

# ANÁLISE DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISE ESPACIAL

Danielly Cristina de Souza Costa<sup>1</sup>, Ronei Marcos de Moraes<sup>2</sup>

**Abstract** — *Accidents and violence in Brazil constitute a public health problem of great magnitude, which has caused significant impact on morbidity and mortality of the population. In the 80s, deaths from accidents and violence began to answer the second cause of death in the context of overall mortality. This article aims to analyze and describe the methods most used in the literature for treatment of data from accidents, such as spatial statistics and analysis for the identification of critical locations of traffic accidents. In the literature review conducted exploratory spatial analysis tools, contributed to a systematic characterization of the spatial process of transit. Literature based on the tools of analysis of patterns differ geographically to specific types of accidents and assist in the identification of critical locations. The analysis of spatial autocorrelation to identify spatial clusters to support decision-making bodies of the traffic management.*

**Index Terms** — *spatial statistics, traffic accidents, spatial autocorrelation; mortality.*

## INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito têm sido alvo de grande preocupação no Brasil e no mundo. Pelo elevado número de vítimas jovens que atingem e pelos impactos sociais, econômicos e pessoais que provocam [14].

Nos países europeus, EUA, Canadá, Austrália e Nova Zelândia as taxas de mortalidade por acidentes de trânsito apresentam uma tendência crescente até o início dos anos 60. Devido ao crescimento da frota de veículos, a partir daí houve uma redução progressiva com quedas elevadas devidas. Principalmente a medida de promoção de segurança viárias, tais como: uso dos cintos de segurança, incorporação de dispositivos antichoques nos veículos, redução da velocidade nas vias públicas, e cumprimento da legislação de trânsito [13].

No Brasil, segundo dados da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, foram registrados 35.084 óbitos no Brasil no ano de 2004. Desse total, 28.576 (81,5%) eram de pessoas do sexo masculino e 6.495 (18,5%) eram do sexo feminino. A maior parte dos óbitos são das Regiões Sudeste com 41%, seguidos das Regiões Nordeste com 23% e Região Sul com 20%. Os dados do mapa da violência dos municípios brasileiros, apresenta os quatro estados com as maiores taxas de acidente de trânsito são: Tocantins com 37,6 óbitos por 100.000 habitantes, Mato Grosso com 35

óbitos por 100.000 habitantes, Santa Catarina com 32,3 óbitos por 100.000 habitantes e Mato Grosso do Sul com 32,2 óbitos por 100.000 habitantes [5].

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 poder ajudar significativamente na tentativa de prevenir ou reduzir os seus impactos, no intuito de propor soluções para a redução dos acidentes de trânsito [15]. Uma das formas de conhecer os altos índices de óbitos por acidentes de trânsito é o estudo da análise espacial.

A análise espacial é um conjunto de metodologias que podem ser aplicadas a dados que são agregados por unidade geográfica (ou área), do tipo: bairro, setor censitário, jurisdição, cidade, etc. Estas análises visam identificar algum tipo de padrão espacial: aglomeração, regularidade ou aleatoriedade. O estudo de análise espacial envolve várias análises entre eles o índice de aglomeração espacial.

Um outra metodologia de análise espacial é a análise de rede. Segundo Goodchild [8] uma rede é um sistema de endereçamento 1-D embutido no espaço, 2-D. As redes estão associadas a objetos geográficos (cano de água, transformador de rede elétrica) que possui uma localização geográfica exata e está ligada a informações descritivas presentes no banco de dados. As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia Arco-Nó que é associada a um rede linear conectada e a topologia Arco-Nó-Polígono que é utilizada quando se quer representar elementos gráficos do tipo área.

A topologia Arco-Nó visa manter os relacionamentos entre feições lineares e pontuais, são direcionadas a solucionar problemas em áreas de aplicações que são baseadas em estruturas de rede [7]. As relações espaciais são determinadas pela topologia. Relações estas que são: vizinhança, pertinência, conexão, inclusão e interseção [7].

Para as análises de acidentes de trânsito uma outra forma de análise em rede pode ser incluída: análise de proximidade, como *buffer*. A análise de proximidade ou *buffer* é uma classe de operações espaciais que incluem a criação de limites, dentro ou fora de um polígono, a partir de distância. Os limites internos são formados pela expressão geográfica, a partir de uma determinada feição (ponto, alinha ou polígono) localizada no espaço [18]. Por exemplo, são utilizadas para estabelecer áreas críticas para análise, proximidade ou acessibilidade de uma condição [10].

