

# APLICAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE SEGMENTOS CRÍTICOS DE RODOVIAS EM INTERFACE GIS

**Anelise Schmitz**

[anelise.schmitz@gmail.com](mailto:anelise.schmitz@gmail.com)

**Lenise Grando Goldner**

[lenise@ecv.ufsc.br](mailto:lenise@ecv.ufsc.br)

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina  
Rua João Pio Duarte Silva, s/n, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil,  
Tel:55 (48) 3721-9370

## RESUMO

As técnicas para análise, redução e prevenção de acidentes de trânsito procuram investigar as causas dos acidentes de trânsito por meio da identificação de locais críticos. Desta forma, a presente pesquisa visa elaborar, aplicar e analisar métodos de cálculo de segmentos críticos de rodovias baseados na interface de um Sistema de Informação Geográfica (*Geographic Information System* – GIS). A pesquisa foi desenvolvida em caráter qualitativo e quantitativo, através da utilização de dois métodos conceituais elaborados pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (1986), atual Departamento Nacional de Infraestrutura– DNIT e pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (1987) para análise de segmentos críticos de rodovias. O estudo de caso foi desenvolvido para a BR-285, no trecho situado no Estado do Rio Grande do Sul.

**PALAVRAS-CHAVE:** Segmentos críticos, Sistemas de Informação Geográfica, rodovias.

## ABSTRACT

The techniques for analysis, reduction and prevention of traffic accidents sought to investigate the causes of traffic accidents through the identification of critical locations. Thus, this research aims to develop, implement and review methods for calculating critical segments of highways based on a Geographic Information System – GIS interface. The study was conducted in a qualitative and quantitative, through the use of two conceptual methods developed by the National Department of Roads - DNER (1986), current National Department of Infrastructure, DNIT and the National Traffic Department - DENATRAN (1987) for analysis of critical segments of highways. The case study was developed for the BR-285, located on the stretch in the state of Rio Grande do Sul.

**KEYWORDS:** Critical segments, Geographic Information System, highways.

## **1. INTRODUÇÃO**

Para aumentar a segurança viária, é necessária a formulação de políticas eficientes em relação à educação, à fiscalização e à engenharia. Isso requer um planejamento adequado, que promova um trânsito mais seguro, compatível com a capacidade da via e, se possível, elimine os acidentes de trânsito.

Em geral, as técnicas para análise, redução e prevenção de acidentes de trânsito apresentam procedimentos semelhantes entre si. Elas procuram investigar as causas por meio da identificação de locais críticos.

O objetivo desta pesquisa foi elaborar, aplicar e analisar métodos de cálculo de segmentos críticos de rodovias baseados na interface de um GIS. A pesquisa foi desenvolvida em caráter qualitativo e quantitativo, através da utilização de dois métodos conceituais elaborados pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (1986), atual Departamento Nacional de Infraestrutura– DNIT e pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (1987) para análise de segmentos críticos de rodovias. O estudo de caso foi desenvolvido para a BR-285, no trecho situado no Estado do Rio Grande do Sul.

## **2. IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS CRÍTICOS**

Consideram-se locais críticos aqueles que apresentam padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência pré-estabelecida, e/ou que estejam associados a níveis de segurança viária que coloquem em risco os usuários do sistema viário (MT, 2002).

Os procedimentos disponíveis para identificação de locais que apresentam um padrão anormal de segurança viária baseiam-se no fato de que os acidentes, apesar de sua ampla distribuição espacial, tendem a agregar-se em determinados locais da malha viária. A identificação consiste em recuperar os dados dos acidentes, listar os locais problemáticos e estabelecer as prioridades para uma investigação direcionada (MT, 2002).

Os métodos para identificação de locais críticos encontrados na literatura são classificados em numéricos, estatísticos, técnicas do conflito (MT, 2002), e auditoria de segurança viária (BRANDÃO, 2007). Todos os métodos que serão apresentados a seguir encontram-se no Manual de Procedimento para o Tratamento de locais críticos do Programa PARE – MT (2002), exceto o de auditoria de segurança viária.

### **2.1 Métodos Numéricos**

Os métodos numéricos são os mais simples e de mais fácil aplicação, sendo por esse motivo os mais utilizados na prática. Identificam os locais críticos a partir do cálculo de indicadores (quantidade de acidentes, taxas de acidentes), comparados com um valor pré-estabelecido. São declarados como locais críticos aqueles cujos indicadores calculados sejam maiores que o valor de referência. Dessa forma, existem duas categorias distintas: numéricos absolutos e numéricos relativos.

### *2.1.1. Métodos Numéricos Absolutos*

Dentro da categoria dos métodos numéricos absolutos, considera-se a quantidade de acidentes de forma absoluta, sem relacioná-los a qualquer outra variável. O custo social do acidente de trânsito é visto como uma sofisticação desse método, considerando-se nesta categoria duas técnicas: Técnica do Número de Acidentes (considera somente o número de ocorrências em um cruzamento ou trecho de via) e a Técnica da Severidade de Acidentes (associa a cada nível de gravidade um determinado peso).

