

Mariane Paula Bobermin

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADO AOS DADOS  
DO PROGRAMA NACIONAL DE SEGURANÇA E SINALIZAÇÃO  
RODOVIÁRIA BR-LEGAL**

Brasília  
2017

Mariane Paula Bobermin

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADO AOS DADOS DO  
PROGRAMA NACIONAL DE SEGURANÇA E SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA  
BR-LEGAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização  
em Operações Rodoviárias, do Departamento de  
Engenharia Civil do Centro Tecnológico, da  
Universidade Federal de Santa Catarina como  
requisito para a obtenção do Título de Especialista  
em Operações Rodoviárias  
Orientador: Prof. Dr. Daniel Sergio Presta Garcia

Brasília  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bobermin, Mariane Paula  
Sistema de Informação Geográfica aplicado aos dados do  
Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR  
Legal / Mariane Paula Bobermin ; orientador, Daniel Sergio  
Presta Garcia, 2017.  
63 p.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Curso de Especialização  
em Operações Rodoviárias, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.


1. Operações Rodoviárias. 3. Sistema de Informação  
Geográfica. 4. Rodovias. 5. BR-Legal. I. Garcia, Daniel  
Sergio Presta . II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Especialização em Operações Rodoviárias. III.  
Título.

Mariane Paula Bobermin

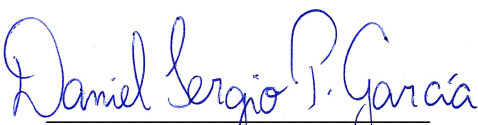
**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADO AOS DADOS DO  
PROGRAMA NACIONAL DE SEGURANÇA E SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA BR-  
LEGAL**


Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Especialista em Operações Rodoviárias” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Especialização em Operações Rodoviárias

Brasília, 19 de maio de 2017

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Benciveni Franzoni  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. Daniel Sergio Presta Garcia,  
Orientador  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

  
Prof.<sup>a</sup> Maria Alice Prudêncio Jacques, *PhD*  
Membro da banca  
Universidade de Brasília

Dedico este trabalho ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes no humilde intuito de colaborar com o trabalho desta distinta Autarquia.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, em específico à Diretoria de Infraestrutura Rodoviária, à Coordenação Geral de Operações Rodoviárias e à Superintendência do Rio Grande do Sul por possuírem a percepção da importância da manutenção e renovação do aprendizado para seus servidores. Agradeço por oportunizarem a realização do Curso de Especialização em Operações Rodoviárias garantindo ao DNIT uma posição significativa e respeitável na área de conhecimento de transportes e infraestrutura.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina pelo empenho em proporcionar a melhor qualidade de ensino possível. Agradeço não somente aos professores que participaram, mas também ao pessoal do apoio da UFSC que foram muito solicitados e igualmente solícitos.

Agradeço ao Professor Daniel Garcia, orientador deste trabalho, pelo engajamento, pelo entusiasmo e pelo tempo dedicados ao desenvolvimento e a conclusão deste projeto. Agradeço em especial à estudante de engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Cristhiane Demore que, junto com outros estudantes da universidade, também contribuiu para a concretização deste trabalho.

Agradeço ao consórcio das empresas STE/Sinarodo, detentores do contrato de serviços do Programa BR-Legal objeto deste trabalho, pelo préstimo em compartilhar as informações de que dispunham. Em particular, agradeço à Engenheira Zélia, incentivadora da disseminação do conhecimento.

Agradeço aos meus colegas do Curso de Especialização em Operações Rodoviárias, aos quais considero também como professores, pois foram responsáveis por muitos dos conhecimentos adquiridos. Agradeço, ainda, pela amizade e pelas experiências proporcionadas durante os vários encontros que tivemos e, espero, ainda teremos.

Agradeço, finalmente, à minha família que também participou do Curso de Especialização em Operações Rodoviárias através das minhas viagens ao aeroporto e dos dias em frente ao computador.

*The great aim of education is not knowledge, but action.*  
(Herbert Spencer, 18--?)

