proposto para alcançar os objetivos geral e específicos segue as etapas: (i) identificação do intervalo horário de 15 minutos antecessor à ocorrência do acidente; (ii) consolidação do banco de dados; (iii) definição dos cenários de tráfego; (iv) modelagem da relação entre as variáveis consolidadas e os acidentes; (v) comparação entre os parâmetros obtidos com a modelagem por entidades e por cenários.

3.1 Identificação de perturbações de tráfego que possibilitem a estimação do horário mais provável da ocorrência do acidente

O desenvolvimento desta etapa é baseado na consolidação de um banco de dados de equipamentos de fiscalização eletrônica em cruzamentos e acidentes que ocorreram em um raio de 30 metros desses. A partir do horário reportado do acidente, determina-se para um intervalo de 3 horas características da velocidade média agregada em 1 minuto para dias típicos (sem acidente) e o dia em análise. A detecção da perturbação na velocidade no intervalo da reportagem do acidente é realizada automaticamente caso a velocidade se mantenha por pelo menos quatro períodos abaixo do valor da média menos dois desvios padrão da velocidade do dia típico. Assumindo que a perturbação foi ocasionada pelo acidente, pode-se estimar a precisão média dos horários reportados no banco de dados.

3.2 Consolidação do banco de dados

Esta etapa consiste na consolidação de informações de tráfego, de características operacionais e geométricas das vias, de uso do solo e dos acidentes. Obtêm-se as informações de tráfego a partir do sistema de gerenciamento semafórico da cidade (*Split, Cycle and Offset Optimization Technique – SCOOT*) que fornece estimativas agregadas em intervalos de 15 minutos das variáveis: volume veicular, número de paradas, grau de saturação, velocidade média, atraso veicular e duração do ciclo semafórico e do tempo de verde em cada estágio.

3.3 Definição dos cenários de tráfego

Com base no banco de dados consolidado, determinam-se os cenários de tráfego utilizando técnicas de agrupamento (*clustering*) de dados. A técnica de agrupamento *K-Means* aplica as distâncias normalizadas entre as variáveis para criar grupos com características semelhantes. Por fim, atrela-se o número de acidentes observados a cada um dos cenários obtidos.

3.4 Modelagem da relação entre as variáveis consolidadas e os acidentes

A fase da modelagem é dividida em duas etapas: (i) entidades e (ii) cenário de tráfego. Na fase 1 considera-se cada interseção semaforizada como uma entidade utilizando dados de tráfego agregados anualmente, aplicando técnicas de modelagem linear generalizada com distribuição binomial negativa. Na fase 2 avalia-se a influência dos cenários de tráfego com informações agregadas em intervalos de 15 minutos empregando a técnica de regressão *Poisson lognormal*. A validação dos modelos é realizada com indicadores de erros globais e locais.

3.5 Comparação entre os parâmetros obtidos com a modelagem por entidades e por cenários

A comparação entre os parâmetros é desenvolvida a partir de gráficos com a estimativa da frequência e severidade dos acidentes em função das variáveis consideradas na modelagem, possuindo como base os resultados verificados na literatura.

4. RESULTADOS ESPERADOS

A partir dos objetivos específicos propostos, espera-se a contribuição em três aspectos: (i) melhor entendimento com relação ao tempo de reportagem/atendimento dos acidentes de trânsito na cidade de Fortaleza; (ii) desenvolvimento de um robusto banco de dados associando informações desagregadas de tráfego, características geométricas e operacionais das vias, uso do solo e acidentes de trânsito; (iii) contribuição à lacuna na literatura referente à relação entre variáveis de tráfego desagregadas e acidentes de trânsito em ambiente urbano com predominância de fluxo interrompido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarts, L., e Van Schagen, I. (2006) Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention*, 38(2), 215–224. doi:10.1016/j.aap.2005.07.004
- Cunto, F. J. C., Castro Neto, M. M., e Barreira, D. S. (2011) Modelos de Previsão de Acidentes de Trânsito em Interseções Semaforizadas de Fortaleza. *Transportes*.
- Davis, G. A. (2004) Possible aggregation biases in road safety research and a mechanism approach to accident modeling. *Accident Analysis and Prevention*, 36(6), 1119–1127. doi:10.1016/j.aap.2004.04.002
- Garber, N., e Subramanyan, S. (2001) Incorporating Crash Risk in Selecting Congestion-Mitigation Strategies: Hampton Roads Area (Virginia) Case Study. *Transportation Research Record*, 1746(1), 1–5. doi:10.3141/1746-01
- Gomes, M. J. T. L., Torres, C. A., Oliveira Neto, F. M. de, e Cunto, F. J. C. (2015) Análise exploratória para a modelagem da frequência de acidentes de trânsito agregados ao nível de zonas de tráfego. *Transportes*, 23(4), 42. doi:10.14295/transportes.v23i4.927
- Hauer, E. (2004) Statistical Road Safety Modeling. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1897, 81–87. doi:10.3141/1897-11
- Hauer, E. (2009) Speed and Safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2103, 10–17. doi:10.3141/2103-02
- Imprialou, M. I. M., Quddus, M., Pitfield, D. E., e Lord, D. (2016) Re-visiting crash-speed relationships: A new perspective in crash modelling. *Accident Analysis and Prevention*. doi:10.1016/j.aap.2015.10.001
- Lord, D., Manar, A., e Vizioli, A. (2005) Modeling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments. *Accident Analysis and Prevention*, 37(1), 185–199. doi:10.1016/j.aap.2004.07.003
- Sobreira, L. T. P., e Cunto, F. J. C. (2014) Análise de Variações Temporais na Estimativa de Acidentes em Segmentos Arteriais Urbanos. *Transportes*, 22, 128–137.
- Sobreira, L. T. P., e Cunto, F. J. C. (2017) Análise Exploratória Espacial De Atropelamentos Em Zonas De Tráfego De Fortaleza. *Anais do Congresso ANPET - 2017*.
- Torres. (2016) *Avaliação do Desempenho da Segurança Viária em Redes Urbanas de Transportes com Utilização de Modelos de Previsão de Acidentes*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará.
- Wang, C., Quddus, M. A., e Ison, S. G. (2009) Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accident Analysis and Prevention*, 41(4), 798–808. doi:10.1016/j.aap.2009.04.002
- Washington, S., Schalkwyk, I. Van, Mitra, S., Meyer, M., e Dumbaugh, E. (2006) *Incorporating safety into long-range transportation planning*. *National Cooperative Highway Research Program*. doi:10.17226/13891
- WHO. (2015) *Global status report on road safety*.
- Xie, K., Wang, X., Huang, H., e Chen, X. (2013) Corridor-level signalized intersection safety analysis in Shanghai, China using Bayesian hierarchical models. *Accident Analysis and Prevention*. doi:10.1016/j.aap.2012.10.003

Lucas Tito Pereira Sobreira (lucastito@det.ufc.br)

Flávio José Craveiro Cunto (flaviocunto@det.ufc.br)

Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Campus do PICI, s/n – Bloco 703. Fortaleza, CE, Brasil.