### *2.1.2. Métodos Numéricos Relativos*

O método numérico relativo considera a quantidade de acidentes, porém dentro de um universo de possibilidades, levando em conta os riscos ou periculosidade (frequência de acidentes *versus* volume de tráfego) e as tendências (evolução histórica na frequência de acidentes) para o local em estudo, considerando-se nesta categoria duas técnicas: Técnica da Taxa de Acidente (relaciona a quantidade de acidentes de trânsito com o volume de tráfego em cada local) e a Técnica da Taxa de Severidade dos Acidentes (relaciona a quantidade de acidentes, expressa em UPS, com o volume de tráfego).

## **2.2 Métodos Estatísticos**

Os métodos estatísticos envolvem a utilização de modelos matemáticos probabilísticos que determinam os locais onde o risco de acidente é superior ao estimado ou esperado.

Kang e Lee (2007) afirmam que muitas análises vêm usando métodos estatísticos para mensurar riscos ou quantidades de acidentes de trânsito. Há estudos com variáveis significativamente selecionadas que têm uma grande influência nos acidentes de tráfego. Nesses estudos, é examinada a relação entre essas variáveis e os acidentes, usando análise de regressão, ou então outros métodos, baseados na teoria de redes neurais, análises de risco e análises de múltipla classificação.

## **2.3 Método da Técnica de Conflitos**

Os conflitos surgem quando duas correntes de tráfego, em um mesmo nível, divergem, convergem ou cruzam, havendo um perigo potencial de colisões ou de atropelamentos.

Segundo Galeno (2002), as técnicas de conflito devem ser utilizadas como uma metodologia de observação dos problemas de segurança viária e não apenas como um indicador de segurança, podendo ser melhorados os projetos de trânsito, dando melhor atenção à questão do impacto que os acidentes provocam no comportamento do tráfego e não apenas na frequência dos mesmos.

Para Nodari (2003), os conflitos de tráfego não substituem as informações dos acidentes, uma vez que se baseiam na observação em manobras evasivas bem sucedidas e não em acidentes propriamente ditos. Além disso, as técnicas de conflito de tráfego são aplicáveis somente à análise de interseções, não sendo economicamente viáveis em segmentos de vias.

## **2.4 Método da Auditoria de segurança**

Auditoria de segurança baseia-se na ação preventiva de verificação de fatores de risco. O auditor, especialista em análise de acidentes e segurança viária, aplica uma lista de verificação sistemática, desenvolvida para detectar deficiências importantes. A verificação pode ser realizada nas etapas de projeto, antes da liberação das vias ao tráfego, ou como revisão da segurança em vias existentes. Ou seja, desde o projeto até sua operação propriamente dita (BRANDÃO, 2007; NODARI, 2003).

Nodari e Lindau (2003), destacam que a auditoria de segurança das rodovias e as pesquisas e práticas em auditoria em segurança viária motivam a utilização de *check-list* na identificação das características que potencializam a ocorrência de acidentes.

## **2.5 Tratamento espacial de dados de acidentes de trânsito**

Nas análises de acidentes de trânsito, existem diversos métodos de tratamento espacial de dados. O procedimento de geoprocessamento geralmente envolve pelo menos três etapas distintas: o projeto conceitual (modelagem dos dados), o projeto lógico (estrutura do banco de dados geográficos) e o projeto físico (implementação dos dados). Muitas vezes com terminologia diferente, mas com o objetivo de gerar um GIS (MEINBERG, 2003).

## **3. MÉTODO PROPOSTO**

O procedimento metodológico para a pesquisa seguiu as etapas de trabalho que podem ser visualizadas na figura 1.

### **3.1 Escolha do Software**

Para o desenvolvimento do estudo, fez-se necessário a utilização de um software adequado e disponível, com ferramentas de análise e que permitiu a compatibilidade para a introdução dos dados alfanuméricos. Optou-se pelo software ArcGIS, Versão 9, que é um conjunto integrado de produtos de software GIS, produzido pela ESRI, instalado em plataforma Windows e que armazena os dados em geodatabase.

### **3.2. Obtenção da base cartográfica**

A base cartográfica adotada para o estudo foi projetada por Hasenack (2006) na escala 1:250.000 em formato Geotiff, construída a partir dos dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* - Missão do Ônibus Espacial de Topografia por Radar).

### **3.3. Coleta de dados**

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 (DPRF), formulados a partir do sistema DATATRAN/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 e aos quais 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 (a) (2006).

O período escolhido para aplicação do estudo foi de 01 de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2008 para a BR-285, trecho situado no Rio Grande do Sul.

### **3.4. Projeto conceitual**

Após a obtenção da base cartográfica, foram analisadas as inconsistências da mesma e corrigida a sua topologia. Pelo fato de essa base cartográfica ser vetorizada a partir de cartas georreferenciadas, foram encontrados alguns erros, como 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.

A segmentação da rodovia foi obtida pelos trechos do PNV, de março de 2009, disponíveis no DNIT (2009). Cada trecho possui o 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 variam suas extensões entre 1,00km a 1,9km (PARO, 2009).

Os dados do ambiente do segmento referem-se ao tipo de pista (pavimentada ou não pavimentada, duplicada ou simples) e ao ambiente (rural ou urbano) no qual o mesmo está inserido.

#### *3.4.1. Cálculo das taxas de acidentes de trânsito*

O DENATRAN (1987) recomenda alguns aspectos complementares de fundamental importância para que se leve em conta o valor da integridade física e da vida humana no trânsito, considerando o grau de severidade dos acidentes. Para tanto, foi utilizado o conceito de Unidade Padrão de Severidade (UPS) em que se atribui um peso a cada acidente, dependendo de sua gravidade.

