

# **ANÁLISE DE ACIDENTES DE TRÂNSITO COM O USO DE SIG E ESTATÍSTICA ESPACIAL: CASO DA CIDADE DE SÃO CARLOS, BRASIL**

**Luciano Santos**

**Archimedes Azevedo Raia Junior**

Universidade Federal de São Carlos-UFSCar - Departamento de Engenharia Civil-DECiv

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana-PPGEU

Via Washington Luís, km 235 Cx. P. 676 13565-905 - SÃO CARLOS – SP - BRASIL

Fone +55 16 33518262 Fax +55 16 33518259 E-mail: raiajr@ufscar.br

## **RESUMO**

Os acidentes de trânsito são uma das principais causas de mortes no mundo, estando na 9ª posição, e pode chegar à 6ª se prosseguirem os atuais níveis de crescimento, até 2020. É uma das maiores causas de mortes da era moderna. Aproximadamente 15 milhões de pessoas ficam feridas em acidentes de trânsito por ano nos países em desenvolvimento. Na maioria destes países, inclusive o Brasil, foram construídas grandes redes viárias, orientando seus modelos ao uso de automóveis. Entretanto, a falta de planejamento e investimentos adequados para a manutenção destas vias levou-as a uma rápida deterioração física propiciando condições inseguras no trânsito (Santos & Raia Jr., 2007).

Uma das maiores preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do trânsito e também da comunidade científica é encontrar soluções que possam reduzir esses números. Procurar entender esses eventos é pode ajudar significativamente na tentativa de preveni-los ou reduzir os seus impactos, encontrando assim soluções para a redução desse grave problema (Santos & Raia Jr., 2007).

Neste contexto, esse trabalho tem como objetivo geral o de realizar uma análise espacial dos acidentes de trânsito do município de São Carlos, Brasil, fazendo-se uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), associados às ferramentas de Estatística Espacial. Subjacentemente, procura-se identificar os pontos e áreas de maior ocorrência de acidentes, bem como as tendências espaciais de crescimento e deslocamento. Como objetivos específicos, tem-se: i) identificar os pontos críticos de ocorrência de acidentes de trânsito; ii) analisar a distribuição espacial dos tipos de acidentes de trânsito através do uso de estatística espacial; iii) identificar as áreas críticas de acidentes de trânsito, tendo como limites de áreas a divisão proposta pelo Censo brasileiro; iv) identificar as tendências espaciais de crescimento dos acidentes de trânsito no período de estudo.

A utilização de SIG tem importância fundamental no estudo dos acidentes de trânsito, pois permite associar os atributos de cada acidente com suas respectivas localizações espaciais. Isto possibilita compreender as relações existentes entre os acidentes e o ambiente onde eles ocorreram. Levine & Kim (1996) afirmam que são várias as razões para a utilização de SIG no planejamento de transportes e segurança viária, destacando-se a performance e a segurança que o sistema proporciona na análise dos dados em relação aos sistemas anteriores, visto que esses sistemas podem oferecer novos conceitos para a manipulação dos dados. O uso do solo exerce grande influência nos eventos ocorridos no sistema viário, inclusive nos acidentes de tráfego. Portanto, ao se analisar os acidentes de trânsito, é recomendável se levar em consideração a componente espacial (localização) dos dados analisados, e que suas ocorrências representam eventos espaciais. Eles possuem um sistema

de coordenadas que podem ser localizadas no espaço, com locais com maiores e menores incidências num dado período, enquanto outros locais apresentam valores abaixo da média. Isso implica que os acidentes de trânsito, assim como outros fenômenos espaciais, dependem de correlações espaciais, que podem vir a fazer com que métodos estatísticos tradicionais não elucidem todas as dúvidas, necessitando empregar ferramentas adicionais de estatística espacial na análise da segurança viária, tornando os estudos cada vez mais detalhados.

A análise espacial vem sendo utilizada nos últimos anos em segurança viária para identificar correlação espacial. No Brasil, alguns trabalhos podem ser citados: Queiroz (2003); Santos (2006), Santos & Raia Jr. (2007).

A metodologia desenvolvida para este trabalho pode ser resumida nos seguintes itens, de maneira bastante resumida:

1) Preparação da Base de Dados: i) levantamento dos dados de acidentes com base em Boletins de Ocorrência de Acidentes de Trânsito, elaborados e disponibilizados pela Polícia Militar; ii) análise de consistência e adequação dos dados de acidentes; iii) análise da consistência e atualização da rede viária, em ambiente SIG; iv) georreferenciamento dos acidentes de trânsito, com a ferramenta *address matching*, do TransCAD.

2) Análise de Padrões Pontuais: i) identificação dos pontos críticos de acidentes, com a utilização do software Crimestat (Levine et al., 2002), para agrupamentos espaciais; ii) análise da distribuição espacial dos acidentes, por tipo de ocorrência, com o uso do conceito de *Elipse de Desvio Padrão-EDP* de cada tipo de acidente, calculada pelo índice de vizinhos mais próximos dos acidentes.

