

Utilizando um SIG para Avaliar Acidentes de Tráfego em uma Cidade Média

Fernanda Antonio Simões ¹

Simone Sayuri Sato ²

Antônio Néelson Rodrigues Da Silva ³

USP - Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Transportes
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - Caixa Postal 359
Fone (016) 2739595 - Fax (016) 2739602
13560-250 - São Carlos - SP

¹ ✉ fasimoes@stt-adm.stt.eesc.sc.usp.br

² ✉ sssayuri@sc.usp.br

³ ✉ anelson@sc.usp.br

Conteúdo	
	1. Introdução
	2. Objeto de Estudo
	3. Base de Dados
	4. Os SIGs e os Problemas de Transportes
	4.1 Localização e Informações Sobre os Acidentes
	4.2 Mapas Temáticos dos Acidentes
	4.3 Seleção de Dados
	4.4 Estatística dos Acidentes
	4.5 Correlação Entre os Acidentes e a Declividade da Via
	5. Considerações Finais
	6. Agradecimentos
	7. Referências Bibliográficas
	8. Apêndice

Resumo: O trabalho trata da utilização de um SIG para planejamento de transportes na análise de dados de acidentes, considerando aspectos referentes a localização, informação, seleção de dados e estatística dos acidentes. É verificada a correlação entre acidentes e declividade longitudinal de trechos da avenida principal de São Carlos, cidade média localizada no interior do estado de São Paulo, que apresenta alto índice de acidentes e possui declividades acentuadas em sua extensão. O período de análise foi de agosto a outubro de 1997, com uma média de 40 acidentes registrados por mês. Verificou-se com essa aplicação, que o SIG utilizado constitui uma ferramenta adequada na manipulação e apresentação dos dados de acidentes, com recursos de cálculo e visuais eficientes. Propostas para alterações na metodologia aqui utilizada incluem a inclusão do sentido das vias e a escolha de outros parâmetros para representação da geometria da via como fator relevante nas análises.

Palavras chaves: segurança viária, acidentes de trânsito.

Abstract: The work describes a GIS application for the analysis of accident data, considering aspects such as location, type and data statistics. The correlation between accidents and longitudinal grades of parts of the main avenue of São Carlos, medium-sized city located in the state of São Paulo, is examined. The avenue presents high accident rates and an irregular vertical alignment. Data collection was done from August to October of 1997, with a monthly average of 40 accidents. This application has showed that the used GIS package constitutes an efficient tool for the management and presentation of accident data, mainly because of its calculation tools and mapping capabilities. Finally, a few changes in the methodology have been proposed, in order to improve the analyses in further applications. Among these changes are the consideration of the streets' direction and the use of other parameters for the representation of their geometry.

Keywords: road safety, traffic accidents.

1. Introdução

A segurança viária é um fator preocupante para toda população urbana. O número de acidentes tem crescido com o aumento da frota de veículos em trânsito nas áreas urbanas, e, de forma geral, poucas medidas para organização do fluxo de veículos e pedestres têm sido tomadas para reduzir esse número. Os envolvidos no processo do trânsito urbano são os usuários e os responsáveis pela criação e manutenção do sistema viário. Os usuários devem receber educação para o trânsito, o policiamento têm a função de fiscalizar o cumprimento das normas de trânsito, o poder público deve assegurar vias em condições de segurança para o trânsito de veículos e pedestres. Os dados de acidentes nas vias são de interesse para todos os participantes do processo, fornecendo informações para execução de medidas preventivas nos locais de maior periculosidade.

A engenharia de tráfego, no que diz respeito à segurança viária, tem fatores básicos de análise, incluindo dados de acidente, da via e do fluxo. As diversas possibilidades de correlacionamento entre estes fatores são importantes nessas análises, podendo ser identificados alguns parâmetros que levem às causas dos acidentes.

Neste trabalho serão apresentadas algumas possibilidades da utilização do TransCAD, Sistema de Informação Geográfica (SIG) aplicado aos problemas de transporte, na análise dos acidentes de trânsito, assim como a verificação da correlação entre a

declividade média da via e os tipos de acidentes.