Existem diferentes métodos que atribuem peso à severidade. Entre eles, destacam-se as metodologias apresentados na tabela 1, que trazem fatores de ponderação do DENATRAN (1987), extraídos do Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros, e os fatores de ponderação do DNER (1998), extraídos do Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo. Nesta pesquisa, foram utilizados os valores de UPS do DENATRAN (1987) para o cálculo das taxas de acidentes.

Assim, a severidade, expressa em UPS, adotada será obtida conforme a 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-se 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:

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

Onde:

R: Taxa de severidade de acidentes

VDM: Volume diário médio de veículos passando pelo trecho

P: Período de estudo (normalmente 365 dias)

E: Extensão do trecho (em km)

A identificação dos segmentos críticos, nesse método, segue os seguintes procedimentos:

- Devem-se selecionar, preliminarmente, todos os segmentos homogêneos na análise da rodovia;
- Calcula-se a média das taxas de acidentes de todos os segmentos homogêneos e compara-se com a taxa de acidente em cada segmento.
- Após a comparação, os segmentos que apresentarem taxas maiores que à taxa média serão denominados críticos.
- Apenas os segmentos críticos serão adotados e selecionados;

Após a compilação dos dados das taxas de acidentes de trânsito e destacados os trechos críticos para este método, foi abordado, na elaboração de análise do banco de dados do GIS, um campo de valores discriminado para as maiores taxas, buscando impor intervalos de classes para que sejam visualizados os trechos mais perigosos.

#### 3.4.2. Cálculo do Índice de acidentes de trânsito

O método atualmente utilizado para determinação dos segmentos críticos das rodovias federais brasileiras foi desenvolvido pelo DNER (1986). Baseia-se na probabilidade de ocorrência de um acidente em um determinado segmento, tendo como base de comparação uma amostra estudada. Dessa forma, quando a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento ( $P_j$ ) for maior que a probabilidade de ocorrência da amostra ( $\lambda$ ), o segmento é considerado como crítico, durante um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) (PARO, 2009).

Os índices de acidentes de trânsito para os segmentos foram calculados a partir do método

estatístico do DNER (1986), que avalia as probabilidades de ocorrência de acidentes de trânsito em um determinado intervalo de tempo. Dessa forma, calculam-se o índice de acidentes do segmento analisado, conforme Equação 3, o momento de tráfego do segmento em estudo, conforme a Equação 4, e o índice crítico do segmento em estudo (amostra) na Equação 5.

- Índice de acidentes do segmento analisado:

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

- Momento de tráfego do segmento em estudo:

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

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)

$VDMA_j$ : Volume médio diário anual no segmento em estudo  $j$

$\Delta t$ : Intervalo de tempo considerado em dias na análise (365 dias)

$m$ : Momento de tráfego do segmento em estudo

- Índice crítico do segmento em estudo (amostra):

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

Onde:

$IC_j$ : Índice crítico do segmento  $j$  em estudo;

$\lambda$ : 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 da curva normal, de acordo com o nível de confiança que se deseja trabalhar. Nesta pesquisa, utilizou-se um coeficiente  $k=1,645$ .

A identificação dos segmentos críticos, nesse método, segue os seguintes procedimentos:

- Deve-se selecionar, preliminarmente, todos os segmentos homogêneos na análise da rodovia;

- Considerar como segmento crítico aquele que obtiver a seguinte relação:

- 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 (amostra), esse é considerado crítico.

### **3.5 Projeto lógico**

Após todo o processo de obtenção e modelagem dos dados, partiu-se para a criação do banco de dados geográficos. Nesta etapa, foi definida a forma como os dados foram inseridos (georreferenciados) no sistema.

A partir da base georreferenciada, no qual foram anexadas todas as informações, o software GIS converteu um arquivo texto em coordenadas geodésicas (arquivo de pontos ou linhas). A partir desse arquivo, estabeleceu-se a rota e dividiu-se a rodovia em quilômetros, através da segmentação dinâmica, tornando possível associar qualquer informação baseada na quilometragem da rodovia, como os dados dos acidentes, volumes de tráfego e ambiente.

Para unir os dados, basta que as tabelas das demais informações contenham a rodovia a que pertencem e a quilometragem. Essas informações podem ser pontuais (marco quilométrico) ou lineares (trecho da rodovia). Os acidentes, localização de acessos, placas etc. são informações pontuais, já a condição do pavimento, projeto geométrico, tráfego, etc. são informações lineares (LOTTI *et al.*, 2002).

Dessa forma, os acidentes de trânsito foram localizados na base cartográfica através da quilometragem de sua ocorrência, fornecida no relatório de acidentes de trânsito do DPRF, através de tabelas contendo os demais atributos relacionados a estes, em formato dBASE para serem calibrados no software GIS.

### **3.6 Projeto físico**

O projeto físico compreendeu a implementação dos dados, a associação entre dados geográficos e alfanuméricos, seleção dos segmentos críticos a serem trabalhados e a manipulação dos dados diretamente no software GIS.

## **4. ANÁLISES E RESULTADOS**

Da extensão total de 674.2 km que foi segmentada, totalizaram-se 641 segmentos cujas extensões variam de 1 a 1.9 km. Desses, 580 são segmentos rurais e 61 segmentos urbanos, conforme conta a figura 2.