<sup>1</sup> Danielly Cristina de Souza Costa, Mestranda em Modelos de Decisão e Saúde pela Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária s/n, 58.051-900, João Pessoa, PB, Brasil, danywelly@hotmail.com

<sup>2</sup> Ronei Marcos de Moraes, Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária s/n, 58.051-900, João Pessoa, PB, Brasil, ronei@de.ufpb.br

O estudo de índices de aglomeração espacial e análises em rede (análise de proximidade, como buffer) são técnicas utilizadas para a detecção de áreas de risco de acidentes de trânsito. Este artigo tem por objetivo analisar as metodologias de análise espacial de acidentes de trânsito utilizadas na literatura.

## METODOLOGIA

Está sendo apresentando um breve panorama da metodologia de análise de acidentes de trânsito, utilizando a análise espacial. Para isso é realizada a análise exploratória de dados, que é definida como um conjunto de procedimentos estatísticos que visam descrever e analisar a distribuição das variáveis aleatórias, através do teste de aderência de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) [6]. O resultado é dado pelo p-valor que é a significância estatística desse resultado (utiliza-se na literatura o valor de 5%). Se os dados possuírem normalidade deve ser aplicado as análises correspondentes para esse tipo de distribuição. Caso contrário, aplica-se outros tipos de análises.

As análises de autocorrelação espacial têm por objetivo à identificação de agrupamentos, áreas de transição e casos atípicos. Alguns índices de aglomeração espacial são: índice de Moran, índice de Geary, índices de Getis e Ord e o estimador de intensidade Kernel. Os índices de Moran e Geary exigem a normalidades dos dados, porém os índices de Getis e Ord e o estimador de intensidade Kernel não necessitam a normalidade dos dados. Estes índices observam se existe algum padrão sistemático: regularidade, agrupamento e aleatório em uma determinada região do estudo. Logo abaixo serão definidos os índices de aglomeração espacial.

O índice de Moran é baseado na suposição em que os dados devem possuir distribuição normal, ou seja, distribuição simétrica. O índice de Moran local trabalha com três níveis de significância (99,9%, 99% e 95%) esta análise tem por objetivo identificar agrupamentos com dependência espacial significativa. O coeficiente de Moran (global) devem ter significância estatística ( $p < 0,05$ ) [5].

O índice de aglomeração de Geary é similar ao índice de aglomeração de Moran e é baseado nas suposições de normalidade e aleatoriedade. O índice de Geary indica o grau de associação espacial entre conjunto de dados. Ao contrário do Índice de Moran, este índice pode detectar aglomerados com média próxima a zero.

O índice, ou estatística, de Getis e Ord é uma medida de associação espacial não-paramétrica que tem como função medir as dependências espaciais. O índice de Getis e Ord podem ser aplicado a dados onde a distribuição é não-normal. Getis e Ord propuseram duas funções estatísticas: A estatística Global  $G$  que é similar às medidas tradicionais de aglomeração espacial que se resume a um único valor e as estatísticas locais  $G_i$  e  $G_i^*$ , que são medidas de associação espacial para cada área  $i$ , que indicam a extensão a que essa posição é cercada por valores elevados ou por valores baixos para a variável. A principal diferença entre  $G_i$  e  $G_i^*$  é que no

primeiro a área de referência  $i$  não é incluída no cálculo da estatística, enquanto que no segundo ela o é.

O estimador de intensidade de “*Kernel Estimation*” é um método de análise de padrões espaciais de processos pontuais. Tem como objetivo obter uma estimativa suavizada da intensidade pontual do processo em toda a região de estudo.

## TRABALHOS CORRELATOS

O artigo desenvolvido por Santos et al. [17] tem por objetivo analisar a distribuição espacial das residências de vítimas das principais causas violentas de morte no município de Porto Alegre em 1996. O método de Kernel permitiu detectar onde os eventos estão concentrados. De acordo com os resultados de certas áreas de maior concentração dos eventos são similares à distribuição da população; nas demais áreas de alta concentração, diferenciam-se entre si e delimitam microáreas de risco. Vítimas de homicídios concentram-se na periferia da área mais urbanizada; acidentes de transporte concentram-se em áreas mistas de residências e comércio; a distribuição dos suicídios é mais homogêneas.

