

Concepção de um Sistema de Informação Geográfica para Segmentos Críticos de Rodovia – Estudo de Caso da BR-285

Anelise Schmitz
Engenheira Civil, Especialista Rodoviário,
Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem – DAER e Aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
anelise.schmitz@gmail.com

Lenise Grando Goldner
Dra. em Engenharia de Transportes, Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
lenise@ecv.ufsc.br

RESUMO

A segurança viária envolve três elementos básicos, que são o veículo, a via e os usuários da via. Porém nem sempre existe harmonia entre esses três elementos e acabam ocorrendo os acidentes de trânsito, que são eventos que trazem danos à sociedade e preocupações para os órgãos gestores. Desta forma, buscam-se soluções adequadas, com o conhecimento técnico especializado para que possam atuar na minimização do problema e aumentar a segurança viária, como é o caso da presente pesquisa de caráter qualitativo e quantitativo, que visa analisar segmentos críticos de rodovias, através da concepção de um Sistema de Informação Geográfica (*Geographic Information System – GIS*). Na pesquisa foram propostas interfaces de análise e manipulação de dados alfanuméricos. O estudo de caso foi desenvolvido para a rodovia BR-285 no trecho situado no Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Segurança viária; Segmentos Críticos e Sistema de Informação Geográfica
Número de Palavras: 3614

ABSTRACT

Road safety involves three basic elements; the vehicle, the road and the road user. Lack of harmony among the three, however, can lead to traffic accidents that have harmful consequences for society and are a great source of concern for administrative bodies. Qualitative and quantitative research was undertaken to contribute to finding solutions employing technical knowledge to minimize the problem and enhance road safety levels. Critical stretches of highway have been analyzed using a Geographic Information System (GIS) concept. The research proposes analysis interfaces and ways of manipulating numerical data. The case study involved the stretch of Federal Highway BR-285 that traverses the state of Rio Grande do Sul.

Keywords: Road safety, Critical stretches, Geographic Information System

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito têm sido temas abordados em diversos estudos no exterior e no Brasil, destacando-se aqueles que definem locais como pontos, áreas e segmentos críticos, modelos numéricos e estatísticos, relacionados à auditoria de segurança viária, às técnicas de conflitos, aplicações de software, como GIS para tabulação e análise de dados e informações, envolvendo as características físicas e funcionais das vias, isto tudo, através de pesquisas qualitativas e quantitativas.

Os estudos qualitativos, que buscam entender a profundidade dos fenômenos dos acidentes de trânsito, através de regras e generalizações, descrições, comparações e interpretação do sistema viário, de um modo geral são pouco aplicados, principalmente quando comparadas as pesquisas quantitativas.

Os estudos quantitativos, por sua vez, visam mensurar e buscam resultados concretos e menos passíveis a erros de interpretação, geram números, índices, taxas de acidentes que podem ser comparados ao longo do tempo, permitindo traçar um histórico das informações.

O que predomina na realidade da engenharia de tráfego são as pesquisas qualitativas e quantitativas, que se completam, analisando processos como de coleta, diagnóstico e interpretação de dados, estruturação e apresentação dos resultados. Desta forma, é necessário entender onde, como e o porquê os acidentes acontecem, para consecutivamente, gerar análises.

Entretanto, um GIS permite que através do levantamento de dados e informações cadastrais das rodovias e vias, possam-se identificar os acidentes de trânsito relacionados com as condições da via, sinalização, localização, locais críticos, entre outras características viárias e de tráfego.

O presente trabalho tratará de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, através da intervenção de dois métodos conceituais abordados pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura – DNIT (1986) e pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (1987) para análise de segmentos críticos de rodovias, aplicados paralelamente na concepção de um GIS. O estudo de caso foi desenvolvido inicialmente para a BR-285, no trecho situado no Estado do Rio Grande do Sul – RS.

2. BASE TEÓRICA

2.1 Elementos Básicos para Segurança Viária

Os acidentes de trânsito são eventos complexos e existem dificuldades para determinar suas causas, em função da variedade de fatores contribuintes, combinados às circunstâncias aleatórias.