## RESUMO

Este trabalho versa sobre a verificação da possibilidade do uso das informações acerca das rodovias federais coletadas no Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, de iniciativa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, por meio de um Sistema de Informação Geográfica para realização de análises geoespaciais. O Programa BR-Legal proporcionou grande quantidade de registro de dados sobre as rodovias federais, tanto da infraestrutura como da sinalização e dos dispositivos de segurança existentes. Através dele foram realizados levantamentos por vídeo registro, utilizando uma tecnologia que combina vídeo digital de alta resolução com SIG. As coordenadas X e Y e Z, referentes ao alinhamento da rodovia foram obtidas através de um sistema de posicionamento georreferenciado com precisão sub-métrica. Para o desenvolvimento desta pesquisa foi selecionado um segmento da rodovia BR-116/RS, pertencente ao Lote 65 do Programa BR-Legal no estado do Rio Grande do Sul, com 79,5 quilômetros de extensão, iniciando na divisa do estado com Santa Catarina e terminando no entroncamento com a RS-437. A metodologia utilizada para a transformação dos dados de GPS em elementos plani-altimétricos da rodovia seguiu o método aplicado em GARCIA (2008), importando-se as coordenadas X, Y e Z do GPS para uma plataforma CAD, dessa forma, os objetos gerados (alinhamento horizontal e vertical) pelo processo semi-automático passaram a possuir referencial quilométrico e propriedades geométricas como raios, ângulos internos e inclinações, e puderam ser transformados em arquivos em formato de planilha eletrônica e exportados para um programa SIG. Foram incluídos também dados georreferenciados sobre a localização de defensas, sobre o Volume Médio Diário anual e sobre a velocidade na rodovia. Informações sobre acidentes, disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal, também foram incorporadas ao sistema. Assim, foi possível a criação de um banco de dados sobre a rodovia, permitindo a visualização através de mapas temáticos e a condução de análises geoespaciais que podem ser executadas rapidamente.

**Palavras-chave:** *sistema de informação geográfica; rodovias; BR-Legal.*



## ABSTRACT

This research studies the feasibility of using the information on federal highways collected through the Highway Sign and Road Safety BR-Legal National Program, according to the National Department of Transport Infrastructure (DNIT), by means of a Geographic Information System (GIS) to perform geospatial analyses. The BR-Legal Program provided a large amount of data on federal highways, including infrastructure, road signaling and existing safety devices. Video recordings using technology that combines high resolution digital video with GIS registered the survey. The coordinates X and Y and Z, referring to the alignment of the highway, were obtained through a GPS (Global Positioning System) device with sub-metric precision. For the development of this research, a 79.5-kilometer-long segment of BR-116/RS highway was selected, in the Lot 65 of the BR-Legal Program of Rio Grande do Sul state, starting at the Santa Catarina state border and ending at the RS-437 roadway junction. The methodology used for the transformation of GPS data into roadway planialtimetric elements followed the method applied in GARCIA (2008), by importing the X, Y and Z coordinates of the GPS to a CAD platform. Thus, the objects generated (horizontal and vertical alignment) by the semi-automatic process attained a kilometric reference as well as geometric properties such as rays, internal angles and slopes and could be transformed into spreadsheet files and exported to a GIS program. Georeferenced data on the defenses location, the annual Average Daily Volume and speed on the highway were also included. Information on accidents, provided by the Federal Highway Police, was also incorporated into the system. Hence, a database of the highway enabled thematic maps visualization and geospatial analysis that can be quickly performed.