O artigo de Araújo et al [2] descreveu a distribuição espacial da mortalidade por causas externas através de cartograma, utilizando como unidade de análise o bairro de residência das vítimas, segundo o nível socioeconômico. Foram calculadas os coeficientes de mortalidade por causas externas (por 100.000 habitantes) para cada bairro de Feira de Santana, Bahia. A partir destes coeficientes, foram definidas faixas de mortalidade em quatis. Os 44 bairros existentes foram divididos em quatro estratos de condição socioeconômica: baixa, média-baixa, média e alta. Nas áreas pobres, desprovidas de equipamentos urbanos, houve maior taxa de mortalidade por homicídios, enquanto nas áreas com melhor nível socioeconômico houve maior predominância de mortes por acidentes de trânsito. Apesar das limitações relacionadas ao registro de mortes violentas, o que determinou uma perda de 20% dos casos, pode-se observar que a mortalidade por causas externas atinge todos os grupos sociais, porém, de forma diferenciada: observaram-se diferenças na distribuição dos coeficientes de mortalidade por homicídio e por acidentes de trânsito de acordo com os níveis socioeconômicos investigados. A realização de outros estudos com dados mais consistentes poderá explicar os aspectos de desigualdade envolvidas na ocorrência de mortes violentas. A distribuição espacial das mortes por causas externas pode ajudar no entendimento deste fenômeno e, conseqüentemente, orientar medidas de controle e prevenção em diferentes espaços.

Em um outro Maia et al [12] aplicou o estimador de intensidade Kernel, para analisar a distribuição espacial dos acidentes de trânsito, abordando algumas questões sobre a associação entre os locais de ocorrência e demais características como o tipo de veículos envolvidos, a idade e o local de residência da vítima. Para identificação de padrões de concentração espacial dos pontos, neste caso, os óbitos por acidentes de transportes segundo o local de residência e

ocorrência da vítima. De acordo com os resultados verificaram-se diferenças importantes com relação à ocorrência do evento e a residência das vítimas. Constatou-se também que o padrão espacial de mortalidade segundo ocorrência e residência são distintos, a depender do tipo de acidentes.

Em Gomes et al [9] este estudo descreveu a evolução da taxa de mortalidade por acidentes de trânsito e analisou sua distribuição espacial no Município do Rio de Janeiro. Foram analisados dados sobre mortalidade por causas externas ocorridos no período de janeiro de 1996 a dezembro de 2004 utilizando-se dados do Sistema de Informação de Mortalidade. Foi utilizado mapas de fluxo com flechas que permitem identificar o volume do “tráfego” entre local de residência e de ocorrência. De acordo com o mapa de fluxo foram analisados os coeficientes de mortalidade por acidentes de trânsito em relação administrativas e percebeu-se que algumas áreas são vulneráveis do que outras. As regiões do Centro, Penha e Lagoa apresentaram maior risco de óbitos por acidentes de trânsito, com coeficientes de 189,48; 35,48 e 28,11 por 100.000 habitantes, respectivamente. Pôde-se observar uma queda significativa no coeficiente de mortalidade por acidentes de trânsito no período estudado, que parece estar relacionada à implantação do novo Código de Trânsito Brasileiro (21,4 – 8,7/100.000 habitantes). A população de adulto-jovens do sexo masculino mostrou-se largamente atingida (40,6%), e o tipo de acidente mais frequente foi o atropelamento (65%).

No trabalho de Souza et al [18] tem por objetivo comparar a distribuição espacial dos óbitos por acidentes de trânsito na cidade do Rio de Janeiro, em 2003, a partir de três tipos de endereço: residência da vítima; local de ocorrência do acidente; e local de ocorrência do óbito, em nível de setor censitário. Utilizou-se o Estimador de Kernel para verificar se existe ou não diferença nos padrões de áreas de risco determinados a partir dos registros destes endereços. Conclui-se que há diferença nos padrões espaciais, em todo os tipos de endereço utilizados. Dessa forma, mostra-se como o mapeamento dos acidentes, identificando o local de ocorrência deste, é essencial, pois fornece subsídios às ações de políticas públicas para redução e prevenção dos acidentes. O artigo de Santos et al [16] tem como objetivo principal realizar uma análise espacial dos acidentes de trânsito do município de São Carlos – SP, fazendo-se uso de Sistema de Informações Geográficas, associadas a ferramentas de Estatística Espacial, como a utilização do diagrama de espalhamento de Moran, geração de cálculos da associação espacial de Moran e a geração de mapas de índice de unidade de padrão de severidade. Com a intenção de identificar os pontos e áreas de maior ocorrência de acidentes, bem como as tendências espaciais de crescimento. O trabalho mostrou que os acidentes de trânsito ocorreram por toda malha viária, sendo possível observar que existe um deslocamento dos acidentes de trânsito para quase todas as regiões da cidade de São Carlos, tornando um fenômeno espacial de difícil tratamento.