Esse problema, relacionado com o tráfego de veículos, de um modo geral, envolve pelo menos dois ou três elementos conforme a Figura 1, sendo eles – o veículo (funções), a via (condições) e o usuário da via (limitações) – além das condições ambientais e aspectos sociais e institucionais que também são inseridos na realidade atual (NODARI e LINDAU, 2003; SOARES, 1975).



FIGURA 1: Elementos Responsáveis pela Segurança Viária

Fonte: Adaptada de Soares (1975).

2.2 GIS

Segundo Erdogan *et al.* (2008), a tecnologia dos GIS é habilitada para armazenar um vasto número de dados que podem ser facilmente acessados, compartilhados e gerenciados. É desenvolvido numa plataforma para análises, visualização e exploração entre os dados, que são facilmente representados através de mapas e gráficos.

Para Câmara et al. (2001) o termo GIS é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com bases nas suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial, podendo ser referenciado por coordenadas geográficas ou espaciais, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

Carvalho Jr (2004) afirma que o sistema possibilita a aquisição e gerenciamento dos dados sobre acidentes de trânsito através da tecnologia de geoprocessamento, onde os dados dos relatórios dos acidentes de trânsito podem ser coletados através das coordenadas de cada ponto onde ocorreu um evento de interesse com equipamento portátil (GPS) e transmitido para a central de geoprocessamento, via telefonia celular; ou então com a localização da quilometragem ou endereço onde ocorreu o acidente. Após a entrada dos dados no computador, as informações podem ser acessadas pela plataforma de análise do GIS.

O tratamento espacial dos dados geralmente é realizado através da modelagem, do banco de dados geográfico e da implementação destes. O GIS permite a visualização de segmentos críticos e a sobreposição de diversos fatores intervenientes e, através de um conhecimento técnico especializado, podem ser propostas soluções adequadas para cada caso.

3. MÉTODO PROPOSTO

O procedimento metodológico para a concepção do GIS em estudo é baseado em uma pesquisa já publicada por Schmitz e Goldner (2010) e as etapas seguem o fluxograma proposto na Figura 2.

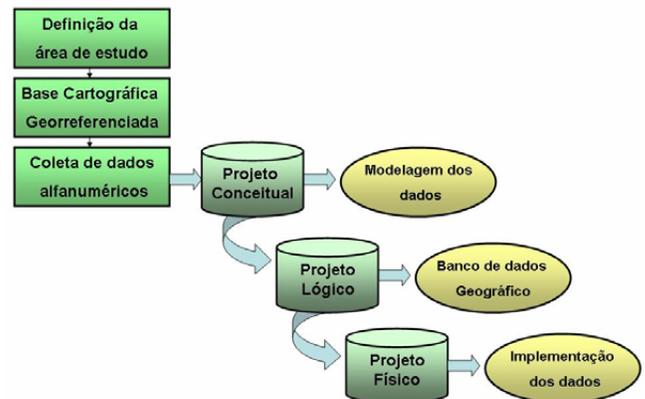


FIGURA 2: Fluxograma do Método Proposto

3.1 Definição da Área de Estudo

A área delimitada ao estudo destaca a rodovia brasileira com denominação federal BR-285, situada no Sul do Brasil, no trecho localizado no Estado do Rio Grande do Sul, que inicia na divisa entre o Estado do Rio Grande do Sul – RS e Santa Catarina – SC e finaliza na cidade de São Borja/RS, na divisa do Brasil com a Argentina, totalizando uma extensão de 674,2 km, patrulado pela Polícia Rodoviária Federal.

O modal rodoviário da área em estudo obedece a diferentes áreas de desenvolvimento, conforme o tipo de região por onde a rodovia está localizada. No Rio Grande do Sul ela atravessa regiões de grande importância, entre elas, se destacam a região das Missões, do Planalto e dos Campos de Cima da Serra, além disso, recebe grande fluxo de veículos provindos da Argentina em direção ao litoral Sul brasileiro e rota de importação e exportação de produtos do Mercado Comum do Sul – MERCOSUL.