**Key-words:** *geographic information system; highways; BR-Legal.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Diferentes tecnologias de gestão de dados .....	19
Figura 3.1: Malha rodoviária federal georreferenciada .....	25
Figura 3.2: Tabela de atributos relacionada à malha georreferenciada do DNIT .....	26
Figura 3.3: Dados de acidentes disponíveis do VGeo .....	27
Figura 3.4: Localização dos medidores de velocidade no SIOR .....	29
Figura 3.5: Modelo de apresentação de tabela indicada no Guia Prático .....	32
Figura 4.1: Veículo utilizado para captação de dados da rodovia .....	35
Figura 4.2: Elementos geométricos de uma curva circular simples .....	37
Figura 4.3: Elementos geométricos de uma parábola .....	38
Figura 4.4: Detalhe da planilha de dados de acidentes disponibilizada pela PRF .....	39
Figura 5.1: Segmento de 79,5 quilômetros da rodovia BR-116/RS alvo do estudo da pesquisa .....	40
Figura 5.2: Imagem da rodovia BR-116/RS no perímetro urbano de Vacaria/RS .....	41
Figura 5.3: Imagem da rodovia BR-116/RS próximo a divisa entre estados RS/SC .....	41
Figura 5.4: Subdivisão do segmento a partir da inclinação da rampa máxima .....	42
Figura 5.5: Detalhe da obtenção dos elementos da planimetria .....	43
Figura 5.6: Detalhe da obtenção dos elementos altimétricos .....	44
Figura 5.7: Planilha com dados geométricos do eixo resultado da aplicação do método .....	44
Figura 5.8: Informações básicas atreladas à um ponto importado para o SIG .....	45
Figura 5.9: Tipo de curvas identificadas no segmento em estudo .....	46
Figura 5.10: Localização das defensas .....	47
Figura 5.11: Cadastro de pintura por rodovia .....	48
Figura 5.12: Detalhe das informações do cadastro das defensas .....	48
Figura 5.13: Detalhe apresentação das características do segmento rodoviário onde consta a informação sobre a velocidade .....	49
Figura 5.14: Perfil de velocidade regulamentar da rodovia de acordo com o registro da sinalização vertical no sentido do crescimento da quilometragem .....	50
Figura 5.15: Perfil de velocidade regulamentar da rodovia de acordo com o registro da sinalização vertical no sentido do decrescimento da quilometragem .....	50
Figura 5.16: Mapa da densidade de acidentes na rodovia .....	51
Figura 5.17: Mapa da densidade de acidentes do tipo saída de pista e ocorrência de curvas .....	52
Figura 5.18: Mapa da densidade de acidentes do tipo saída de pista e ocorrência de defensas .....	53

Figura 5.19: Mapa da ocorrência de acidentes de colisão frontal e inclinações da rampa máxima .....

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Principais dados solicitados pelo Programa BR-Legal .....	31
Quadro 5.1: Identificação do segmento estudado no SNV .....	43
Quadro 5.2: Equivalência de quilometragens na mesma rodovia .....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	15
1.2.1 Objetivo principal .....	15
1.2.2 Objetivos secundários .....	15
1.3 PRESSUPOSTO .....	15
1.4 DELIMITAÇÕES .....	16
1.5 LIMITAÇÕES .....	16
<b>2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 BREVE HISTÓRICO .....	17
2.2 FUNCIONALIDADES .....	18
2.3 APLICAÇÃO NA ÁREA DE TRANSPORTES .....	22
<b>3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO ÂMBITO DO DNIT .....</b>	<b>25</b>
<b>4 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>34</b>
4.1 ORIGEM DOS DADOS .....	34
4.2 OBTENÇÃO DE ELEMENTOS PLANI-ALTIMÉTRICOS .....	36
4.3 INCORPORAÇÃO DE DADOS DA RODOVIA .....	38
4.4 INCORPORAÇÃO DE DADOS DE ACIDENTES .....	38
<b>5 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS DO BR-LEGAL ATRAVÉS DE SIG .....</b>	<b>40</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO EM ESTUDO .....	40
5.2 RESULTADOS .....	43
5.3 RECURSOS APLICADOS .....	55
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>

**REFERÊNCIAS .....**

## 1 INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR-Legal, iniciativa da Coordenação-Geral de Operações Rodoviárias (CGPERT), vinculada à Diretoria de Infraestrutura Rodoviária do DNIT, surgiu como um modelo inovador em sua área de aplicação, associando as fases de elaboração dos projetos de engenharia, de implantação dos projetos e de manutenção. Considerando a malha rodoviária pavimentada sob administração do DNIT no ano de lançamento dos Editais do Programa (2013), do total de aproximadamente 54 mil quilômetros de rodovias (BRASIL, 2011), 50 mil quilômetros foram contemplados pelo Programa BR-Legal (BÔTO, 2016).

O Programa proporcionou grande quantidade de coleta e registro de dados das rodovias, tanto da infraestrutura como da sinalização e, também, dos dispositivos de segurança existentes. Estes dados, além de oportunizar a correta elaboração dos projetos de sinalização e segurança viária no âmbito do BR-Legal, objetivo para o qual foram originados, podem ainda ser utilizados para outras finalidades.