2. Objeto de Estudo

A cidade de São Carlos, localizada no estado de São Paulo, possui cerca de 180.000 habitantes e apresenta hoje alguns problemas de tráfego, principalmente na sua área central. Nos aspectos referentes à segurança viária, apresenta altos índices de acidentes de trânsito em área urbana, tendo sido computados pela Polícia Militar 3174 acidentes em 1995, 3469 em 1996, e 3842 em 1997. O número de vítimas fatais também cresce a cada ano, tendo sido registrados 4, 9 e 16 óbitos nos locais de acidentes nos anos de 1995, 1996 e 1997, respectivamente.

Para efetuar as análises de acidentes foi selecionada neste trabalho a avenida São Carlos, que divide a cidade, percorrendo-a no sentido norte-sul. Esta avenida não possui canteiro central, tem alto fluxo de tráfego, declividades acentuadas, e apresenta em média 40 acidentes por mês em toda sua extensão.

3. Base de Dados

Para aquisição das bases de dados foram coletados mapas planialtimétricos de São Carlos, na escala 1:1000, e planilhas de acidentes. O mapa digitalizado no TransCAD foi obtido no Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da USP. Os dados de acidentes foram obtidos junto aos Boletins de Ocorrência da Polícia Militar, sendo coletados dados de acidentes na avenida São Carlos ocorridos no período de agosto a outubro de 1997. A partir dos mapas planialtimétricos foi levantada a declividade da via.

Os itens coletados para cada acidente foram o local, tipo de acidente, veículos envolvidos, gravidade, condições do tempo e da pista, existência de sinalização, mês, dia, hora, dia da semana da ocorrência do acidente e sentido de circulação dos veículos. A partir destes dados foram elaboradas duas planilhas no Excel, uma com os dados por acidente e uma com o resumo de acidentes por interseção, que foram convertidas em base de dados para o TransCAD.

Na construção da base de dados de declividade georeferenciada foi utilizado um recurso disponível no TransCAD, que permite a exportação dos dados de pontos da malha viária com as informações de coordenadas geográficas, facilitando a transferência de dados em meio digital e a geocodificação dos pontos cotados. Contudo, isto só foi possível devido à existência dos pontos altimétricos em todas as interseções viárias. Os valores das altitudes foram introduzidos via teclado.

4. Os SIGs e os Problemas de Transportes

Os SIGs estão cada vez mais sendo utilizados na área de planejamento de transportes, e os programas específicos para este fim têm muitos recursos disponíveis aos técnicos, contribuindo em vários aspectos nas resoluções de problemas nesta área. Este é o caso do software aqui empregado, denominado comercialmente TransCAD criado pela Caliper Corporation(1996).

O TransCAD é uma ferramenta importante na manipulação dos dados de acidente, fornecendo possibilidades de localização, informações, estatística, criação de mapas temáticos, assim como permite o intercâmbio com outros programas e uma rápida atualização da base de dados (Silva/Waerden 1997).

4.1 Localização e Informações Sobre os Acidentes

Os dados de acidente podem ser inseridos no mapa através da base de dados, inicialmente montada no Excel, pela localização dos acidentes por endereço. Os pontos são localizados automaticamente no mapa e as informações de cada acidente são armazenadas nestes pontos. A figura 1 mostra a localização dos acidentes, da área e período selecionados para estudo, no mapa da cidade de São Carlos - SP.

Fig. 1: Localização dos Acidentes no Mapa da Cidade de São Carlos - SP

Quando desejável pode-se consultar o mapa e obter as informações dos acidentes diretamente no local selecionado, como mostrado na Figura 2. A letra i no mapa indica o local selecionado, e a tabela ao lado fornece dados dos acidentes ocorridos na interseção da avenida São Carlos com a avenida Dr. Carlos Botelho no período de agosto a outubro de 1997. Esse local foi o que apresentou maior número de acidentes, doze ocorrências no período pesquisado, sendo 2 colisões traseiras, 6 abalroamentos transversais, 3 abalroamentos laterais e 1 choque com veículo estacionado. Os veículos envolvidos nos acidentes foram 12 automóveis, 3 motocicletas e 2 caminhões, e no total de ocorrências, nove indicaram somente danos materiais aos veículos, e três tiveram como consequência pessoas feridas no local. No final da tabela de dados observa-se as declividades da via (Av. São Carlos), no sentido norte-sul, no sentido sul-norte e a declividade média calculada.