3.2 Obtenção da Base Cartográfica

Um passo inicial para o estudo é a elaboração ou obtenção de uma base cartográfica da área de estudo. Foi optada nesse estudo a base cartográfica digital do Rio Grande do Sul organizada por Hasenack (2006) contendo todas as rodovias do Estado.

3.3 Coleta dos Dados

Para o desenvolvimento do banco de dados da pesquisa, os dados e informações foram coletados de fontes diferenciadas, uma vez que a rodovia está condicionada não apenas a órgãos públicos, mas sob jurisdição de concessionárias privadas.

Os dados e informações dos acidentes de trânsito para a pesquisa foram coletados através das planilhas eletrônicas obtidas nos relatórios de acidentes de trânsito da 10ª Delegacia de Polícia Rodoviária Federal, formulados a partir do sistema do software DATATRAN do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF), que possui o banco de dados de todos os boletins de ocorrência.

Os volumes de tráfego foram coletados em pontos onde se localizam as praças de pedágio, dos pólos concedidos, ao qual a

rodovia está subordinada, que são: o Pólo Rodoviário de Carazinho e o Pólo Rodoviário de Vacaria e nos postos de contagem do DPRF, ao longo da rodovia. Já em trechos onde não havia contagem volumétrica, foram realizadas contagens *in loco* e realizados métodos de expansão e regressão dos dados de volume de tráfego, baseados no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006).

O período escolhido para aplicação do estudo foi de 01 de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2008, que é o período em que foi implantado o sistema de coleta, no qual existia o banco de dados completo e digital do sistema de cadastro de acidentes de trânsito do DPRF para a BR-285.

3.4 Projeto Conceitual

Nessa etapa foi desenvolvido o modelo para a construção do banco de dados geográficos, através dos seguintes processos:

a) Preparação da base cartográfica: Pelo fato da base cartográfica ser vetorizada a partir de cartas georreferenciadas, foram encontrados e corrigidos alguns erros de topologia, como por exemplo, a falta de junções de linhas ou sobreposição das mesmas. Além disso, a base cartográfica foi calibrada recebendo informações a respeito da quilometragem da rodovia.

b) Segmentação da malha rodoviária: Foram obtidos os trechos do Plano Nacional de Viação – PNV do ano de 2008, elaborados no DNIT (2009). Cada trecho possui um quilômetro de início e de fim, com suas extensões quilométricas conforme a homogeneidade de tráfego. Dentro de cada trecho do PNV foram obtidos os segmentos em estudo, que também são representados por quilômetros iniciais e finais, mas que variam suas extensões entre 1,00km a 1,9km.

c) Caracterização do ambiente: Os dados do ambiente foram relacionados ao tipo de pista (pavimentada ou não pavimentada, duplicada ou simples) e o ambiente (rural ou urbano).

d) Modelagem e entrada dos dados alfanuméricos dos acidentes de trânsito e do VMDA: Optou-se pelo formato de planilhas em arquivo *dBASE (DBF)*, onde as informações foram dispostas em colunas. Nessa etapa, foram corrigidos os erros de digitalização e as inconsistências de toda a planilha, como por exemplo, as repetições de ocorrências.

e) Cálculo das taxas dos acidentes de trânsito: As taxas de acidentes de trânsito para os segmentos foram calculadas através do método numérico do DENATRAN (1987). Este trabalha com o Grau de severidade do Severidade dos acidentes de trânsito em que se atribui um peso a cada acidente, dependendo de sua gravidade, conforme expresso na equação (1).

$$UPS = (S/V \times 1) + (C/V \times 5) + (Fatais \times 13); \quad (1)$$

Onde:

UPS: Unidade Padrão de Severidade;
S/V: Acidentes de trânsito sem vítimas;
C/V: Acidentes de trânsito com vítimas;
Fatais: Acidentes de trânsito com vítimas fatais;

Sabendo que o número de acidentes é proporcional ao volume de tráfego que circula em uma rodovia foi adotada a Equação (2) para o cálculo da taxa (R) de acidente nos segmentos da rodovia:

$$R = \frac{n^{\circ}UPS \times 10^6}{VMD \times P \times E} \quad (2)$$

Onde:

VMD: Volume médio diário de veículos passando pelo trecho;
P: Período de estudo (normalmente 365 dias);
E: Extensão do trecho (em km);

Na identificação dos segmentos críticos foram selecionados todos os segmentos homogêneos na análise da rodovia e calculada a média das taxas de acidentes e comparados com a taxa de acidente em cada segmento. Após a comparação os segmentos que apresentaram as maiores taxas, relacionadas à taxa média foram denominados críticos.

f) Cálculo do Índice de acidentes do segmento Ij em estudo: Os índices de acidentes de trânsito para os segmentos foram calculados a partir do método estatístico do DNIT (1986) que avalia as probabilidades de ocorrência de acidentes de trânsito em um determinado intervalo de tempo. Desta forma calculam-se o Índice de acidentes do segmento analisado, conforme a equação (3), o momento de tráfego do segmento em estudo, conforme a equação (4) e o índice crítico do segmento em estudo (amostra) seguindo a equação (5).

$$I_j = \frac{\sum N_j \times 10^6}{E_j \times VMDA_j \times \Delta t} \quad (3)$$

$$m = VMDA_j \times E_j \times \Delta t \times 10^{-6} \quad (4)$$

Onde:

I_j : Índice de acidentes do segmento analisado;

N_j : Número de acidentes ocorridos no segmento em estudo j;

E_j : Extensão do segmento em estudo j (Varia entre 1 km a 1,9 km para rodovias federais brasileiras);

$VMDA_j$: Volume médio diário anual no segmento em estudo j;

Δt : Intervalo de tempo considerado em dias na análise (365 dias);

m : Momento de tráfego do segmento em estudo;

$$IC_j = \lambda + k \sqrt{\frac{\lambda}{m} - \frac{0,5}{m}} \quad (5)$$

Onde:

IC_j : Índice crítico do segmento j em estudo;

λ : Probabilidade de ocorrência de um acidente na amostra, obtido pelo cálculo do índice de acidentes médio da classe;

k ou z : é o coeficiente estatístico. O valor de k é obtido através da tabela estatística da curva normal, de acordo com o nível de confiança que se deseja trabalhar.

Na identificação dos segmentos críticos através desse método, se $I_j > IC_j$, ou seja, quando o Índice de acidentes do segmento analisado for maior que o Índice crítico do segmento em estudo, esse é considerado crítico.

3.5 Projeto Lógico

Após o processo conceitual, parte-se para a criação do banco de dados geográficos onde o software GIS converte um arquivo texto em coordenadas geodésicas (arquivo de pontos ou linhas). Desta forma, foram anexadas na base georreferenciada todas as informações pontuais (marco quilométrico) ou lineares (segmento ou trecho da rodovia).

Os segmentos foram localizados na base cartográfica a partir de um quilômetro de início e um quilômetro de fim, onde foram pré estabelecidas as informações pertinentes a estes e armazenadas em formato *dBASE(dbf)* para que pudesse ser realizada a segmentação dinâmica no software GIS. A segmentação foi prevista com todas as informações atribuídas em tabelas onde os campos das colunas se referem às informações do segmento.

3.6 Projeto Físico

Esse processo compreende a implementação dos dados, a associação entre dados geográficos e alfanuméricos, seleção dos segmentos críticos a serem trabalhados e a manipulação dos dados, através da visualização, consultas e simulações de cenários diretamente no software GIS.

4. RESULTADOS

Da extensão total de 674.2 km da rodovia segmentada, totalizou 641 segmentos, os quais variam suas extensões de 1 a 1.9 km, sendo 580 segmentos rurais e 61 segmentos urbanos. Observou-se que em média 14% dos segmentos rurais e 25% dos segmentos urbanos foram considerados críticos.

No período de 2007 a 2008 resultaram 1528 acidentes de trânsito ocorridos na BR-285, sendo deles 768 no ano de 2007 e 760 em 2008, apontando uma pequena redução de 1,05% de um ano para o outro.