Entretanto, deve-se considerar que lidar com tantos dados, provenientes de diferentes fontes (várias empresas contratadas pelo Programa), em um órgão responsável por diversas áreas relacionadas às rodovias de todo o Brasil, torna-se um grande desafio. Ferreira e Faria (2012) já apontavam que a existência de distintas fontes de informações dentro de órgãos públicos, cada qual adaptada aos interesses de áreas específicas, aliada à ausência de diálogo satisfatório e contínuo entre essas áreas traduz-se em lentidão e ônus para o órgão e para aqueles que dependem de sua atuação.

Ainda, no contexto das instituições públicas, onde se enfrenta o desafio de fazer mais com menos, uma abordagem para enfrentar esse cenário é fazer o melhor uso das informações aplicando as tecnologias disponíveis. O ambiente existente, com orçamentos limitados e incertos, exige respostas rápidas e precisas sobre as atuais e futuras necessidades relacionadas à infraestrutura de transportes.

O desenvolvimento de planos e programas eficazes, depende da capacidade de analisar e avaliar essas necessidades e gerar soluções viáveis. Sendo assim, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem atuar como centralizadores das informações e possibilitar análises espaciais dos dados, associando a infraestrutura viária a outros elementos. As funcionalidades do SIG mostram um caráter integrador, fazendo uso de sua característica espacial e de sua estruturação como banco de dados relacional, capaz de agregar dados e informações de variadas fontes, constituindo uma base sólida no auxílio do planejamento e da gestão das rodovias (FERREIRA E FARIA, 2012).

Abordando tal temática, este trabalho está dividido em seis capítulos. Após este capítulo introdutório, onde são expostos os objetivos do trabalho bem como suas delimitações e limitações, encontra-se o Capítulo 2, composto por uma revisão bibliográfica que contém um breve histórico sobre os Sistemas de Informação Geográfica, suas funcionalidades e variadas aplicações na área de transportes. No Capítulo 3, expõe-se a utilização desse tipo de tecnologia no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O Capítulo 4 mostra a metodologia adotada nesta pesquisa e o Capítulo 5 a aplicação desta em um estudo de caso e seus resultados. O Capítulo 6 traz as considerações finais deste trabalho.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi selecionado um segmento de rodovia da BR-116/RS integrante do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal. A seguir, são apresentados a questão de pesquisa que se pretende responder com a realização deste trabalho, os objetivos, pressupostos, delimitações e limitações do trabalho.

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho pode ser expressa da seguinte forma: os dados obtidos no Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal permitem o desenvolvimento de análises geoespaciais através de um Sistema de Informação Geográfica?



## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Pode-se dividir os objetivos do trabalho em principal e secundários, como mostrados a seguir.

### 1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho consiste na verificação da possibilidade de utilização dos dados obtidos no Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal referentes às rodovias para a realização de análises geoespaciais, através de um Sistema de Informação Geográfica.

### 1.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) caracterização de diferentes possibilidades de análises geoespaciais viabilizadas através da utilização dos dados do Programa BR-Legal por meio de um SIG;
- b) identificação de deficiências em relação às exigências de coleta de dados e seu registro;
- c) quantificação dos recursos consumidos para a manipulação dos dados brutos, obtidos do Programa BR-Legal, para utilização em um SIG.

## 1.3 PRESSUPOSTO

Este trabalho tem por pressuposto que:

- a) os dados obtidos em campo através dos levantamentos do BR-Legal representam uma aproximação aceitável para fins de cadastro da rodovia;
- b) o método utilizado para a geração dos elementos geométricos da rodovia é adequado para o propósito do trabalho.

## 1.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho delimita-se aos dados de um segmento rodoviário pertencente ao Lote 65 do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, localizado entre os quilômetros 0 (zero) e 79,5 da BR-116, no Rio Grande do Sul.

## 1.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) utilização de dados de apenas um lote do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal;
- b) exame dos dados do inventário limitado à alguns elementos do lote do Programa BR-Legal em estudo;
- c) precisão de uma casa decimal da informação sobre a quilometragem referente à localização dos acidentes, disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal;
- d) carência de correspondência entre a informação de localização dos acidentes registrados pela PRF e os marcos quilométricos informados pelo Sistema Nacional de Viação (SNV).