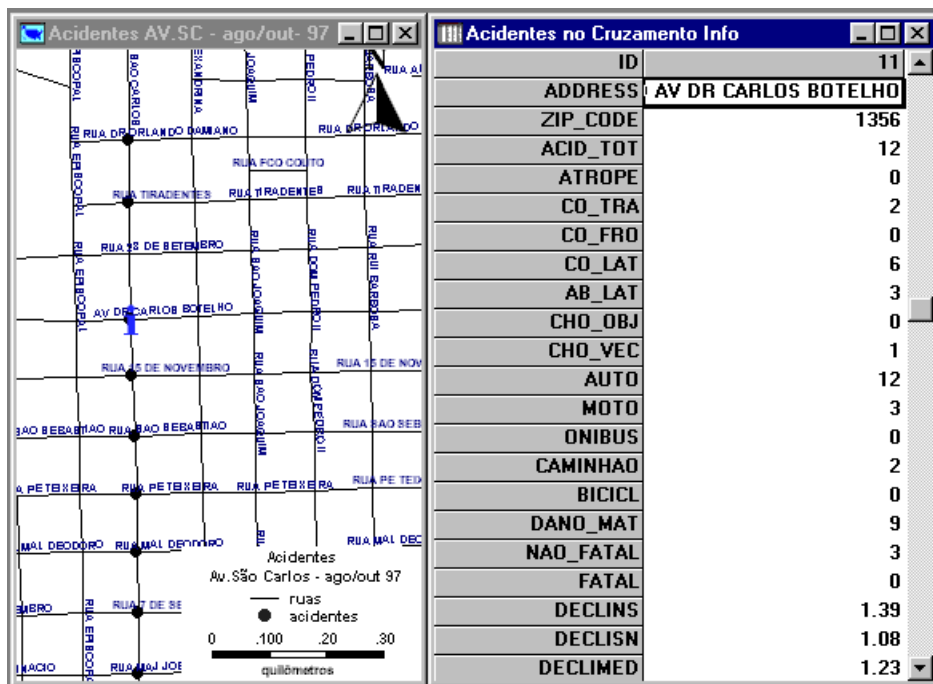


Fig. 2: Informações dos Acidentes na Interseção da Av. São Carlos com a Av. Dr. Carlos Botelho - Ago/Out - 1997

Neste trabalho foram utilizadas duas bases de dados, uma com o resumo dos dados dos acidentes por interseção e outra de dados por acidente, sendo também possível obter informações de um acidente específico como demonstrado na Figura 3. A letra i no mapa indica o acidente selecionado, e a tabela ao lado fornece dados deste acidente, como local, tipo de acidente, veículos envolvidos, gravidade, condições do tempo e da pista, sinalização local, data e horário do acidente.

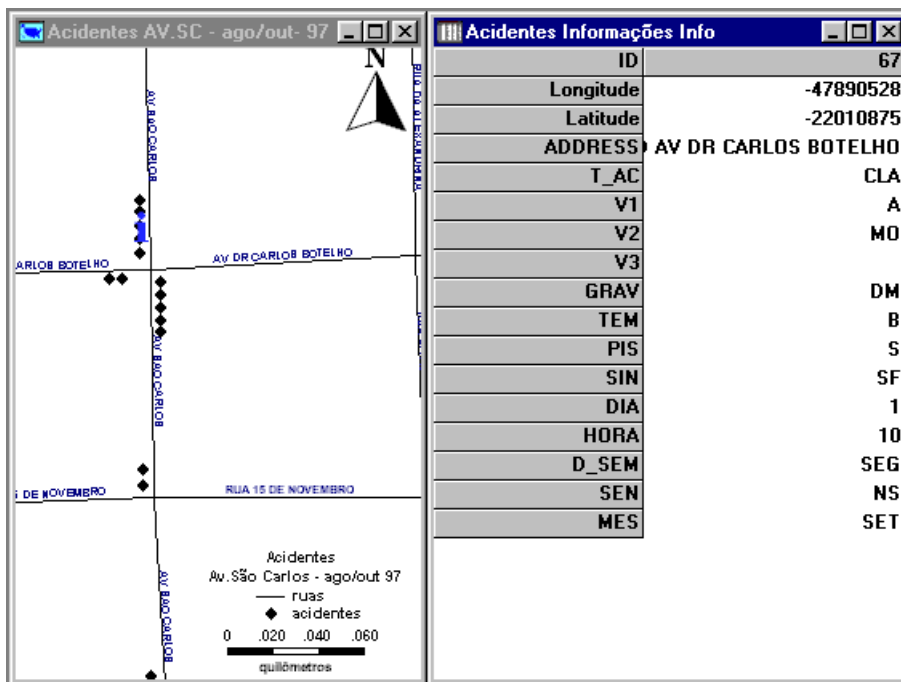


Fig. 3: Informações sobre um Acidente Ocorrido na Interseção da Av. São Carlos com a Av. Dr. Carlos Botelho - Ago/Out - 1997