Quanto à severidade dos acidentes de trânsito ocorridos no período referenciado, verificou-se que dos 1258 acidentes de trânsito, 59.9% envolveram acidentes com danos materiais, 36.5% com feridos e 3.6% com vítimas fatais.

A quantidade de veículos envolvidos nos acidentes de trânsito na rodovia e período em estudo totalizou 2425 veículos. Os percentuais podem ser observados na Figura 3 a seguir, para cada tipo de veículo.

Observou-se um grande número de automóveis envolvidos em acidentes de trânsito (51,2%), que se destacam pelo incentivo cada vez mais forte que se dá a indústria automobilística e a facilidade de aquisição para estes, como descontos, financiamentos e redução de impostos. Porém vale ressaltar que o envolvimento de veículos pesados em acidentes de trânsito, principalmente no que diz respeito aos caminhões, também obteve uma taxa considerável (aproximadamente 22%), isto porque a rodovia em estudo agrega grandes volumes de tráfego deste tipo e transporta produtos para importação e exportação, destacando a produção e transporte de grãos, altamente pesado nessa região do país.

Em relação aos tipos de acidentes de trânsito no período referenciado, o maior percentual representa 28.4% acidentes com saída de pista e por minoria 1.3% acidentes com queda de veículo, esses e os demais tipos de acidentes estão representados na Figura 4.

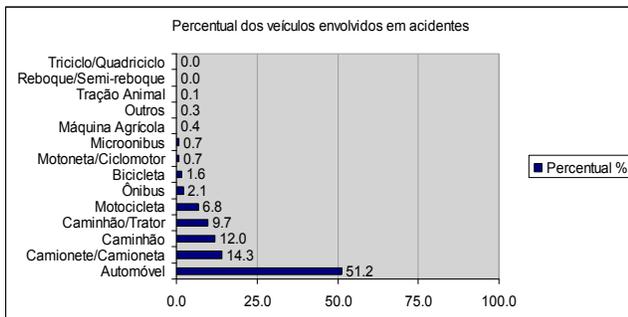


FIGURA 3: Veículos Envolvidos em Acidentes de Trânsito em 2007 e 2008

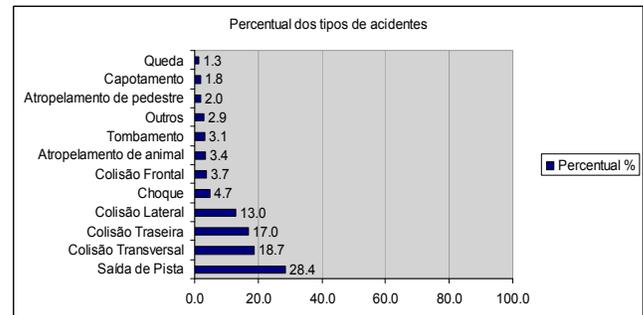


FIGURA 4: Registros por Tipo de Acidentes Ocorridos em 2007 e 2008

Os acidentes com saída de pista representaram um alto percentual (28,4%), que se justifica pela rodovia apresentar em sua extensão boa parte de trechos rurais e em função de sua geometria, caracterizados por tangentes que permitem o desenvolvimento de altas velocidades seguidas de curvas de pequeno raio, faz com que o veículo acabe saindo da pista ao encontro da curva. Este é o caso apresentado na Figura 5, no segmento crítico Km 145+001 ao km 146+000.



LEGENDA:
● Acidentes de trânsito



Sentido Barreiros – Esmeralda

FIGURA 5 – Segmento crítico Km 145+001 ao km 146+000

Destaca-se que a ocorrência das colisões apresentou um percentual representativo, as quais ocorrem principalmente em trechos urbanos, onde a situação de tráfego é diferenciada e volume de tráfego e de pedestres é maior, além de que todas as interseções da rodovia são projetadas em nível, aumentando a probabilidade das colisões. A Figura 6 apresenta um exemplo dessa situação.



