

## DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM SÃO CARLOS (SP): IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS DE DESLOCAMENTO ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELIPSE DE DESVIO PADRÃO

**Luciano dos Santos**

Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente de Uberlândia  
Divisão de Planejamento Integrado  
[lucianogeo@yahoo.com.br](mailto:lucianogeo@yahoo.com.br)

**Archimedes Azevedo Raia Junior**

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
[raiajr@power.ufscar.br](mailto:raiajr@power.ufscar.br)

### RESUMO

*O acidente de trânsito é atualmente uma das maiores causas de mortes por fatores externos no Brasil, assim como em vários países em desenvolvimento, trazendo vários prejuízos econômicos para as administrações federais, estaduais e municipais e provocando perdas sociais elevadas aos parentes dos envolvidos. Inúmeros estudos vêm sendo realizados visando a prevenção dos acidentes de trânsito. Entretanto, com uma quantidade cada vez maior de veículos automotores em circulação pelas ruas das cidades, os conflitos entre veículos e pedestres é cada vez mais aparente, fazendo com que os números de acidentes de trânsito alcancem índices elevados. Esse contexto se torna ainda pior devido ao fato que em várias cidades brasileiras o Planejamento de Transportes Coletivos é ineficiente nas regiões periféricas, sendo o uso de veículos particulares a melhor opção de deslocamento, o que acaba por prolongar os conflitos entre veículos por toda mancha urbana, e não só nas regiões centrais onde normalmente estão concentradas as atividades de comércio e serviços. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal identificar as tendências de deslocamento dos acidentes de trânsito do Município de São Carlos, com a utilização de Ferramentas de Estatística Espacial, proporcionando mais uma ferramenta para a identificação de tratamento dos acidentes de trânsito.*

**Palavras-chaves:** Acidentes de Trânsito, SIG', Estatística Espacial, Elipse de Desvio Padrão

## SPATIAL DISTRIBUTION OF THE TRAFFIC ACCIDENTS IN THE SÃO CARLOS OF CITY: IDENTIFICATION OF TRENDS OF DISPLACEMENT THROUGH THE TECHNIQUE OF STANDARD DEVIATIONAL ELLIPSE

### ABSTRACT

*The accident of traffic is now one of the most important causes of death for external factors in Brazil, such fact do not is restricted of the Brazil but also of several countries in development. Those accidents have as consequences: several economical damages for the federal, states and municipal administrations, thus as also, high social losses to the relatives of those involved. In that sense, countless studies have been accomplished seeking the prevention of the accidents of traffic, however, with an amount every time larger of self-driven vehicles in circulation for the streets of the cities, the conflicts between vehicles and pedestrians are more and more apparent, doing with that the numbers of accidents of traffic reach high indexes. That context becomes still worse due to the fact that in several Brazilian cities the Planning of Collective Transports is inefficient in the outlying areas, where the use of private vehicles the best displacement option. Fact that prolongs the conflicts among vehicles and every urban stain, and not only in the central areas where they are usually concentrated the trade activities and*

*services. In this sense, this work has as main objective to identify the tendencies of displacement of the accidents of traffic of the Municipal district of São Carlos, with the use of Tools of Spatial Statistics, providing one tool, between others, for the identification and treatment of the accidents of traffic.*

**Key-Words:** Traffic accidents, GIS, Spatial statistics, Standard deviational ellipse.

## INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito são uma das principais causas de morte no mundo, estando na nona posição e, prosseguindo com os atuais níveis de crescimento, esta posição pode chegar à sexta, até 2020, sendo então uma das maiores causas de morte da era moderna (MANTOVANI, 2003). Aproximadamente 15 milhões de pessoas são feridas em acidentes de trânsito por ano nos países em desenvolvimento (GWILLIAM, 2003).

Nestes países, inclusive no Brasil, as condições políticas e sociais específicas agravaram ainda mais os problemas gerados pelos acidentes de trânsito. Na maioria destes países, 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 levaram a uma rápida deterioração física das mesmas, causando assim, condições inseguras no trânsito.

No Brasil, os acidentes de trânsito têm assumido números elevados, registrando uma grande quantidade de feridos e danos materiais. Isso ocorre, dentre outros motivos, devido ao aumento progressivo da ocupação das vias urbanas por causa do aumento dos números de viagens realizadas por carros e motocicletas (SIMÕES, 2001).

Segundo Mantovani (2003), na década de 1990, o Brasil participava com aproximadamente 3,3% do número de veículos da frota mundial, mas era o responsável por 5,5% do total de acidentes fatais em todo o mundo. A Organização das Nações Unidas - ONU estipula como aceitável o índice de 3 mortos por 10 mil veículo/ano. Entretanto, no ano de 2000, no Brasil, houve aproximadamente 6,8 mortos por 10 mil veículos/ano, enquanto que na maioria dos países desenvolvidos esse número não ultrapassou a uma morte por 10 mil veículos.

Desta forma, uma das maiores preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do trânsito, bem como pela comunidade científica que analisa tal problema, é encontrar soluções que possam reduzir esses números. Procurar entender esses eventos é uma forma de tentar preveni-los ou reduzir os impactos gerados por eles, encontrando assim soluções para a redução desse problema. Uma forma de se atingir esse objetivo é através da utilização de um Sistema de Informações Geográficas - SIG, associado a ferramentas de estatística espacial, podendo-se, dessa forma, compreender como ocorrem e quais as inter-relações entre os diversos tipos de acidentes de trânsito.

Assim, a utilização de um SIG tem importância fundamental no estudo dos acidentes de trânsito, visto que, com ele é possível associar os atributos de cada acidente de trânsito com suas respectivas localizações, podendo, desta forma, compreender as relações existentes entre os acidentes e o ambiente onde eles ocorreram, além da possibilidade de poderem ser utilizados métodos estatísticos tradicionais e avançados com a incorporação de componentes de análise espacial nos estudos de segurança viária.