A tabela 2 representa a quantidade de segmentos críticos obtidos em cada método de cálculo, para segmentos críticos rurais e urbanos, nos anos de 2007 e 2008. Observou-se que, em média, 14% dos segmentos rurais e 25% dos segmentos urbanos foram considerados críticos.

Através da aplicação do método proposto, foram criados diversos mapas temáticos os quais representam a rodovia e suas características agregadas, conforme modelos nas figuras 3 e 4. Optou-se pela representação dos índices e taxas críticos em intervalos de classe, que podem ser visualizadas em Schmitz e Goldner (2010, a) e Schmitz e Goldner (2010, b).

Ao trabalhar com as tabelas de atributos em um GIS, foi possível inserir todas as informações relativas a cada segmento. Para aperfeiçoar as análises, foi realizada a sobreposição do shape ou

vetor da rodovia em uma imagem de satélite. Ao terminar este processo, georreferenciar as informações e obter o produto final, foi possível visualizar as informações espaciais que permitiram diagnosticar as características individuais dos segmentos.

Os detalhes de cada segmento crítico foram armazenados em tabelas de atributos, onde constam todas as informações alfanuméricas.

Nas visitas *in loco*, foram detectados ao longo da rodovia problemas na infraestrutura básica, os quais prejudicam a segurança da rodovia, tanto em áreas rurais como em áreas urbanas e intensificam os acidentes de trânsito.

#### **4.1 Comparação dos métodos de cálculo**

Em ambos os métodos de cálculo utilizados na pesquisa, ou seja, o método do DNER (1986) e o método DENATRAN (1987), consideram-se locais críticos aqueles que apresentaram padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência pré-estabelecida ou associada a níveis de segurança que colocaram em risco a vida dos usuários.

O método do DENATRAN (1987) levou em conta o risco de periculosidade e as tendências de ocorrências em locais mais propícios a estas. Porém, no caso de acidentes com mortes, a aplicação deste método sofre desvantagens, pois muitos dos dados de acidentes após a internação hospitalar não são correlacionados com os boletins de ocorrência para que seja mantido um banco de dados sólido e confiável.

No método do DNER (1986), o modelo probabilístico determina os locais onde o risco de acidente é maior ao índice esperado ou estimado. Observou-se que, apesar da ampla distribuição espacial, os acidentes tendem a agregar-se em locais comuns e favoráveis às ocorrências de acidentes na rodovia.

Ambos os métodos exigem exaustivos levantamentos de dados. O método do DENATRAN (1987) resulta na priorização de locais onde há registro de acidentes com vítimas fatais, considerando serem estes os maiores causadores de perdas na qualidade de vida dos cidadãos e que trazem maiores custos à sociedade. Mas, por outro lado, o método do DNER(1986) permite que possam atuar nos pontos de maiores probabilidades de ocorrências, muitas vezes com intervenções simples, mas que podem evitar perdas fatais.

A comparação dos métodos de cálculo pode ser avaliada na figura 3. Para esta pesquisa foram aplicados os dois métodos, visto que ambos trouxeram resultados e benefícios satisfatórios.

Houve coincidência na maioria dos segmentos críticos, uma vez que a fonte inicial de dados é a mesma. A dificuldade foi identificar e separar os acidentes para a aplicação do método do DENATRAN, no qual foram criadas interfaces diferenciadas para cálculo, separando acidentes com danos materiais, acidentes com vítimas não fatais e acidentes com vítimas fatais.

#### **4.2. Proposta de medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos**

Para a definição de medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos, foi realizada

a pesquisa bibliográfica. Com base nas análises dos segmentos críticos e no conhecimento técnico, foram encontradas e adequadas medidas para cada tipo de acidente ocorrido nos segmentos, dando destaque às medidas mitigadoras na segurança viária de Menezes (2001), a qual foi escolhida por detalhar e aprofundar as soluções adequadas para cada caso de tipo de acidente ocorrido.

Destaca-se que, no período de coleta e análise dos dados, a rodovia não havia sofrido nenhum tipo de reparo e adequação do projeto de acordo com a situação em que se encontrava e em relação às normas vigentes. Atualmente, a rodovia passa por restauração, porém algumas falhas ainda são encontradas e o desgaste e o tráfego contínuo exigem medidas cada vez mais eficazes e intensas.

Tais medidas destacam a sinalização, principalmente tratando da redução de velocidade: sinalização ostensiva de advertência em casos de curvas acentuadas; implantação de proteção lateral; utilização de LERVs; inscrições no pavimento e previsão de sinalização por condução óptica, como tachões no eixo, tachas no bordo, delineadores e refletivo prismático em caso de defensas. Além disso, muitas placas de sinalização vertical apresentavam desgaste pelo tempo e sem a devida refletividade, e a pintura das linhas de bordo e do eixo apresentava-se parcialmente apagada, em alguns casos até apagada totalmente.

Quanto à geometria, onde as curvas são muito acentuadas, existe a possibilidade de aumento do acostamento em relação ao centro da curva. Além disso, o considerável aumento do volume de tráfego faz com que a rodovia atinja níveis de serviço incompatíveis com sua geometria, apresentando, então, problemas de traçado, os quais merecem uma duplicação ou aumento de capacidade.