## 2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Mapas são ferramentas poderosas. Eles orientam, guiam, fornecem a sensação de escala e distância, formam uma linguagem universal, acessível a pessoas de diferentes qualificações pessoal e profissional. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se resumem em modernas tecnologias de mapeamento, que podem simplificar o compartilhamento de dados, melhorar seu acesso, dar apoio à gestão, facilitar a sensibilização do público e ajudar no desenvolvimento de projetos (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012).

### 2.1 BREVE HISTÓRICO

Roger Tomlinson, figura central na criação de SIG, foi quem idealizou o primeiro Sistema de Informação Geográfica informatizado. Na década de 1960, enquanto trabalhava para o governo canadense no desenvolvimento do *Canadian Land Inventory*, Tomlinson reconheceu a necessidade de dados precisos e relevantes para possibilitar o ordenamento do território e a tomada de decisão (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2013).

A partir de meados de 1970 até o início de 1980, ocorreu uma forte adoção dessas tecnologias pelas agências nacionais nos Estados Unidos da América (EUA) levando o foco ao desenvolvimento das melhores práticas. Entre 1982 até o final de 1980, ocorreu o crescimento e a exploração do mercado comercial em torno do SIG, e em sua fase final, a partir do início da década de 1990, a concentração de esforços voltou-se para a elaboração de formas de facilitar o uso desta tecnologia (DEMPSEY, 2012).

A *Federal Highway Administration* (FHWA), órgão do Departamento de Transportes dos EUA (USDOT), reconheceu o SIG como uma ferramenta que pode integrar informações de diferentes fontes e permitir a tomada de decisões melhores e mais eficientes. No início de 1990, o SIG foi utilizado no desenvolvimento da *National Highway Planning Network* (NHPN), um banco de dados da rede rodoviária do país. Na mesma época, outros bancos de dados da FHWA foram modificados de modo que pudessem ser unidos aos dados espaciais da NHPN (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2016).

Nos anos seguintes, a FHWA estimulou os Departamentos de Transportes Estaduais a adotarem a tecnologia SIG. Na *Transportation Equity Act for the 21st Century*, Lei promulgada em 1998 e em vigor até 2003 nos EUA, referente a programas federais na área de transportes, o USDOT convocou todas as agências a utilizarem informações e tecnologias espaciais aplicadas ao transporte nacional. Desde então, a aplicação do SIG tem se expandido e consolidado na área de transportes (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2016).

## 2.2 FUNCIONALIDADES

A utilização de um SIG pode ajudar os líderes a ver a extensão dos problemas, entender o impacto geográfico das suas decisões e tomar decisões mais informadas. Também pode ajudar o público a ver e compreender a importância e alcance das infraestruturas de transportes que utilizam diariamente. Um SIG permite que os órgãos de transporte apresentem informações sobre seus registros em mapas que ambas as audiências, técnicas e não técnicas, possam entender. Ele fornece ferramentas de análise que são capazes de considerar características geográficas na manutenção e concepção da infraestrutura. Ele também permite a comparação de dados sobre as condições de ativos com informações socioeconômicas, ambientais, financeiras e outros dados para identificar relações antes não consideradas e, assim, proporcionar a escolha de melhores decisões (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012).

Sendo um SIG uma extensão moderna da cartografia tradicional, Dempsey (2012) aponta uma semelhança fundamental e duas diferenças essenciais entre ambos. A semelhança reside no fato de que tanto um documento cartográfico como um SIG contêm um mapa-base ao qual podem ser adicionados outros dados. As diferenças são que não há limite para a quantidade de dados que podem ser adicionados a um mapa SIG e ainda, ele permite a implementação de análises e estatística para apresentar dados corroborando com determinado argumento em particular, o que um mapa cartográfico não é capaz de fazer.

Como os responsáveis pelo planejamento de transportes lidam com uma grande diversidade de informações neste processo, muitas vezes as informações não estão centralizadas, levam tempo a serem reunidas ou não são facilmente apresentáveis, dependendo do tipo de gerenciamento de dados disponível. Algumas formas de gerenciamento de dados podem ser visualizadas na Figura 2.1.