O termo Sistema de Informações Geográficas - SIG vêm sendo largamente utilizado, ultimamente, para as operações que envolvam recursos tecnológicos associados a eventos espacialmente identificáveis e é indicado para uma série de aplicações que envolvam identificação, rastreamento, análises espaciais, levantamento e tratamento de informações e dados de maneira organizada. Para Antenucci et al (1991), um SIG é um sistema de gerenciamento de informações capaz de coletar, armazenar, restabelecer informações baseadas em suas localizações, identificar locais dentro de um ambiente de modo a selecionar critérios específicos, explorar relacionamentos entre dados e facilitar a seleção e a transposição de dados para modelos específicos. Ainda de acordo com Antenucci et al (1991), um SIG é um sistema computacional que armazena e une dados de atributos não-geográficos ou geográficos referenciados com feições de mapas, permitindo um grande número de processamentos e disposição de informações, produção de mapas, análises e modelagem.

Câmara et al (1996) definem um SIG como um sistema de informação baseado em computador que

permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados.

Para Santos (2006), um SIG pode ser definido como um sistema que agrega pessoal qualificado, equipamentos capazes de armazenar e recuperar dados, um software de gerenciamento de dados com capacidade para analisar, recuperar e imprimir dados, bem como realizar diversos tipos de análises espaciais destes dados através da relação topológica dos mesmos. Essa relação topológica é a forma como as estruturas vetoriais disponíveis na maioria dos SIG's (pontos, linhas e polígonos) se relacionam entre si, e são as bases para as funções avançadas de um SIG.

Nos últimos anos, vários departamentos de transportes, órgãos gestores e empresas vêm utilizando os SIG's para gerenciamento de dados e diversos tipos de planejamento, incluindo gerenciamento e manutenção de pontes e pavimentos, quantificação de impactos gerados pelos transportes, gerenciamento de riscos, análise de zonas de riscos, estudos de controle da qualidade do ar e poluentes, segurança viária, entre outros (FHWA, 2001).

O planejamento e a operação do sistema de transportes e trânsito são processos extremamente dinâmicos, que exigem ações rápidas e constantes alterações. O acompanhamento e gerenciamento destas modificações em tempo hábil podem ser facilitados com a utilização de um sistema que possibilite o cadastramento e a recuperação de informações com rapidez e segurança. Levine & Kim (1996) afirmam que são várias as razões para a utilização de um SIG para o planejamento de transportes e segurança viária, entretanto, as principais são 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.

Entretanto, deve-se compreender que o uso do solo exerce grande influência nos eventos ocorridos no sistema viário, dentre eles os acidentes de trânsito. Portanto ao analisar os acidentes de trânsito é imprescindível que se leve em consideração uma componente espacial (localização) dos dados analisados, e que suas ocorrências representam eventos espaciais, ou seja, 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 dos mesmos fazendo com que seja necessário empregar ferramentas adicionais de estatística espacial na análise da segurança viária, tornando os estudos cada vez mais detalhados (CARDOSO, 1999; LEVINE & KIM, 1996; QUEIROZ, 2003).

A Estatística Espacial é um ramo da Análise Espacial. Wise et al (1998) afirmam 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 (2005), 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.

Muitos dados de uso comum, tais como os dados censitários, possuem uma referência espacial que pode ser analisada estatisticamente. Entretanto, a característica fundamental da análise espacial é o uso explícito da referência geográfica no processo de coleta, análise e descrição dos dados. Desta forma, a análise espacial está centrada nos processos que ocorrem no espaço, buscando descrever e analisar como interagem e se correlacionam esses processos (KREMPI, 2004).

Assunção (2001) considera que a estatística espacial pode ser dividida em quatro categorias: Análises Pontuais, Análise de Dados em Áreas, Análise de Superfície, e Análise de Interação Espacial (redes).

Segundo Câmara et al (2001), um padrão pontual representa um conjunto de dados consistindo de uma série de localizações pontuais ( $p_1, p_2, \dots, p_n$ ) que indicam a ocorrência de eventos de interesse dentro da área de estudo, entretanto, somente os valores do evento são considerados e não a área de estudo.

O objetivo da estatística espacial por pontos é identificar se o conjunto de eventos apresenta algum tipo de padrão, buscando entender em qual escala esse padrão ocorre. Neste caso, alguns métodos são utilizados como o estimador de intensidade (Kernel) e o índice de vizinho mais próximo.

A análise espacial por áreas é utilizada quando se trabalha com dados que não se conhece sua posição exata, mas sim um valor agregado a uma área de um polígono. Estes casos ocorrem com grande frequência com fenômenos agregados por municípios, bairros ou setores censitários, como população, renda, educação, etc. Assim, como na distribuição por pontos, o objetivo da análise por áreas é identificar a existência de um padrão espacial (CÂMARA et al, 2002a; ASSUNÇÃO, 2001).

A análise de superfície é uma técnica da análise espacial para eventos discretos e é composta por dados que apresentam ocorrências pontuais, normalmente obtidas através de levantamentos de campo, sendo necessário um procedimento de interpolação para análise, sendo a krigagem o procedimento mais utilizado. As amostras de dados de superfície podem representar tanto variáveis naturais como vegetação, teor de argila no solo, etc, quanto dados socioeconômicos (CÂMARA et al, 2002b).

Para Levine & Kim (1996), as estatísticas mais utilizadas para descrever tanto padrões pontuais quanto áreas podem ser divididas em:

- ❑ Medidas de distribuição espacial: descrevem o centro, a dispersão, direção e forma da distribuição de uma variável;
- ❑ Medidas de autocorrelação espacial: descrevem a relação entre as diferentes localizações para uma variável simples, indicando agregação ou dispersão; e
- ❑ Medidas de associação espacial entre duas ou mais variáveis: descrevem a correlação ou associação de variáveis distribuídas no espaço.

Para Anselin (1992) esses padrões espaciais podem causar problemas de mensuração, tais como a dependência espacial e heterogeneidade espacial, que podem vir a afetar a validade de métodos estatísticos tradicionais. Na estatística tradicional, a correlação é o grau de influência que uma variável tem sobre outra, com a intenção de avaliar quanto o valor de variáveis ditas independentes tem de influência sobre outras variáveis também ditas independentes. Caso a concentração de uma variável dependente cresça com o aumento da concentração da variável independente, tem-se uma correlação positiva. Caso essa correlação ocorra de forma inversa, tem-se uma correlação negativa. E, se não existir uma relação quantificável, diz-se que elas são independentes ou não-correlatas.