Além disso, em vistoria ao trecho antes de sua restauração, este apresentava o pavimento em mau estado de conservação, com muitas trincas e acostamento praticamente inexistente em alguns segmentos, provavelmente ocasionados devido ao desgaste do tempo e à falta de adequado tratamento. Esses fatores comprometem a boa drenagem superficial, gerando buracos que vão sendo fechados de maneira rotineira, o que leva a uma solução apenas paliativa. Em alguns casos onde ocorreram restaurações, muitas vezes sobrepostas, formou-se um degrau de pavimento entre a pista e o acostamento.

A constante urbanização apresenta riscos causados principalmente pelo avanço das cidades em direção à rodovia, ficando esta, com sua concepção da época imprópria para a atual conjuntura.

Muitos acessos foram estabelecidos ao longo do tempo sem atenderem às condições normativas de implantação de acessos comerciais, o que gerou pontos de conflito de veículos, como as conversões perigosas, distâncias mínimas de visibilidade não observadas, afastamentos mínimos entre acessos e pontos notáveis, como interseções, pontes, vias, não obedecidos.

Para melhorias da segurança viária, sugerem-se intervenções, como adaptação da sinalização, restauração do pavimento e acostamento, previsão de ruas laterais ou contornos de áreas urbanizadas, readequação da drenagem, visto que hoje existem áreas urbanas sem tratamentos específicos e recuos de paradas de ônibus, pois muitos pontos de paradas de ônibus não possuem

refúgio para parada segura dos coletivos. Ainda nas áreas urbanizadas deveriam ser previstas passarelas próprias para pedestres e/ou ciclistas.

## **5. CONCLUSÕES**

O presente trabalho abordou a segurança viária através da análise e da aplicação dos de dois métodos conceituados para obtenção de segmentos críticos de rodovias, utilizados por órgãos gestores em estudos na área de engenharia de tráfego. Além disso, o uso da tecnologia GIS possibilitou a interface de análise.

O estudo buscou propor uma metodologia que pudesse integrar as informações à visualização de segmentos críticos em rodovias. O GIS foi um meio prático no diagnóstico do problema. Por meio do conhecimento técnico, foi possível adaptar medidas mitigadoras comuns aos principais tipos de acidentes que ocorrem nos segmentos críticos para que, dessa forma, se aumentasse a segurança viária.

O estudo qualitativo e quantitativo possibilitou a obtenção dos índices e taxas críticas, por meio da aplicação de métodos numéricos e estatísticos. Além desses, foram realizadas análises pertinentes. Ao se trabalhar com taxas e índices foi considerada a relação dos acidentes com os volumes de tráfego e não apenas as quantidades de ocorrências.

O trabalho apresentado possibilitou analisar espacialmente os segmentos críticos da rodovia em estudo e seu planejamento. Através de um GIS foram criadas várias interfaces de análise e de visualização de cenários dos dados alfanuméricos. A sobreposição das imagens de satélite, da malha viária, dos segmentos e dos pontos de acidentes de trânsito permitiram uma melhor percepção do problema e possibilitaram intervir a partir desse diagnóstico.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) e ao PPGEC/UFSC (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil- UFSC) pelo apoio concedido para a realização deste trabalho.

## **7. REFERÊNCIAS**

BRANDÃO, L.M. (2007) Discussão sobre métodos para identificação de locais críticos em acidentes de trânsito no Brasil. Trabalho apresentado na disciplina de Infraestrutura viária IC 201 A. Campinas, SC.

DENATRAN (1987) Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília, DF.

DNER (1998) Guia de redução de acidentes de trânsito com base em medidas de baixo custo. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: DCTec.

DNER (1986) Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de Uma Rede de

Rodovias. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Trânsito. Rio de Janeiro: DEST/Dr.T.

DNIT (2006, a) Manual de estudos de tráfego. (IPR. Publ., 723) 384 p. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DNIT (2009) Anuário estatístico de rodovias federais. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes/anuario-2009.pdf> Acesso em: 12 Fev. 2011.

GALENO, S. P. (2002) Uma técnica de conflitos de tráfego aplicada aos pedestres – o caso de um corredor urbano de Belém. Dissertação de mestrado em Engenharia dos Transportes, COPPE. Rio de Janeiro.

Hasenack, H. (2006) Base Cartográfica Digital do Rio Grande do Sul. Editora UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

KANG, S.; LEE, S. M. (2007) Introducing based risk indices into the highway traffic accident analysis. *Computing in Engineering*, p. 465-477.

LOTTI, C. P.; WIDMER, J. A.; SCHAAL, R. E. (2002) Propostas de um método de sistematização e levantamento de dados para o estudo da relação de acidentes com as características geométricas da rodovia. Anais do XVI Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET, Natal, RN.

MEINBERG, F. F. (2003) Ferramentas para a análise de acidentes de trânsito com o uso de um sistema de informação geográfico. *Informática Pública*, vol. 5(1): 79-99.

MENEZES, F. A. B. De. (2001) Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MT (2002) Manual de Procedimento para o Tratamento de Locais Críticos. Ministério dos Transportes. Programa de redução dos acidentes de trânsito, PARE. Brasília.

NODARI, C. T. (2003) Método de Avaliação da Segurança Potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, UFRGS. Porto Alegre.