FIGURA 6 – Segmento crítico Km 120+001 ao km 121+000

Através da aplicação do método proposto foram criados diversos mapas temáticos, os quais representam a rodovia e suas características agregadas. Optou-se pela representação dos índices e taxas críticos em intervalos de classe, as quais foram desenvolvidas no GIS através de rupturas naturais, pelo método analítico de otimização de Jenks (1963), que é o método de classificação padrão e identifica as quebras entre classes utilizando uma fórmula estatística que consiste basicamente na minimização da soma de variância dentro de cada classe.

A Figura 7 a seguir destaca os segmentos críticos relativos ao cálculo dos Índices críticos (I) por meio da aplicação do método do DNIT (1986) e os segmentos críticos relativos ao cálculo das taxas críticas (R) calculadas através do método do DENATRAN (1987) ambos para o período de 2008. Observa-se que nas áreas rurais os maiores índices de segmentos críticos (I_RUR) variam de 3,688 a 5,128. Já os índices de segmentos críticos urbanos (I_URB) acentuados variam de 6,601 a 8,795. As maiores taxas de segmentos críticos nas áreas rurais (R_RUR) variam de 16,240 a 27,023. As taxas de segmentos urbanos (R_URB) relevantes variam de 12,730 a 19,904.

Para o ano de 2007 em áreas rurais esses índices de segmentos críticos (I_RUR) relevantes variaram de 6,484 a 12,967. Já os índices acentuados de segmentos críticos urbanos (I_URB) variaram de 7,599 a 10,970. Salienta-se que para o ano de 2007 nas áreas rurais (R_RUR) as taxas relevantes de segmentos variaram de 22,237 a 38,900 e as taxas de segmentos urbanos (R_URB) ressaltantes variaram de 20,528 a 31,342.

A) Índices críticos; B) Taxas Críticas

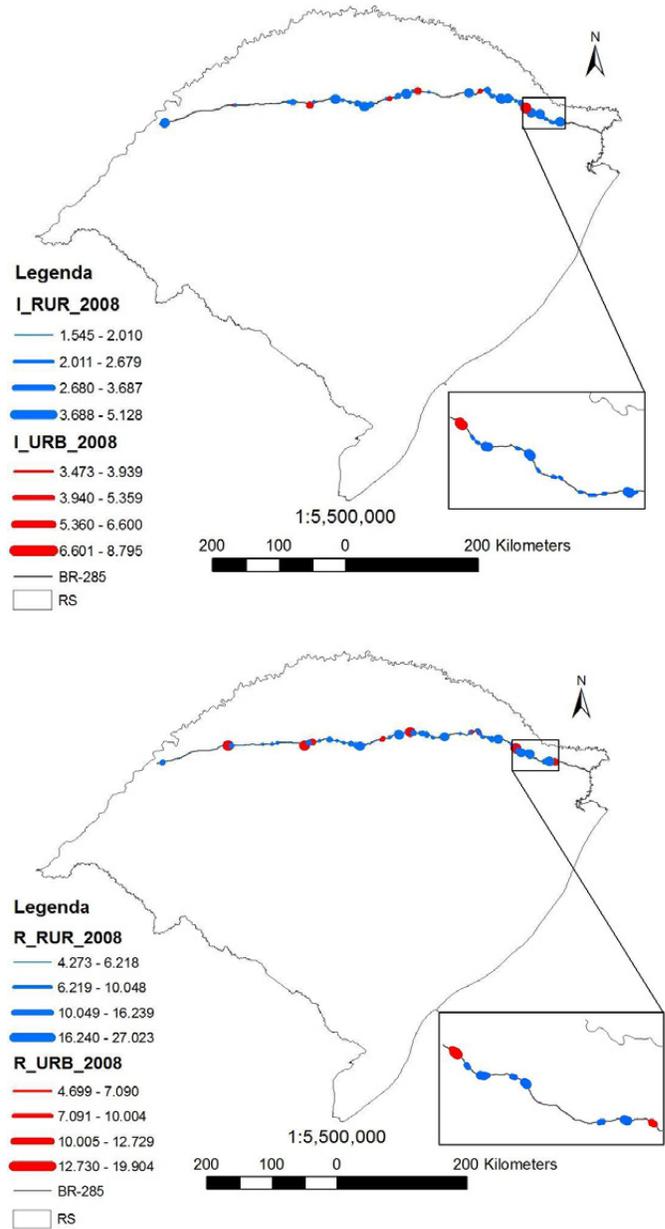


FIGURA 7 – Índices (I) método DNIT (1986) e Taxas (R) método DENATRAN (1987) de segmentos críticos urbanos e rurais da BR-285 no ano de 2008