Na estatística espacial existem várias funções para a caracterização da distribuição de dados espaciais por pontos, permitindo identificar o centro da distribuição, bem como identificar se há a existência de um padrão de distribuição espacial. No caso do estudo dos acidentes de trânsito, essas funções permitem identificar se há agrupamentos desses acidentes em uma determinada região da cidade, ou se há uma tendência de deslocamento dos acidentes para algumas regiões caso sejam comparados vários anos de estudo.

Alguns softwares comerciais disponibilizam pacotes de ferramentas de análise espacial por pontos que tem como função identificar agrupamentos pontuais e distribuição espacial dos dados. Neste trabalho foi utilizados o programa CrimeStat 3.0, que disponibiliza uma ferramenta de Elipse de Desvio Padrão.

A Elipse de Desvio Padrão tem por função fornecer a medida da Dispersão Espacial dos incidentes (eventos pontuais) ao redor do centro médio da distribuição pontual.

## MÉTODO

### Preparação da Base de Dados e Análise de Consistência

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os dados de acidentes de trânsito do município de São Carlos – SP ocorridos no período de 2001 a 2003, disponibilizados em um Banco de Dados de Acidentes de Trânsito, elaborados por Raia Junior (2004), para a Prefeitura Municipal de São Carlos, com base no Boletins de Ocorrência de Acidentes de Trânsito elaborados e disponibilizados pela Polícia Militar – PM. Estes BO's foram digitalizados para um banco de dados ACCESS.

Para a utilização dos dados de acidentes no desenvolvimento do projeto, eles passaram por uma análise a fim de se identificar possíveis inconsistências nos mesmos. Essa análise de consistência possibilitou encontrar possíveis equívocos registrados no momento de preenchimento ou digitação dos dados do BO para o banco de dados relacional. Alguns aspectos como a falta do número de vítimas em acidentes classificados como “acidentes com vítimas”, nomes de ruas com mais de um tipo de grafia, falta de padronização no tipo de colisão, podem levar a resultados divergentes no

processo de análise, não podendo assim ser utilizados para análises criteriosas, devendo ser corrigidos ou descartados.

Estes problemas são comuns no preenchimento de BDR, principalmente quando se possibilitam ao digitador o acesso completo as tabelas do BDR. Entretanto isso pode ser facilmente corrigido através da criação de uma tabela de logradouros contendo o nome de todas as ruas existentes, vinculada à tabela de BO's, impondo uma "restrição de integridade" onde a inclusão do nome de logradouro na tabela de BO's só poderá ocorrer se este logradouro existir na tabela de logradouros (para maiores detalhes sobre esta restrição, consultar ELMASRI & NAVATHE (2003, p. 18, Volume I).

A base cartográfica do município de São Carlos – SP, composta por sua rede viária, foi disponibilizada por Raia Junior (2004), e se encontra digitalizada no sistema TransCAD. Essa rede viária passou também por uma análise de seus dados, com o intuito de se identificar possíveis divergências, tais como: i) eixos de logradouros desconectados ou duplicados; ii) falta de número identificador no eixo de logradouro; iii) falta de nomes da via; iv) nomes com grafia diferente do que consta no banco de dados de acidentes, etc. Essa análise da rede viária é fundamental para realização do trabalho, visto que esses problemas podem interferir no georreferenciamento dos acidentes de trânsito.

Durante o processo de análise da rede viária, foram identificados vários nomes de logradouros que não possuíam a mesma denominação que as que constavam no Banco de Dados Relacional - BDR. Desta forma, foi atribuída uma codificação seqüencial para cada logradouro constante na tabela do BDR e transferida para a tabela do Banco de Dados Geográfico - BDG. Assim, cada logradouro da tabela do DBR passou a possuir o mesmo código da tabela de logradouros do BDG. Esse processo foi necessário para que fosse possível realizar o georreferenciamento dos acidentes, processo que será abordado a seguir.

### **Georreferenciamento dos Acidentes de Trânsito**

Após a análise e preparação dos dados, iniciou-se o processo de georreferenciamento dos acidentes. Esse processo consiste em associar os atributos de cada acidente existente no banco de dados relacional aos seus respectivos locais no mapa, representados por objetos do tipo pontos.

Para esse trabalho, foi utilizada a ferramenta "address matching" disponível no TransCAD 3.0. A escolha deste software se deu por três motivos: a) devido à disponibilidade do mesmo, visto que o DECiv possui uma licença acadêmica para uso do programa; b) devido a facilidade de uso e pela possibilidade de importação de vários tipos de arquivos; c) devido ao banco de dados relacional de acidentes de trânsito utilizado neste estudo estar estruturada em um formato compatível com o modelo de georreferenciamento do TransCAD, necessitando apenas de pequenos ajustes.

A ferramenta "address matching" do TransCAD é de fácil utilização, necessitando de uma rede de logradouros no BDG contendo o nome da rua, seu código postal, o número inicial e final de cada quadra e uma tabela com o endereço dos objetos a serem georreferenciados contendo o nome do logradouro principal mais o número ou o nome de dois logradouros, quando o evento corresponder a um cruzamento, mais o código postal para cada evento.

### **Elaboração das Elipses de Desvio Padrão dos Acidentes**

A distribuição espacial dos acidentes de trânsito no município de São Carlos foi realizada com a utilização da ferramenta de elipse de desvio padrão, do software Crimestat 3.0. Esta ferramenta fornece a medida de dispersão espacial dos pontos em duas dimensões, a partir das coordenadas dos eventos.

Neste trabalho, a elipse de desvio padrão foi utilizada para identificar a dispersão dos acidentes de trânsito, de acordo com o grau de severidade dos mesmos. Para a utilização dessa ferramenta, foram selecionados os acidentes de acordo com sua severidade e exportados no formato "shapile". Esses arquivos foram separados em Acidentes com Danos Materiais - ADM, Acidente com Pedestres - ACP, Acidentes com Feridos - ACF e Acidentes com Vítimas Fatais - AVF. Após exportados, esses arquivos foram inseridos no programa Crimestat 3.0, para a elaboração das elipses.