A tese de Bernardino [4] propõe conhecer as características dos acidentes de trânsito ocorridos na área

urbana da cidade de Uberlândia entre os anos de 2000 e 2004. A partir da espacialização de dados, identificou-se as vias, os trechos e os cruzamentos com maior número de acidentes, com o intuito de identificá-los por meio de técnicas que, determinaram quais são as vias, os trechos e os cruzamentos críticos. Para realizar este trabalho utilizou-se as técnicas de estatística descritiva aliadas à espacialização dos dados para identificar de vinte vias, vinte trechos e vinte cruzamentos que foram palco dos maiores números de acidentes ocorridos no trânsito e dos números mais altos de Unidade Padrão de Severidade (UPS) dos acidentes de trânsito entre os anos de 2000 e 2004.

O trabalho de Soares [19] apresenta o estudo dos fenômenos dos acidentes de trânsito ocorridos no período de março de 2004 a abril de 2007, no bairro de Mangabeira, situado na cidade de João Pessoa, Paraíba. Seu objetivo consiste em identificar os locais críticos de acidentes na referida área. O critério utilizado foi a análise de rede do tipo análise de proximidade do tipo *buffer*. Para a obtenção dos resultados, foram utilizadas duas formas de identificação de locais críticos: a de número de acidentes e a severidade de acidentes. A partir delas, elaborou-se mapas temáticos que, aliados aos gráficos e aos demais dados do sistema viário local, para um melhor entendimento sobre como, quando e onde os acidentes ocorreram. Estas análises resultaram na identificação das intersecções e das vias mais críticas, segundo as duas formas anteriormente mencionadas.

## DISCUSSÃO

A Estatística Espacial é uma ramo da Análise Espacial. Wisel et al [20] afirma que a estatística espacial consiste no emprego de ferramentas analíticas de dados estatísticos. Relacionados a eventos espaciais com a finalidade de auxiliar o entendimento, controle e descrição de dados espaciais. Tendo como objetivo principal caracterizar os padrões espaciais entre os dados. De acordo com Lopes [11], a estatística espacial é o conjunto de técnicas, que incluem métodos estatísticos e que procuram descrever a variação espacial do fenômeno em estudo, a partir de amostras disponíveis.

Segundo [5] em relação as análises estatísticas “a primeira constatação é que algumas técnicas estatísticas estava presente em 49 trabalhos (84,5%), das quais apenas 5 (10,0%) não apropriadas a dados espaciais. Entre os artigos cuja origem não é brasileira, métodos de regressão incorporando a estrutura espacial e métodos de detecção de *cluster* foram os mais empregados”.

Alguns trabalhos na literatura não apresentam a metodologia coerente para a aplicação de métodos de análise espacial de aglomerados. A priori é necessário realizar algumas análises estatística primordiais para certas aplicações de alguns índices de *cluster* espaciais como foi citado no início do artigo. Essas análises estatísticas irão informar se pode ser aplicado determinado estudo análise espacial.

A falha de muitos trabalhos nas análises de aglomerados espaciais se dá em não apresentar o teste de normalidade dos

dados. Esta é uma análise fundamental para a aplicação de certos métodos de índices de aglomerados espaciais. Uma vez não apresentando distribuição normal, não é possível a aplicação de métodos que exigem a normalidade dos dados. Se for realizada essa análise mesmo sendo não normal os resultados serão incorretos gerando conclusões erradas e conseqüentemente decisões também erradas a cerca dos resultados.

As análises de rede do tipo proximidade (*buffer*) se mostraram eficazes na localização das áreas críticas de trânsito. As análises de rede juntamente com as análises de aglomeração espacial podem, em conjunto ou separadamente, orientar políticas específicas sobre as áreas críticas de acidente de trânsito.

### CONCLUSÃO

O conhecimento dos pré-requisitos para se utilizar determinadas técnicas de análise espacial de aglomerados são importantes para a sua utilização. Esses pré-requisitos passam pelas análises exploratórias dos dados.

As análises de rede e as análises de aglomerados espaciais foram de suma importância para a localização das áreas críticas de acidentes de trânsito, não esquecendo de realizar os teste de normalidade para detectar quais as metodologias coerente para as análises de acidente de trânsito.