3) Análise Espacial por Áreas: i) identificação das áreas críticas de acidentes de trânsito, com o uso do *IAZEV-Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária* e o *IUPSZ-Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona*; ii) identificação das tendências de deslocamento dos acidentes, por meio de mapas temáticos, utilizando intervalos de classes iguais, para cada ano. Esta etapa teve o objetivo de permitir a visualização do crescimento dos acidentes por meio da ferramenta de *Média Espacial Móvel-MEM* e teve também o objetivo de identificar as regiões de transição, com a utilização do *Box Map-BM*.

$$IAZEV_i = \frac{NAZ_i \times 100}{EVZ_i}$$

O  $IAZEV_i$  é dado por: , onde  $NAZ_i$  é o número de acidentes ocorridos na zona  $i$ ; e  $EVZ_i$  é a extensão da malha viária na zona  $i$ . O  $IUPSZ_i$  é dado por:

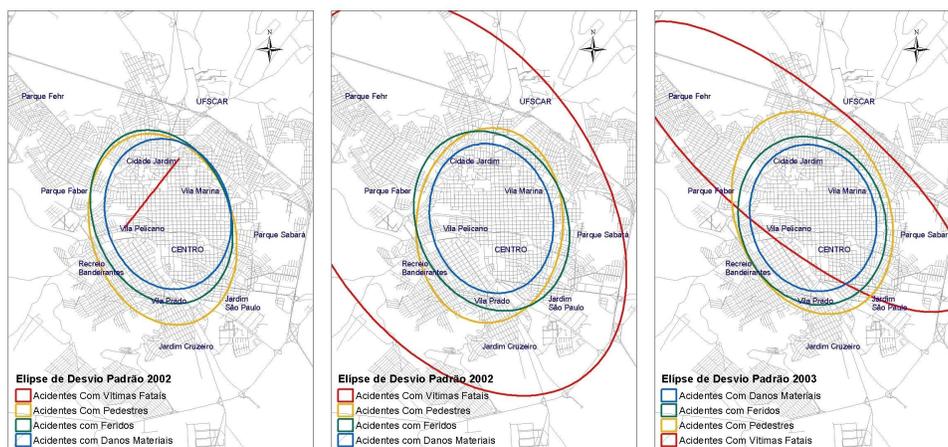
$IUPSZ_i = \frac{\sum_{j=1}^n UPS_j \times 100}{EVZ_i}$  , onde  $\sum_{j=1}^n UPS_j$  é a soma dos índices  $UPS_j$  para cada zona  $i$ , considerando  $n$  acidentes; e  $EVZ_i$  é a extensão da malha viária na zona  $i$ .

A  $UPS_i$ -Unidade Padrão de Severidade da Zona  $i$  pode ser calculada por:  $N^\circ de UPS = (ADM \times 1) + (ACF \times 4) + (ACP \times 6) + (AVF \times 13)$ , onde  $ADM$  é o número de acidentes com danos materiais;  $ACF$  é o número de acidentes com feridos;  $ACP$  é o número de acidentes envolvendo pedestres; e  $AVF$  é o número de acidentes com vítimas fatais.

Os registros de acidentes de trânsito utilizados foram os do período de 2001 e 2003, que eram os dados disponíveis pelo órgão responsável pelo trânsito, no momento da realização desta pesquisa. A cidade de São Carlos, um centro universitário, objeto deste estudo, é

considerada uma cidade de porte médio da região Sudeste do Brasil, cujo município possui 215 mil habitantes e com uma frota de 86 mil veículos. A cidade apresenta configuração física semelhante à da maioria das cidades brasileiras, com a região central da mancha urbana atraindo a maioria das viagens.

Neste resumo, por conta do espaço, será apresentada apenas uma parte dos resultados. Para os padrões pontuais, o conceito de elipse de desvio padrão foi usado para identificar a concentração ou dispersão dos acidentes, conforme o grau de severidade (figura 1). Através das EDPs, por exemplo, é possível verificar que os acidentes com danos materiais-ADM (elipse azul), estão concentrados na região central da cidade e sofre pouca variação espacial no período estudado. Pode-se associar este tipo de acidente ao maior volume de veículos na zona central. Os acidentes com vítimas fatais-AVF (elipse vermelha) são em número relativamente pequeno e, portanto, não apresentam um padrão mais claramente determinado. Os acidentes com pedestres-ACP (elipse laranja) não apresentam padrão de dispersão semelhante à dos acidentes com vítimas-ACVs (elipse verde), indicando que esse tipo de acidente está espalhado pelas áreas periféricas com maior intensidade que os ADMs, que ocorrem mais na região central.