## **RESULTADOS**

Durante a análise de consistência do BDR foram encontrados vários registros com a identificação do

local do acidente (rua\_1, num ou rua\_2) com campo em branco conforme exemplo na tabela 1. Em alguns casos, entretanto, o campo referência informava o nome de um estabelecimento comercial em frente onde ocorreu o acidente. Para contornar esse problema foi realizada uma seleção contendo os registros que se encaixavam na descrição acima e foi realizada uma busca na lista telefônica a fim de identificar o endereçamento correto do local do acidente.

TABELA 1  
Registros no Banco de Dados sem endereçamento correto

Rua_1	Num	Referência
Carlos, S; Rua		Em frente ao supermercado Jáú Serve
Geminiano Costa; Rua		Cruzamento com D. Pedro II
Carlos, S; Rua		Em frente ao Mc Donalds
Ø		Em frente a APAE

Todavia, durante esse processo, foram identificados vários casos onde o campo "referência" informava nomes de estabelecimentos comerciais que não eram encontrados na lista telefônica. Muitas vezes, o preenchimento do item "referência" no BO era preenchido com a descrição do nome fantasia do estabelecimento comercial em frente ao local onde ocorreu o acidente, sendo que na lista telefônica constava o nome da sua razão social do comércio ou mesmo o nome do proprietário do mesmo. Nestes casos, não foi possível a utilização do registro desse acidente, visto que não seria possível localizá-lo em um endereço correto.

Neste trabalho também foram descartados os acidentes ocorridos em estradas vicinais ou dentro de estabelecimentos particulares. No primeiro caso, essa atitude foi tomada devido ao fato da dificuldade de localização dos locais onde ocorreram esses acidentes e também porque fugiam do escopo do presente trabalho. Já no segundo caso, esta atitude foi tomada pelo motivo que não seria de competência do poder público o tratamento deste local e sim do proprietário do estabelecimento, tendo como exemplo os acidentes ocorridos no estacionamento do Shopping Center.

Após a análise de consistência, foram selecionados os registros de acidentes que poderiam ser utilizados para a sua análise e descartados aqueles que não seriam utilizados, seja por estarem fora do objeto de estudo ou por não conterem os dados mínimos necessários para identificação do local. Desta forma, a tabela 2 informa o número de todos os registros constantes no BDR, os que serão utilizados e o total excluído.

TABELA 2  
Total de Registros na Tabela de Acidentes e Total Utilizado

Ano	Total de Registros	Registros Utilizados	Registros Excluídos	Porcentagem Excluída (%)
2001	3771	3154	617	16,3
2002	3490	3063	427	12,2
2003	3419	2992	499	13,5

Após realização da análise de consistência, foram então considerado aptos a utilização de 83,7 % dos acidentes de 2001; 87,8 % dos acidentes de 2002 e 86,5 % dos acidentes ocorridos em 2003. Há que se lembrar que os registros excluídos neste trabalho foram os que se encontravam fora da área de estudo (zona rural, distritos e estradas municipais, rodovias e estacionamentos particulares) e com endereçamento inconsistente (locais sem numeração, sem nome da rua onde ocorreu o acidente e sem ponto de referência).

Após a realização das análises foram geradas tabelas no formato de planilhas eletrônicas para cada período do ano de estudo desta pesquisa (2001, 2002 e 2003) com todos os campos constantes na

tabela BO do Banco de Dados. Afim de que o processo de georreferenciamento fosse realizado com sucesso, essas tabelas passaram por um pequeno ajuste. As tabelas apresentavam uma coluna para rua\_1, outra para número e outra para rua\_2. Entretanto, o TransCAD utiliza para o georreferenciamento uma coluna de nome "address" contendo o nome da rua principal seguido pelo número, ou no caso de um cruzamento, seguido pela rua\_2 com o prefixo "and" entre os dois. A tabela 3 ilustra um exemplo das modificações realizadas.

TABELA 3  
Ajustes Realizados na Tabela de Acidentes para o TransCAD

Modelo da Base de dados de Acidentes			Modelo do TransCAD
Rua_1	Num	Rua_2	"Address"
Av. São Carlos	1751		Av. São Carlos, 1751
Av. São Carlos		Rua 15 de Novembro	Av. São Carlos and Rua 15 de Novembro

Após serem geradas, essas tabelas foram importadas pelo TransCAD e executou-se o processo de georreferenciamento. Finalizada a tarefa, o resultado foi satisfatório, visto que em relação ao total de acidentes ocorridos no período, cada ano obteve um georreferenciamento superior ao ano anterior. Isto se deve ao fato de que, tanto o banco de dados relacional de acidentes quanto o banco de dados geográfico passaram por uma atualização e uma preparação para este processo. O maior percentual georreferenciado se refere a 2003 Figura 1, com um total de 84,01% dos acidentes de trânsito localizados, sendo seguidos por 2002, com 82,29% e 2001, com 78,94% (tabela 4).

É importante observar que para cada ano, foi obtido um georreferenciamento cada vez maior em relação ao ano anterior devido a uma melhor qualidade das informações, principalmente com relação aos dados do endereçamento dos acidentes. Esse aumento no percentual de georreferenciamento ocorreu, provavelmente, devido à experiência adquirida pelas pessoas responsáveis pela inclusão dos dados dos boletins de ocorrências – BO no banco de dados relacional de acidentes. Deste modo, além da importância de se ter um banco de dados de acidentes de trânsito completo e constantemente atualizado é importante também ter pessoas capacitadas e qualificadas para sua alimentação e gerenciamento, proporcionando assim melhores resultados nas análises dos acidentes.

Após o georreferenciamento dos acidentes, partiu-se para a elaboração das elipses de desvio padrão para cada tipo de ocorrência de acidentes com o intuito de se identificar a distribuição espacial e a tendência de deslocamento dos mesmos. Para a utilização dessa ferramenta, foram selecionados os acidentes de acordo com sua severidade e exportados no formato "shapefile". Esses arquivos foram separados em Acidentes com Danos Materiais - ADM, Acidente com Pedestres - ACP, Acidentes com Feridos – ACF e Acidentes com Vítimas Fatais - AVF.

Durante essa etapa, foi possível confirmar que os acidentes com vítimas estão mais espalhados pela cidade, reforçando as hipóteses de CET (1979) e GOLD (1998), que afirmam que as áreas periféricas são os locais com as maiores ocorrência de acidentes com vítimas.