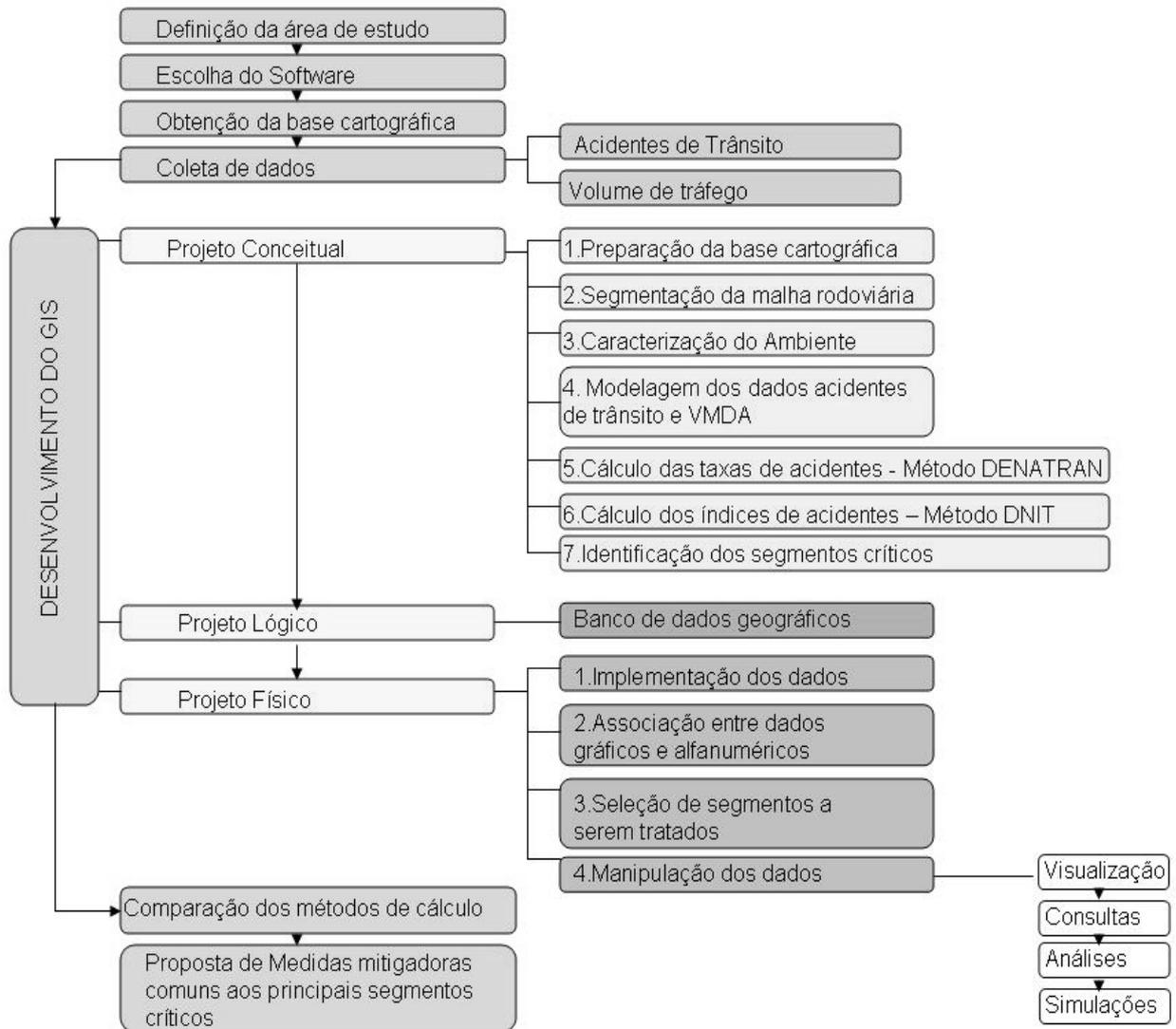
NODARI, C. T.; LINDAU, L.A. (2003) Identificação e avaliação de características físicas da rodovia que influenciam na segurança viária. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes – ANPET, Rio de Janeiro.

PARO, L. S. M. (2009) Contribuição metodológica para identificação de segmentos críticos em rodovias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PPGEC, UFSC. Florianópolis, SC.