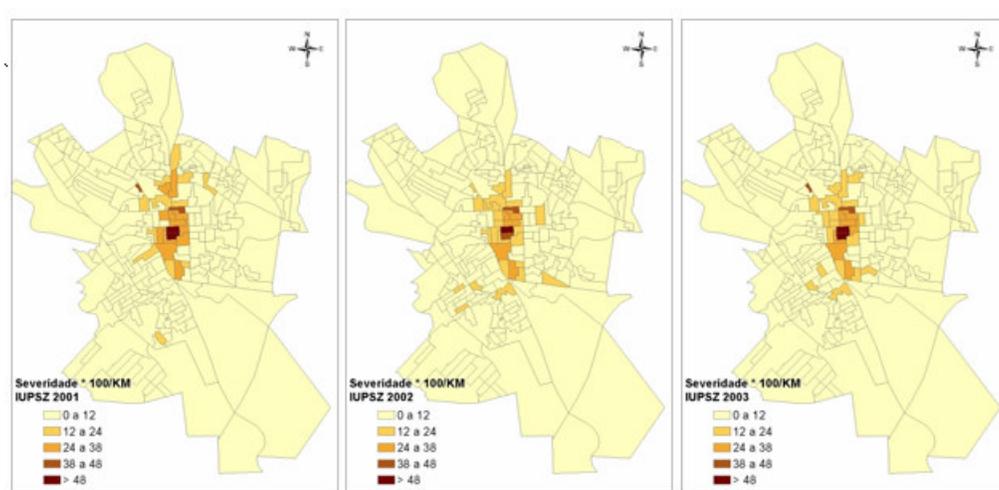
**Figura 1 – Elipses de desvio padrão segundo o grau de severidade de 2001 a 2003**

Para a análise espacial por áreas, tem-se, como exemplo, o grau de severidade dos acidentes, calculado pelo índice de unidade padrão de severidade por zona (figura 2), onde os valores mais altos (cores mais escuras) se concentram na região central, porém com um menor número de zonas com valores nas classes mais altas, quando comparado com o número absoluto de acidentes. Em 2001, havia maior quantidade de zonas com índices de severidade na classe 3 (índices de 24 a 36) do que nos anos seguintes, que apresentam uma ampliação no número de zonas da classe 2 (índices de 12 a 24).

A aplicação o índice de média espacial móvel-MEM permitiu constatar maior concentração de acidentes na região central, com uma leve progressão para o entorno desta zona, apresentando um crescimento em direção à região sul da cidade. A vantagem do uso do índice de MEM é que ela apresenta uma suavização dos valores de cada zona em relação aos valores das zonas vizinhas.

A identificação das zonas de transição é feita utilizando-se os valores do *diagrama de espalhamento de Moran*, gerados pelo cálculo da *associação espacial de Moran*. Através do Box Map foi possível identificar visualmente, para o IAZEV, a tendência de

crescimento dos acidentes, através das classes 3 e 4. Os mapas com esses valores permitiram confirmar a concentração de acidentes de trânsito na região central da cidade (classe 1), representando zonas com valores positivos e média de vizinhos negativa, e identificar que as áreas com associação espacial negativa (classe 2), ou seja, zonas com valores negativos; e médias negativas dos vizinhos se encontram em zonas periféricas. Zonas de transição são encontradas nas imediações da região central.



**Figura 2 – índice de unidade de padrão se severidade por zona de 2001 a 2003**

A distribuição pontual dos acidentes pôde ser mais bem visualizada com o uso de ferramentas de estatísticas espacial. A geração com grupos mínimos de acidentes foi capaz de mostrar, claramente os pontos de ocorrência de acidentes, com a inclusão de cruzamentos que não eram apontados como críticos. As elipses de desvio padrão permitiram verificar que os acidentes possuem distribuição peculiar. Apesar da ocorrência de todos os tipos de acidentes em praticamente todas as áreas da cidade, eles demonstraram certo padrão, o que permite ao gestor de trânsito tomar decisões mais firmes. Enfim, resumidamente, constatou-se que o SIG e as ferramentas de estatística espacial propiciaram uma maneira mais sólida e consistente de enfrentar o problema dos acidentes, com a possibilidade de tomadas de decisão melhor embasadas.

## REFERÊNCIAS

- LEVINE, N.; KIM, E.K. (1996) The Location of motor vehicles crash in Honolulu. *Comput. Environment And Urban Systems*, Vol. 22, n.6, p. 557-576.
- LEVINE, N. (2002) *CrimeStat: a spatial statistics program for the analysis of crime incident locations*. N. Levine & Associates; National Institute of Justice, Washington.
- QUEIROZ, M.P. (2003) *Análise espacial de acidentes de trânsito do município de Fortaleza*. Dissertação (Mestrado). PMET. UFC. Fortaleza.
- SANTOS, L. (2006) *Análise dos acidentes de trânsito no município de São Carlos utilizando SIG e ferramentas de análise espacial*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. UFSCar. São Carlos.
- SANTOS, L.; RAIA Jr.; A.A. (2007) *Tendências de deslocamento espacial dos acidentes de trânsito em São Carlos com o uso da técnica de EDP*. In: XIV Congresso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano, Anais em CD ROM, Rio de Janeiro.