TABELA 4  
Total de Acidentes Georreferenciados

Ano	Acidentes Georreferenciados	% em Relação ao Total de Acidentes
2001	2977	78,94
2002	2872	82,29
2003	2863	84,01

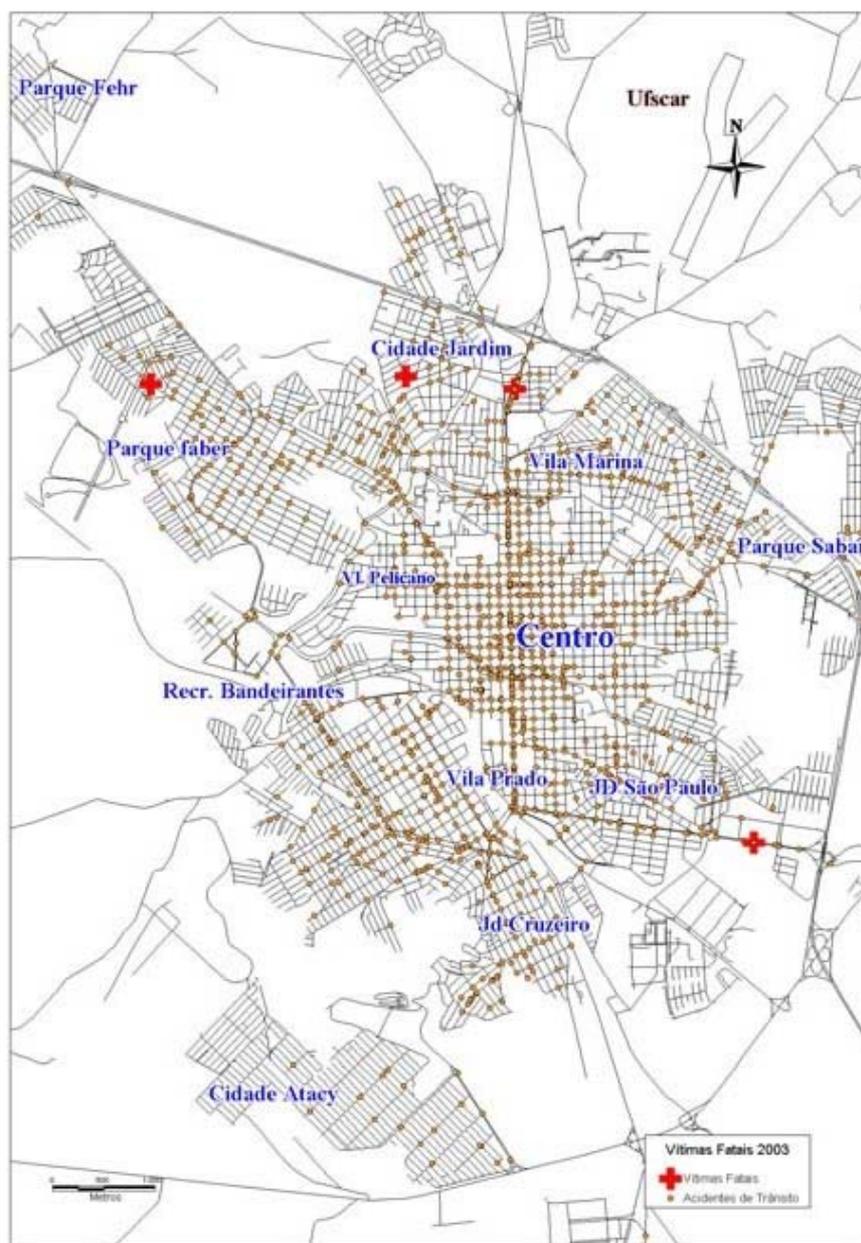


Figura 1 - Acidentes de trânsito georreferenciados em 2003

Na figura 2 são apresentadas as elipses criadas para cada tipo de ocorrência de acidentes, para cada ano do período de estudo deste trabalho. Através das elipses é possível verificar que os Acidentes com Danos Materiais - ADM, representados nas figuras pela elipse de cor azul, estão concentrados na região central da cidade e sofreram pouca alteração espacial no decorrer do período, indicando que as ocorrências destes acidentes no período de 2001 a 2003 estiveram ligadas ao grande volume de veículos nesta região. Os acidentes com vítimas fatais, representados na figura pela elipse de desvio padrão de cor vermelha, aparecem como a elipse mais ampla nos anos de 2002 e 2003. Isso indica que esse tipo de acidentes ocorreu, em sua maioria, em áreas periféricas da cidade. Em 2001, a elipse de desvio-padrão dos Acidentes com Vítimas Fatais - AVF é apresentada como uma reta entre dois pontos. Isso ocorre pelo fato de que neste ano, somente dois acidentes com mortes foram georreferenciados, não sendo possível uma melhor visualização da dispersão desses acidentes.