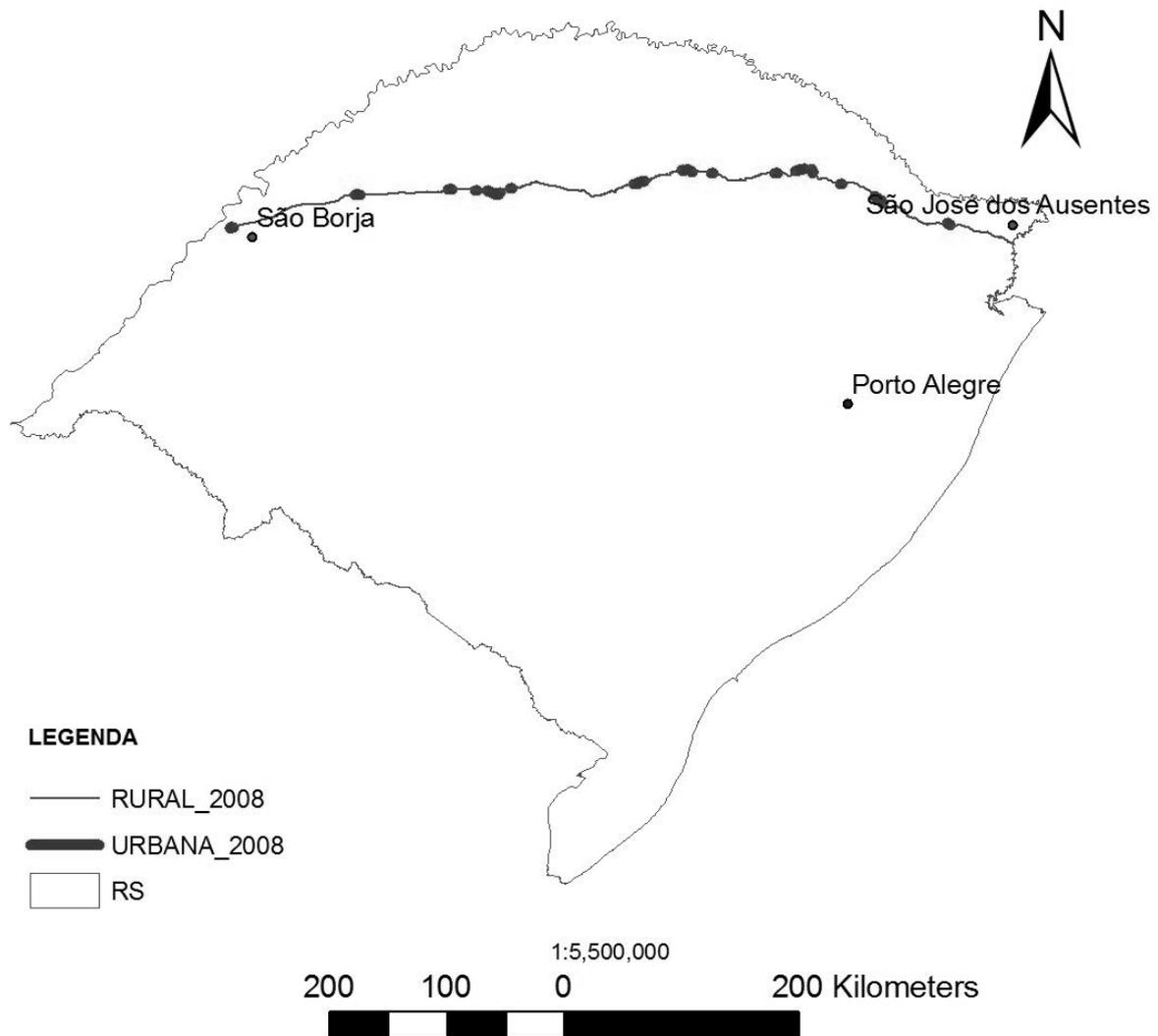
SCHMITZ, A. E GOLDNER, L. G. (2010, a) Proposta Metodológica Baseada Em GIS para Análise de Segmentos Críticos de Rodovia – Estudo de Caso na BR-285. Anais do XVI Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego, Transportes e Logística - PANAM. Lisboa, Portugal.

SCHMITZ, A. E GOLDNER, L. G. (2010, b) Análise Espacial de Segmentos Críticos de Rodovia – Estudo de Caso na BR-285 no Sul do Brasil. Anais 4º Congresso para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Faro, Portugal.