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou a segurança viária através da análise dos segmentos críticos de rodovias, idealizados a partir da aplicação de dois métodos conceituados e utilizados por órgãos gestores, em estudos na área rodoviária e de engenharia de tráfego. Além disso, o uso da tecnologia GIS possibilitou a interface de análise, fazendo com que pudessem ser visualizados os dados alfanuméricos dos segmentos críticos.

Observou-se que os volumes de tráfego em alguns trechos da rodovia excedem a sua capacidade projetada e os atrasos ou falta de melhorias na rodovia, uso e ocupação do solo nos trechos urbanos da rodovia são fatores que estimulam a ocorrência dos acidentes de trânsito.

O estudo qualitativo e quantitativo possibilitou a obtenção dos índices e taxas críticas, por meio da aplicação de métodos numérico e estatístico, das visitas *in loco* e análises pertinentes. Ao trabalhar com taxas e índices foi considerada a relação dos acidentes com os volumes de tráfego e não apenas as quantidades de ocorrências.

Observaram-se as particularidades dos acidentes ocorridos em segmentos críticos rurais e urbanos e verificados que muitos destes necessitam de manutenção em sua infra-estrutura básica, onde as melhorias se referem ao reparo dos defeitos ou desgaste no pavimento, nos acostamentos, na drenagem, na sinalização, ao planejamento de interseções e acessos, à implementação de travessias para pedestres em áreas urbanas, à geometria, através do aumento do raio de curva e acostamentos. Além da infra-estrutura básica sugerem-se o aumento da capacidade e duplicação em trechos críticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFSC e ao Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem – DAER/RS pelo apoio concedido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (2001) Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos, SP. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acesso em Nov/2008.
- CARVALHO Jr, L. F. (2004) Sistema de aquisição e gerenciamento de dados sobre acidentes de trânsito através da tecnologia do geoprocessamento. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia da Computação. UnicenP, Curitiba, PR.
- DENATRAN (1987) Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros, Departamento Nacional de Trânsito, Brasília, DF, Brasil.
- DNIT (1986) Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de Uma Rede de Rodovias, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, Diretoria de Trânsito, Divisão de Engenharia e Segurança de Trânsito, DEST/Dr, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNIT (2006) Manual de estudos de tráfego, (IPR. Publ., 723) 384 p., Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNIT (2009) Divisão em trechos do PNV versão 2008, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte, Disponível em: http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/Rodoviasfederais/PNV2008_Intern.et.xls, Acesso em: 16 Mar. 2009.
- Erdogan, S.; Yilmaz I.; Baybura T. and Gullu M. (2008) Geographical Information Systems Aided Traffic Accident Analysis System Case Study: City of Afyonkarahisar, Accident Analysis and Prevention, Vol. (40), 174–181.
- Hasenack, H. (2006) Base Cartográfica Digital do Rio Grande do Sul, Editora UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Jenks, G.F. (1963) Generalization in statistical mapping. Annals of the Association of American Geographers, 53: 15-26.
- Nodari, C. T.; Lindau, L.A. (2003) Identificação e avaliação de características físicas da rodovia que influenciam na segurança viária. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET. Rio de Janeiro.
- Schmitz, A. e Goldner, L. G. (2010) Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia – Estudo de Caso na BR-285. Anais do XVI Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego, Transportes e Logística - PANAM. Lisboa, Portugal.
- Soares, L.R. (1975) Engenharia de Tráfego. Rio de Janeiro: Almeida Neves-Editores, LTDA.