4.2 Mapas Temáticos dos Acidentes

A criação de mapas temáticos permite uma melhor visualização dos dados, podendo ser utilizados na sua representação vários símbolos, cores e estilos de desenhos. Os dados de um item selecionado podem ser agrupados por classes para montagem do mapa. A seguir são apresentados, a título de exemplo, mapas temáticos referentes aos itens: total de acidentes (Figura 4), atropelamentos (Figura 5), e gravidade dos acidentes (Figura 6) ocorridos no período pesquisado.



Fig. 4: Mapa Temático de Acidentes na Av. São Carlos - Ago/Out de 1997

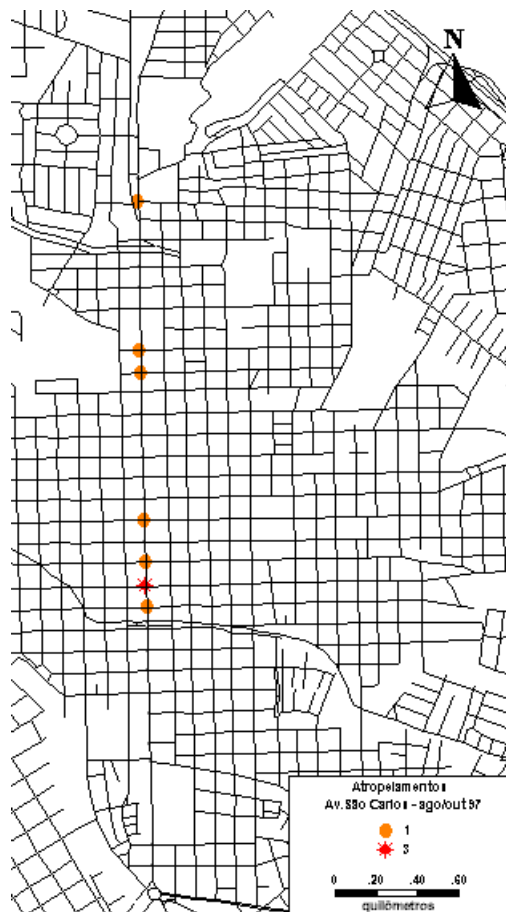


Fig. 5: Mapa Temático de Atropelamentos na Av. São Carlos - Ago/Out de 1997



Fig. 6: Mapa Temático Indicando a Gravidade dos Acidentes - Av. São Carlos Ago/Out de 1997

4.3 Seleção de Dados

O TransCAD fornece a possibilidade de seleção de dados mediante condições predeterminadas. Pode-se, por exemplo, obter a seleção dos acidentes ocorridos durante algum mês, período do dia, dia da semana, ou outro critério desejável. Este conjunto de dados pode ser consultado tanto na base de dados como no mapa. A Figura 7 mostra a seleção dos dados por tipo de acidente, no caso atropelamentos; observa-se um total de oito ocorrências no período pesquisado.

Acidentes Informações													
ADDRESS	T_AC	V1	V2	V3	GRAV	TEM	PIS	SIN	DIA	HORA	D_SEM	SEN	MES
AV SAO CARLOS AND RUA 13 DE MAIO	ATP	A			NF				1	7	SEG	NS	SET
AV SAO CARLOS AND RUA 13 DE MAIO	ATP	A			NF	B	S	SI	26	16	SEX	NS	SET
AV SAO CARLOS AND RUA 13 DE MAIO	ATP	A			NF				5	11	TER	NS	AGO
AV SAO CARLOS AND RUA 7 DE SETEMBRO	ATP	A			NF	B	S	SF	2	15	TER	NS	SET
AV SAO CARLOS AND RUA ANTONIO BLANCO	ATP	A			NF	B	S	SI	2	14	QUI	SN	OUT
AV SAO CARLOS AND RUA DR ORLANDO DAMIANO	ATP	A			NF	B	S	SF	11	2	SAB		OUT
AV SAO CARLOS AND RUA JESUINO DE ARRUDA	ATP	A			NF	B	S	SF	3	17	SEX	SN	OUT
AV SAO CARLOS AND RUA TIRADENTES	ATP	A			NF	B	S	SF	31	14	SEX	SN	OUT