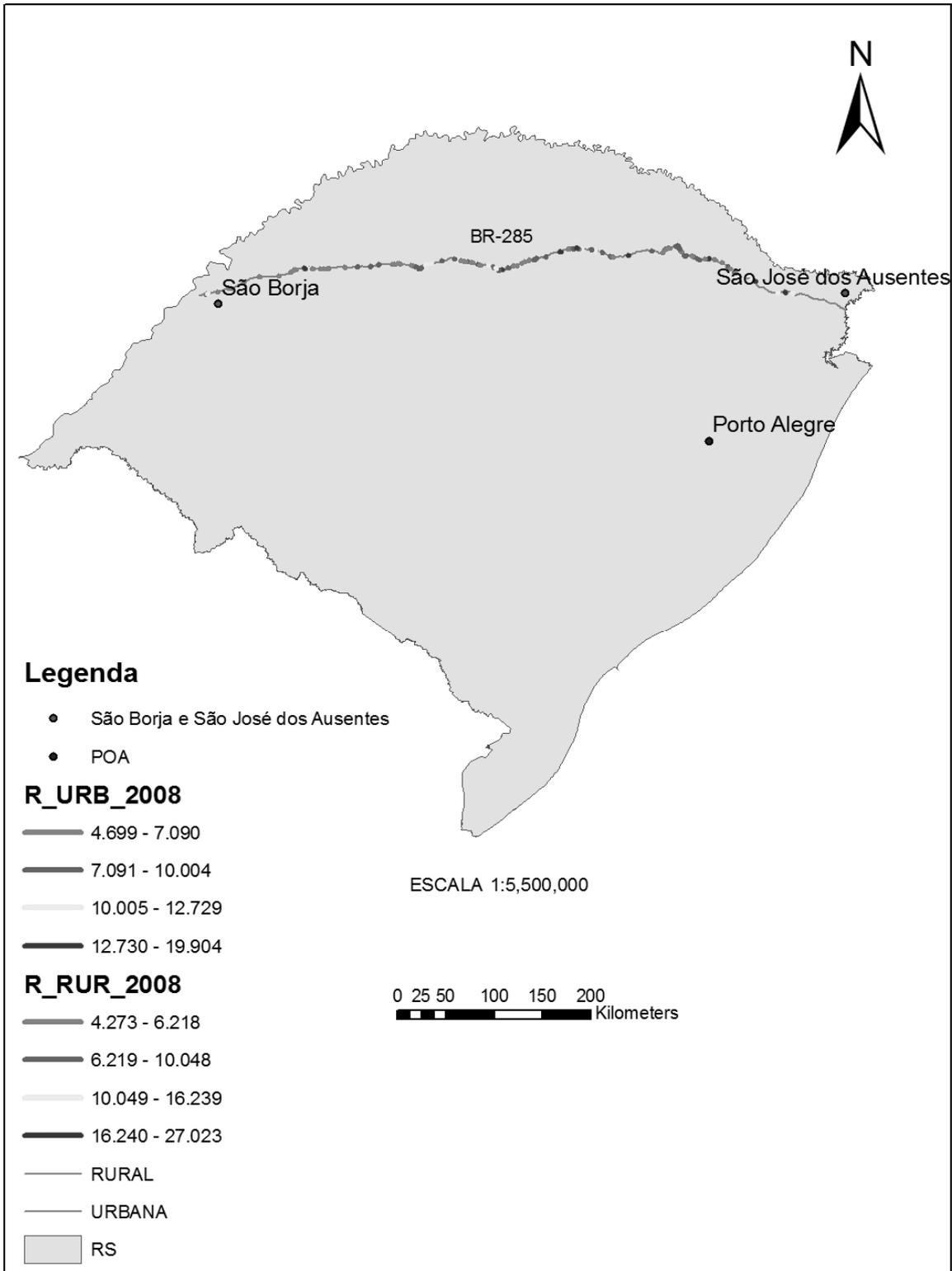
### APÊNDICES



**Figura 1. Fluxograma do método proposto**



**Figura 2. Segmentos urbanos e rurais da rodovia em estudo**



**Figura 3. Mapa do Rio Grande do Sul representando as Taxas de segmentos críticos urbanos e rurais da BR-285 pelo método DENATRAN (1987) no ano de 2008**



**Figura 4. Pontos de acidentes de trânsito na BR-285 para os anos de 2007 e 2008**

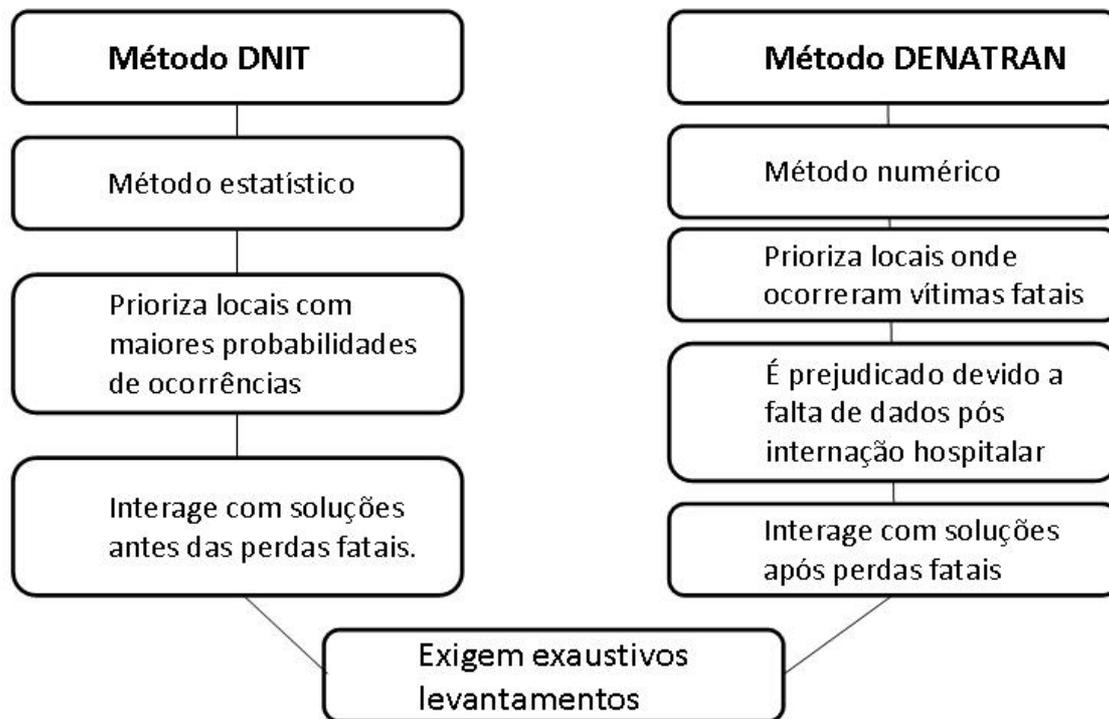


Figura 5. Comparação dos métodos de cálculo

Tabela 1 Valores de UPS pesquisados

Gravidade do Acidente	Fator de Ponderação	
	DENATRAN	(DNER)
Acidentes com danos materiais	1	1
Acidentes com feridos	5	3
Acidentes com vítimas fatais	13	9

Tabela 2 Número de segmentos críticos

Método	Ano	Número de segmentos críticos			
		Rural		Urbano	
		2007	2008	2007	2008
Método DENATRAN		80	93	20	24
Método DNER		77	82	9	12