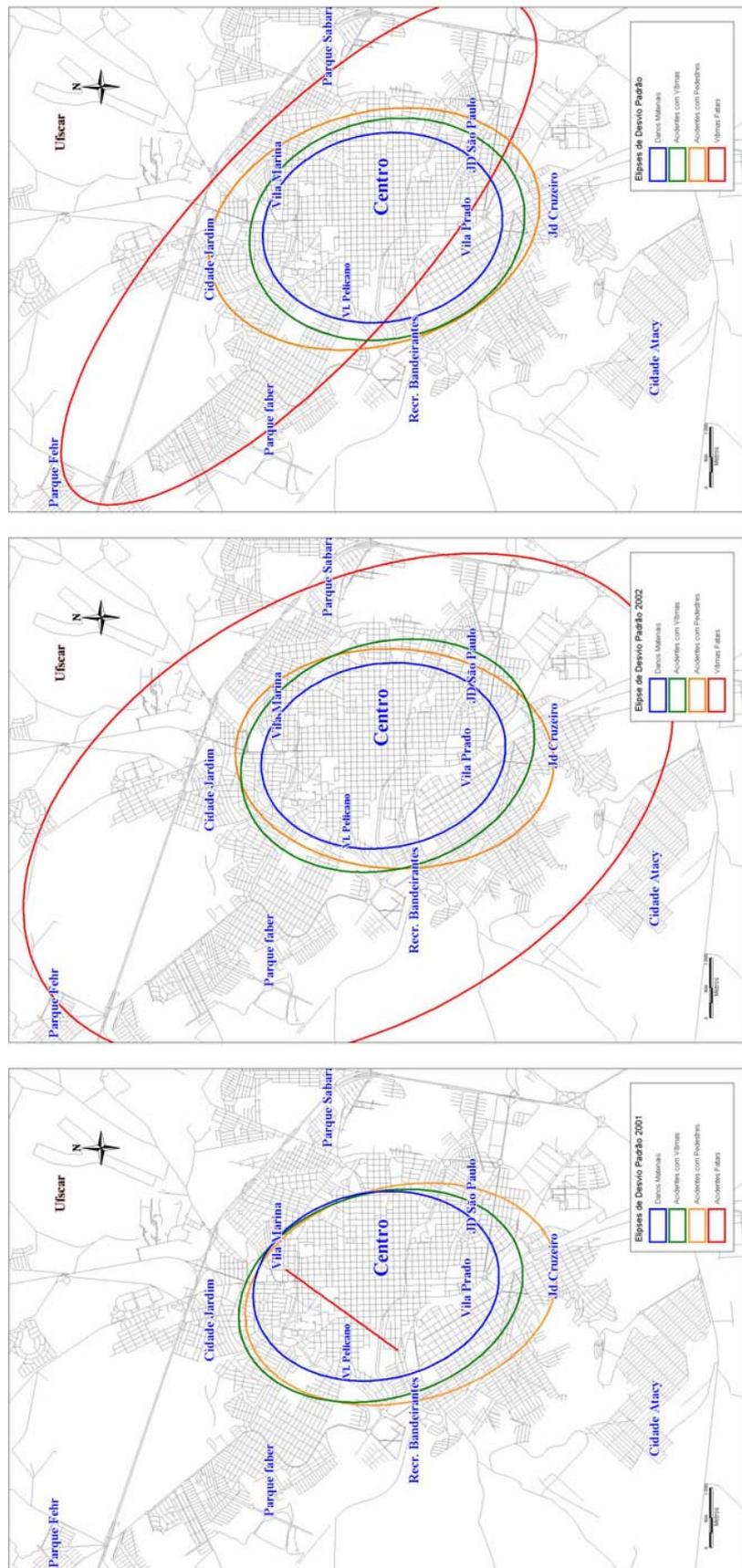


FIGURA 2 - Distribuição espacial dos acidentes de acordo com o grau de severidade (2001, 2002 e 2003).

Os Acidentes com pedestres - ACP (elipse de cor laranja) têm uma dispersão próxima aos Acidentes com Vítimas Feridas - ACV (elipse de cor verde), indicando que esses tipos de acidente estão espalhados pelas áreas periféricas com mais intensidade do que os acidentes com danos materiais, que ocorrem, em sua maioria, nas áreas centrais.

A figura 3 apresenta uma comparação das elipses de desvio-padrão relacionada aos Acidentes com Danos Materiais ocorridos no período de estudo. É possível notar que esse tipo de acidentes esteve, nos últimos 3 anos, concentrado na regiões centrais da cidade e que houve pouca variação na dispersão dos acidentes com danos materiais neste período; houve uma concentração maior nos anos de 2002 (verde) e 2003 (vermelho) do que a ocorrida em 2001 (azul).

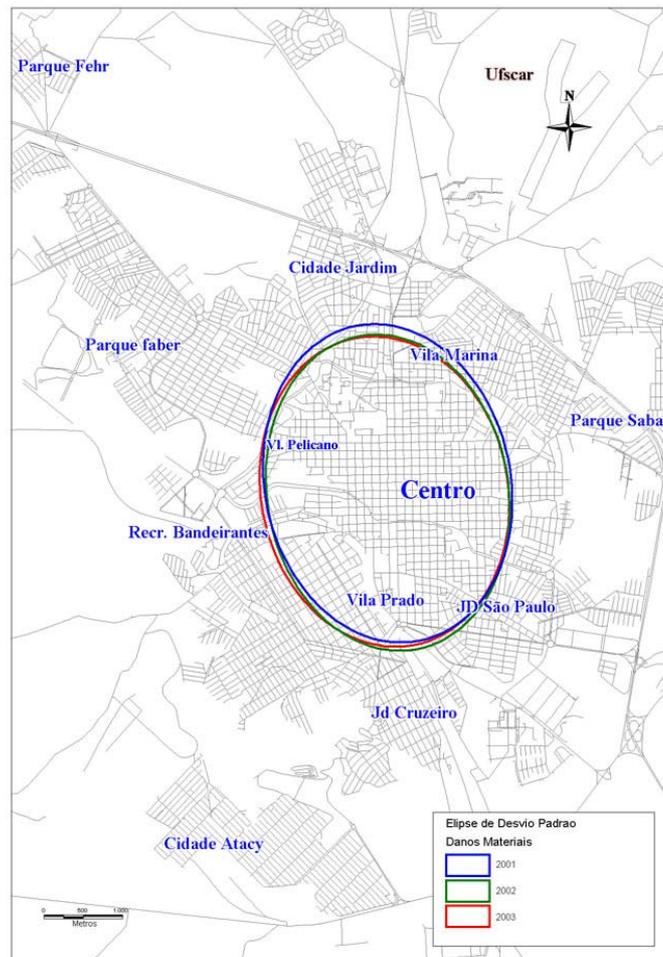


Figura 3 - Elipse de Desvio Padrão para os acidentes com Danos Materiais

Entretanto, em relação aos atropelamentos, é possível notar que há uma maior dispersão neste tipo de acidente no decorrer dos 3 anos. A figura 4 mostra que a cada ano, os acidentes com pedestres estão mais dispersos. É possível notar que, em 2002 (elipse verde), ocorreu uma dispersão deste tipo de acidente em relação a 2001 (elipse azul), no sentido sudeste da cidade, próximo aos bairros Jardim São Paulo e Jardim Cruzeiro. Em 2003 (elipse vermelha), houve uma dispersão maior em relação a 2001 e 2002, mantendo-se a dispersão para a região sudeste, em relação a 2002, e aumentando também para a região norte da cidade no sentido dos bairros de Vila Marina e Cidade Jardim, em relação aos dois anos anteriores.