Fig. 7: Seleção dos Acidentes por Atropelamento - Av. São Carlos - Ago/Out -1997

A combinação entre seleções também é possível, como a apresentada na Figura 8 que se refere a duas condições: acidentes ocorridos no dia da semana Sexta-feira e acidentes ocorridos entre às 18:00 e 24:00 horas.

Acidentes Informações													
ADDRESS	T_AC	V1	V2	V3	GRAV	TEM	PIS	SIN	DIA	HORA	D_SEM	SEN	MES
AV SAO CARLOS AND RUA MACHADO DE ASSIS	CLA	A	MO		DM	B	S	SI	22	19	SEX	NS	
AV SAO CARLOS AND RUA SAO SEBASTIAO	CTR	A	A	A	DM	B	S	SI	22	23	SEX	SN	
AV SAO CARLOS AND RUA ANTONIO BLANCO	CTR	A	A		DM	B	S	SI	5	19	SEX	NS	
AV SAO CARLOS AND RUA 13 DE MAIO	CLA	A	A		DM	B	S	SI	5	19	SEX	SN	
AV SAO CARLOS AND RUA PE TEIXEIRA	CLA	MO	A		NF	B	S	SI	19	22	SEX	NS	
AV SAO CARLOS AND RUA 13 DE MAIO	CLA	A	A		NF	B	S	PA	10	18	SEX	SN	
AV SAO CARLOS AND AV COM ALFREDO MAFFEI	CLA	A	BI		DM	B	S	SF	24	23	SEX	SN	

Fig. 8: Seleção dos Acidentes Ocorridos na Sexta-feira entre 18 e 24 Horas

4.4 Estatística dos Acidentes

O resumo estatístico dos acidentes pode ser fornecido com relação a cada item do banco de dados, sendo apresentados a soma de todos os valores, os valores máximo e mínimo, a média e o desvio padrão (Figura 9). Nesse período de pesquisa observa-se um total de 129 acidentes, sendo 9 atropelamentos, 43 colisões traseiras, 2 colisões frontais, 39 abalroamentos transversais, 26 abalroamentos laterais, 1 choque com objeto fixo e 9 choques com veículos estacionados. No total tem-se 98 acidentes envolvendo somente danos materiais aos veículos, 30 com vítimas não fatais, e um acidente com morte. Considerando-se as interseções da avenida onde ocorreram acidentes, houve em média, aproximadamente, 5 acidentes por interseção.

FIELD	COUNT	SUM	MINIMUM	MAXIMUM	MEAN	STD_DEV
ACID_TOT	29	129.00000	1.00000	12.00000	4.4482759	3.1005
ATROPE	29	9.00000	0.00000	3.00000	0.3103448	0.6603
CO_TRA	29	43.00000	0.00000	5.00000	1.4827586	1.3528
CO_FRO	29	2.00000	0.00000	1.00000	0.0689655	0.2579
CO_LAT	29	39.00000	0.00000	6.00000	1.3448276	1.6317
AB_LAT	29	26.00000	0.00000	4.00000	0.8965517	1.1755
CHO_OBJ	29	1.00000	0.00000	1.00000	0.0344828	0.1857
CHO_VEC	29	9.00000	0.00000	2.00000	0.3103448	0.6603
AUTO	29	129.00000	1.00000	12.00000	4.4482759	3.1005
MOTO	29	25.00000	0.00000	5.00000	0.8620690	1.3018
ONIBUS	29	16.00000	0.00000	4.00000	0.5517241	1.0207
CAMINHAO	29	11.00000	0.00000	2.00000	0.3793103	0.6219
BICICL	29	3.00000	0.00000	1.00000	0.1034483	0.3099
DANO_MAT	29	98.00000	0.00000	10.00000	3.3793103	2.6378
NAO_FATAL	29	30.00000	0.00000	4.00000	1.0344828	1.1175
FATAL	29	1.00000	0.00000	1.00000	0.0344828	0.1857

Fig. 9: Resumo Estatístico dos Acidentes - Av. São Carlos - Ago/Out-1997

Podem, ainda, ser apresentadas tabulações indicando a frequência de ocorrência de um item selecionado como indicado abaixo com relação ao item Total de Acidentes (Figura 10).