### REFERÊNCIAS

- [1]Anselin, L., "Spatial data analysis with GIS: an introduction ti application in the social sciences". National Center for Geographic Information end Análisis. Universidade of California – Santa Barbara. August, 1992.
- [2]Araújo, E. M.; Araújo, T. M.; Santana, F. Distribuição desigual da mortalidade por causas externas: avaliação de Aspectos socioeconômicos, *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 29, n. 2, p. 262-272, jul/dez. 2005.
- [3]Beeck, E. F. V.; Borsboom, G. J. J.; Mackenbach, J. P. "Economic development and traffic accidente mortality in the industrialized world". *International Journal of Epidemiology*, [S.I.], v. 29, p. 503-509, 2000.
- [4]Bernardino, A. R. Espacialização dos acidentes de trânsito em Uberlândia (MG): técnicas de geoprocessamento como instrumento de análise – 2000 a 2004, 2007, 268 f. Tese ( Doutorado em Geografia) Universidade de São Paulo, 2007.
- [5]Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação em Saúde. Mortalidade por acidentes de transportes terrestres no Brasil / Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise de Situação em Saúde. - Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
- [6]Bussab, W. O.; Morettin, P. A., 1987. "Estatística básica". 4ª edição, São Paulo: Atual.
- [7]Filho, M. B. B.; "Desenvolvimento de Sistema de Geoinformação como Suporte ao Gerenciamento das Redes de Distribuição de Água". 2005, 100 f. Dissertação – (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco.
- [8]Goodchild, M. Geographical data modeling. *Computers & Geoscience*, 1992, 18(4): 401-408, 1992.
- [9]Gomes, L. P.; Melo, E. C. P., "Distribuição da mortalidade por acidentes de trânsito no município do Rio de Janeiro", Os 10 anos da *Escola Anna Nery Revista de Enfermagem*. Esc. Anna Nery, jun; 11 (2): 289-95. 2007.
- [10]Laurini, R.; Thompson, D. "Fundamentals of spatial information Systems". Ed. Academic Press. Edição Seventh Printing, 1999.
- [11]Lopes, S. B., "Estudo da Dependência Espacial em Modelos de Previsão de Demanda por Transportes". Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Transportes. 153fl. Dissertação de Mestrado, 2005.
- [12]Maia, P. B.; Aidar, T., "Mortes no trânsito urbano: análise segundo local de ocorrência e residência no município de São Paulo entre 2003 e 2005", Anais do XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais (ABEP).
- [13]Meinberg, F. F., "Projeto de georreferenciamento de acidentes de trânsito com vítimas em Belo Horizonte". 2002, 57p. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais., 2002.
- [14]Organización Panameicana de La Salud (OPS). "Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el transito. Washington", D. C.: OPS, 2004 (Publicación Científica nº 599).
- [15]Santos, S. M.; Barcellos, C.; Carvalho, M. S.; Flôres, R., "Detecção de aglomerados espaciais de óbitos por causas violentas em Porto Alegre", Rio Grande do Sul, Brasil, 1996, *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.17, n.5, set/out-2001,p.1141-1151.
- [16]Santos, L.; Raia, Jr.; A. A. "Tendências de deslocamento espacial dos acidentes de trânsito em São Paulo com o uso da técnica de EDP". *In: XIV Congresso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano*, 2007.
- [17]Santos, S. M.; Barcellos, C.; Carvalho, M. S.; Florês, R., "Detecção de aglomerados espaciais de óbitos por causas violentas em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 1996". *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 17(5): 1141-1151, set-out, 2001.
- [18]Souza, V. R.; Cavenaghi, S.; Alves, J. E. D.; Magalhães, M. A. F. M., "Análise espacial dos acidentes de trânsito com vítimas fatais: comparação entre o local de residência e de ocorrência do acidente no Rio de Janeiro", *Revista Brasileira de Estudos de População*, v.25, n.2, jul/dez 2008, p.353-364.
- [19]Soares, R. A. S. Utilização de técnicas de geoprocessamento na identificação de locais críticos de acidentes de trânsito, 2008, 94f. Monografia (Curso superior de Tecnologia em Geoprocessamento) Centro Federal de Educação Tecnológico da Paraíba, 2008.
- [20]Wise, S.; Haining, R.; Signoretta, C, The Role of Visualization in the Exploratory Spatial Data Analysis of Area-based data – *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> international conference on geocomputacion* – Universty of Bristol, Reino Unido, 1998.