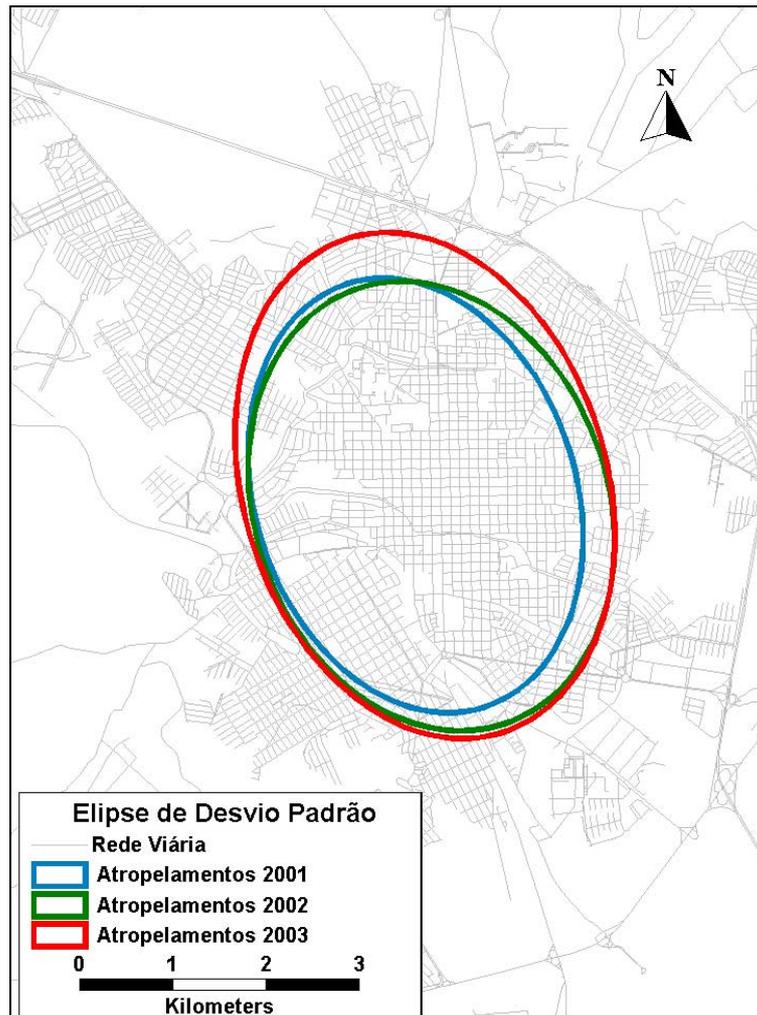


Figura 4 - Elipse de Desvio Padrão para os acidentes com Pedestres

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de São Carlos, assim como vários outros municípios do Brasil, apresenta altos índices de acidentes de trânsito, com um grande número de feridos, trazendo danos sociais e econômicos para a população. Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa foi o de conhecer melhor o comportamento espacial dos acidentes de trânsito em São Carlos, uma cidade de porte médio onde a maioria dos setores de comércio e serviços ainda se encontra no centro da cidade, atraindo um grande volume de veículos e pedestres para essa região.

Para compreensão dos acidentes de trânsito em São Carlos, foi realizado o georreferenciamento dos mesmos e durante este processo foi possível constatar que, a cada ano, houve uma melhoria considerável na consistência das informações, confirmando que o treinamento e capacitação dos profissionais que inserem essas informações em sistemas informatizados é extremamente importante para o aproveitamento do sistema, devendo essa capacitação ser estendida a todos aqueles que coletam esses dados, principalmente aos profissionais responsáveis pelo preenchimento dos Boletins de Ocorrências.

O georreferenciamento do local dos acidentes mostrou que, em São Carlos, eles ocorrem por toda malha viária, havendo ainda uma grande concentração de acidentes nas áreas centrais da cidade, com várias ocorrências de atropelamentos nas áreas periféricas e de acidentes fatais também nestas áreas.

Através das elipses de desvio padrão foi possível verificar que os acidentes de trânsito possuem uma distribuição bastante peculiar. Apesar de ocorrerem acidentes de todos os tipos em todas as áreas da cidade, os acidentes de trânsito em São Carlos demonstraram um padrão de ocorrência pela cidade.

Foi possível verificar através das elipses que os acidentes com danos materiais estão concentrados nas regiões centrais da cidade, havendo poucas alterações em sua área de ocorrência no período em estudo, o que demonstra que esse tipo de ocorrência está diretamente relacionado ao grande volume de conflitos provocados pelo volume de veículos e pedestres nesta região.

Os acidentes com pedestres mostraram uma ocorrência por toda a área urbana do município, apresentando em alguns anos uma concentração em áreas centrais (2001) e dispersão pela cidade nos demais anos de estudo. As elipses demonstraram um deslocamento para as regiões sul em 2002 sendo confirmado esse crescimento em 2003 com um pequeno crescimento para a região norte da cidade, demonstrando uma tendência de deslocamento para as áreas periféricas da cidade, entretanto é necessário um acompanhamento por um período maior de tempo, afim de se verificar se essas tendências se confirmam.

Desta forma, a preocupação com o tratamento dos acidentes de trânsito, deve ser ampliada para toda a área urbana, não podendo ser restrita as áreas centrais. Principalmente quando se depara com a ocorrência de acidentes fatais em áreas não centrais da cidade. Em muitos casos, a falta de recursos financeiros aliada à falta de um planejamento adequado praticado por algumas administrações municipais, acaba priorizando a manutenção do sistema viário somente em áreas centrais, não havendo a manutenção da sinalização horizontal e vertical dos bairros, o que acaba proporcionando ambientes favoráveis à ocorrência de acidentes de trânsito.