	Count	Percent	Cumulative Count	Cumulative Percent
1	5.00	17.24	5.00	17.24
2	5.00	17.24	10.00	34.48
3	5.00	17.24	15.00	51.72
4	2.00	6.90	17.00	58.62
5 to 6	4.00	13.79	21.00	72.41
7	2.00	6.90	23.00	79.31
8 to 9	4.00	13.79	27.00	93.10
10 to 12	2.00	6.90	29.00	100.00

Fig. X: Tabelamento de Dados do Item Total de Acidentes - Av. São Carlos - Ago/Out - 1997

4.5 Correlação Entre os Acidentes e a Declividade da Via

Um fator disponível no TransCAD é a medida do grau de correspondência entre dois itens selecionados, ou seja, a correlação entre as variáveis. A correlação varia de -1 a +1, sendo que valores próximos de um, positivos ou negativos, indicam uma alta correlação entre as variáveis, e valores próximos de zero uma baixa correlação. O sinal indica se elas são direta ou inversamente proporcionais.

Na verificação da correlação entre todos os dados de acidentes, agrupados nas interseções, e a declividade média da via no local foram encontrados valores que indicaram baixa correlação entre os itens pesquisados (Figura 11). O item atropelamentos é que fornece maior correlação com a declividade, mas seria necessário um maior número de dados (somente 8 ocorrências no período pesquisado) para análise desta correlação.

	DECLIMED
ACID_TOT	0.06
ATROPE	0.53
CO_TRA	-0.03
CO_FRO	-0.14
CO_LAT	0.05
AB_LAT	-0.19
CHO_OBJ	0.02
CHO_VEC	0.07
AUTO	0.06
MOTO	-0.09
ONIBUS	-0.01
CAMINHAO	-0.04
BICICL	0.21
DANO_MAT	-0.06
NAO_FATAL	0.27
FATAL	0.22

Fig. 11: Correlação entre os Dados dos Acidentes e a Declividade Média da Via, com o Item Atropelamentos em Destaque - Av. São Carlos - Ago/Out - 1997

5. Considerações Finais

Os SIGs vem contribuindo de maneira significativa na resolução dos problemas de transportes. A possibilidade de manipulação dos dados, a rapidez na atualização e processamento das informações, os recursos de cálculo e visuais dos programas são algumas das vantagens de se trabalhar com essa ferramenta.

O TransCAD se mostra uma ferramenta eficiente na análise dos dados de acidentes de tráfego, suas possibilidades são amplas tanto na visualização dos dados quanto na possibilidade de agrupamento e cálculo destes dados.

Por ser este um trabalho preliminar para investigação de causas de acidentes em uma zona urbana, os dados coletados não estão completos. As análises de correlação efetuadas neste trabalho por exemplo não levaram em conta o sentido de circulação dos veículos. Recomenda-se, em novos estudos, a consideração deste fator, assim como a escolha de outros parâmetros para representação da geometria da via, ou mesmo do fluxo de tráfego no local, para verificações de correlação.

Estudos de confrontação do uso do solo com os acidentes podem ser feitos analisando-se a localização de certos estabelecimentos, como por exemplo escolas, e a ocorrência de tipos de acidentes nas suas proximidades.

6. Agradecimentos

Ao Batalhão da Polícia Militar de São Carlos pelo fornecimento dos dados referentes aos acidentes de trânsito.

À Prefeitura Municipal de São Carlos por ceder cópias dos mapas altimétricos da cidade de São Carlos.

À CAPES pelas bolsas de Doutorado concedidas às autoras.

7. Referências Bibliográficas

Barbuto, L.S.: *Efeitos das Instalações Semafóricas Sobre o Índice de Infrações*, Dissertação de Mestrado - USP/ São Carlos, Departamento de Transportes, São Carlos, 1994.

Bonneson, J.A.; McCoy P.T.: *Effect of Median Treatment on Urban Arterial Safety - An Accident Prediction Model*, Transportation Research Record No. 1581, TRB, Washington, D.C., 1997, p.27-36.

Brown B.; Baass, K.: *Seasonal Variation in Frequencies and Rates of Highway Accidents as Function of Severity*, Transportation Research Record No. 1581, TRB, Washington, D.C., 1997, p.59-65.

Caliper Corporation: *TransCAD*, USA, 1996.

Liu, G.X.; Popoff A.: *Provincial-Wide Travel Speed and Traffic Safety Study in Saskatchewan*, Transportation Research Record No. 1595, TRB, Washington, D.C.,1997, p.8-13.

Gan, C.; Long, G.: *Effects of Inadequate Driveway Corner Clearances on Traffic Operations, Safety, and Capacity*, Transportation Research Record No. 1579, TRB, Washington, D.C.,1997, p.35-42.

Gold, P.A.: *Segurança Viária*, IPPUL, Londrina, 1995.

McGuigan,D.; McBride,A.; Ryall,M.: *A GIS for road safety in Lothian: getting it right*, PTRC-The 22nd European Transport Forum, University of Warnick, England, september 1994, p.11-27.

Mercier, C.R.; Shelley II, M.C.; Rimkus, J.B.; Mercier, J.M.: *Age and Gender as Predictors of Injury Severity in Head-on Highway Vehicular Collisions*, Transportation Research Record No. 1581, TRB, Washington, D.C.,1997, p.37-46.

Peled,A.; Hakkert,S.: *A PC-oriented GIS application for road safety analysis and management*, Traffic Engineering & Control, july/august 1993, p.355-361.

Raub, R.A.: *Occurrence of Secondary Crashes on Urban Arterial Roadways*, Transportation Research Record No. 1581, TRB, Washington, D.C.,1997, p. 53-58.

Rozestraten, R.H.A.: *Psicologia do Trânsito - Conceitos e Processos Básicos*, EPU-EDUSP, São Paulo, 1988.

Saccomanno,F.F.; Chong,K.C.; Nassar,S.A.: *Geographic Information Systems Platform for Road Accident Risk Modeling*, Transportation Research Record No. 1581, TRB, Washington, D.C.,1997, p.18-26.

Silva,A.N.R.; Waerden,P.: *First Steps With a Geographic Information System for Transportation*, Gráfica e Editora São Francisco, Ribeirão Preto, 1997.

Sutton,J.C.: *Role of Geographic Information Systems in Regional Transportation Planning*, Transportation Research Record No. 1518, TRB, Washington, D.C.,1996, p.25-31.

Zhou,M.; Sisiopiku,V.P.: *Relationship Between Volume-to-Capacity Ratios and Accident Rates*, Transportation Research Record No. 1581, TRB, Washington, D.C.,1997, p.47-52.

8. Apêndice

Siglas utilizadas nas planilhas de dados:

T_AC - tipo de acidente

ATP; ATROPE - atropelamento de pedestre

CTR; CO_TRA - colisão traseira

CFR; CO_FRO - colisão frontal

CLA; CO_LAT - abalroamento transversal

ALT; AB_LAT - abalroamento lateral

COF; CHO_OBJ - choque com objeto fixo

CVE; CHO_VEIC - choque com veículo estacionado

V1, V2, V3, V4, V5 - veículos envolvidos nos acidentes

A; AUTO - automóvel

MO; MOTO - motocicleta

ON - ônibus

CA - caminhão

BI; BICICL - bicicleta

GRAV - gravidade do acidente

DM - acidente com danos materiais

NF - acidente com vítima não fatal

F - acidente com vítima fatal

TEM - condições do tempo

B - bom

N - nublado

C - chuvoso

PIS - condições da pista

S - seca

M - molhada

O - em obras

SIN - sinalização semafórica no local

SF - semáforo funcionando

SQ - semáforo quebrado

SI - semáforo inexistente

D_SEM - dia da semana

SEG - segunda-feira

TER - terça-feira

QUA - quarta-feira

QUI - quinta-feira

SEX - sexta-feira

SAB - sábado

DOM - domingo

SEN - sentido de circulação dos veículos

NS - norte-sul

SN - sul-norte

EW - leste-oeste

WE - oeste-leste

DECLINS - declividade da via no sentido norte-sul

DECLISN - declividade da via no sentido sul-norte

DECLIMED - declividade média da via