Um outro fator importante a ser avaliado, e que pode estar provocando a dispersão dos acidentes de trânsito, é que com um sistema de transporte coletivo urbano nem sempre eficiente, a aquisição de veículos automotores pela população das regiões periféricas acaba sendo uma opção melhor de deslocamento, provocando um maior número de viagens de veículos particulares partindo e chegando a essas regiões, aumentando o número de conflitos de pedestres e veículos, possibilitando cada vez mais acidentes. A situação pode ser mais perigosa ainda visto que, por se tratar, em muitos casos de população de classe social C e D, muitas vezes a opção de compra dos veículos se restringe a veículos com vários anos de uso, e que em muitos casos não possuem uma manutenção preventiva, fazendo com que alguns veículos trafeguem pelas ruas da cidade sem as mínimas condições de segurança para os condutores e para os demais usuários da via.

Diante disto cabe ao Poder Público Municipal interferir na ocorrência destes eventos, seja através de medidas corretivas como a manutenção de sinalização, a implantação de fiscalização eletrônica, dentre outras. Ou mesmo a melhoria do sistema de transporte coletivo, atraindo assim um número maior de usuários, com a intenção de reduzir o número de veículos particulares nas vias públicas. Quanto ao uso de veículos que coloquem em risco os usuários do sistema viário, cabe ao Poder Público Federal a implantação do sistema de vistoria de veículos, proposto pelo Código de Trânsito Brasileiro - CTB, mas que ainda não foi implementado, evitando que veículos sem condições de segurança trafeguem pelas ruas das cidades.

## REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. **Spatial data Analysis With Gis: An Introduction to application in the Social Sciences**. National Center for Geographic Information and Analysis – University of California – California, EUA. (1992) Disponível em: <[http://www.ncgia.ucsb.edu/publications/tech\\_reports/92/92-10.pdf](http://www.ncgia.ucsb.edu/publications/tech_reports/92/92-10.pdf)>. Acesso em: 18 de Setembro de 2005

ANTENUCCI, J. C.; BROWN, K.; CROSWELL, P. L.; KEVANY, M. J.; ARCHER, H. **Geographic Information Systems: A Guide to the Technology**. USA, NY, New York: Chapman & Hall, 1991, 301p.

ASSUNÇÃO, R. M. **Estatística Espacial com Aplicações em Epidemiologia**, Economia, Sociologia. 7ª Escola de Modelos de Regressão, São Carlos, SP. 2001.

CÂMARA, G; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. Análise espacial de áreas. In: **Análise espacial de dados geográficos**, eds. FUKS, S.D.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G. A. M. V. – Divisão de Processamentos de Imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos – Brasil. 2002a. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>> Acesso em 7 de maio de 2004.

CÂMARA, G; CAMARGO, E. C. G.; FUKS, S. D. Análise Espacial de Superfícies. In: **Análise espacial de dados geográficos**, eds. FUKS, S.D.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G. A. M. V. – Divisão de Processamentos de Imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos – Brasil. 2002b. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1->

[introducao.pdf](#)> Acesso em 7 de maio de 2004.

CÂMARA, G.; CORREA, V.; PAIVA, J. A.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; FREITAS, C. C.; RAMOS, F. R.; NEVES, M. C. (2001) **Geoprocessamento: Teorias e aplicações**. Disponível em [www.ptr.Usp.br/Cursos/AnaliseEspacial/Livro/cap2-estatespacial.pdf](http://www.ptr.Usp.br/Cursos/AnaliseEspacial/Livro/cap2-estatespacial.pdf) Acesso em: 25 de março de 2001.

CARDOSO, G. **Utilização de um Sistema de Informações Geográficas Visando o Gerenciamento da Segurança Viária no Município de São José – SC**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. 1999.

CET – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Curso Básico de Engenharia de Tráfego: Análise de Segurança**. Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria de Transportes. 1979.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B.; **Fundamentals of Database Systems**. Fourth Edition Person Education, San Francisco, Volume I, 2003.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. U. S. Department of Transportation. **Implementation of GIS-Based Highway Safety Analysis: Bridging the Gap**. HSIS – Highway Safety Information System. Summary Report. McLean, Virginia, USA, n° FHWA-RD-01-039. 2001. Disponível em: <<http://www.hsisinfo.org/pdf/01-039.pdf>>. Acesso em: 17 de agosto de 2004.

GOLD, P. A. **Seguridad de Tránsito: Aplicaciones de Ingeniería para Reducir Accidentes**. Washington, D. C., USA. Banco Interamericano de Desarrollo, 196p. 1998.

GWILLIAM, K. **Cities on the Move: A World Bank Urban Transport Strategy Review**. Word Bank, Private Sector Development and Infrastructure Transport, p. 212, 2003. Disponível em: [http://www.worldbank.org/transport/urbtrans/cities\\_on\\_the\\_move.pdf](http://www.worldbank.org/transport/urbtrans/cities_on_the_move.pdf) Acesso em 23 de novembro de 2004.

KREMPI, A. P. **Explorando Recursos de Estatística Espacial para Análise da Acessibilidade da Cidade de Bauru**. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – Programa de Pós Graduação em Transportes. 98 fl. Dissertação de Mestrado. 2004.

LEVINE, N. & KIM. E. K. The Location of Motor Vehicles Crash in Honolulu: a Methodology for Geocoding Intersections. **Comput. Environment And Urban Systems**, Vol. 22, n° 6 pp 557-576. 1996.

LEVINE, N. **CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations** (v 2.0). Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC. May 2002.

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. 153 fl. Dissertação de Mestrado. 2005.

MANTOVANI, V. R. **Proposta de Um Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Tráfego**. São Carlos - SP. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. UFSCar. 196fl. Dissertação de Mestrado. 2003.

QUEIROZ, M. P. **Análise Espacial de Acidentes de Tránsito do Município de Fortaleza**. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 124 fl. Dissertação de Mestrado. 2003.

RAIA JUNIOR.; A.A. (Coord.) (2002) **Banco de Dados Relacional de Acidentes de Tránsito do Município de São Carlos**. Deciv/UFSCar/Prefeitura Municipal de São Carlos. São Carlos.

SANTOS, L. **Análise dos Acidentes de Tránsito do Município de São Carlos – SP utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Ferramentas de Estatística Espacial**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos – SP. 134 fls. Dissertação de Mestrado. 2006.

SIMÕES, F. A. **SEGTRANS: Sistema de Gestão da Segurança no Tránsito Urbano**. São Carlos - SP. 220fl. EESC-USP. Tese de Doutorado. 2001.

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** – University of Bristol, Reino Unido. 1998.