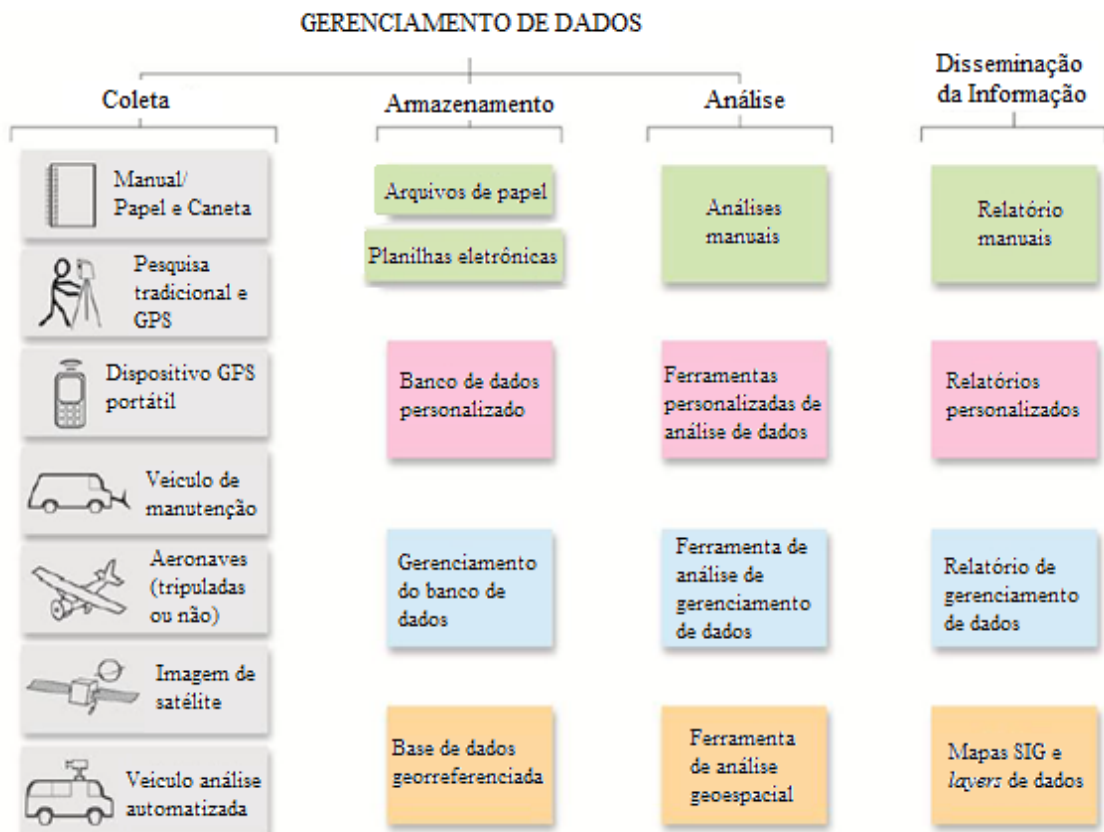


Figura 2.1: Diferentes tecnologias de gestão de dados (adaptada de FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012)

Já a utilização de um SIG fornece um conjunto completo de ferramentas para a criação, gestão, análise e visualização de dados espaciais. Categorias de atributos como estradas, corpos d'água, limites estaduais, são agrupados em “layers” e podem ser combinados a fim de criar uma base de referência. O SIG possibilita as funcionalidades típicas de consulta de dados, como recursos de seleção de registros por tipo, comprimento, valor, data e propriedades. Também pode-se consultar os registros com base em relações espaciais como dentro de uma área, ao longo de um alinhamento, sobreposições, dentro de uma determinada distância ou interseções (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012).

Um sistema de informação geográfica bem concebido e implementado pode melhorar substancialmente a gestão dos recursos, incluindo recursos humanos, financeiros, de informação e tempo. Com a prevalência da comunicação em rede e a coleta eletrônica de dados, além de análise, visualização e compartilhamento, espera-se um acesso inter-operável e imediato às informações, tanto pelos funcionários do órgão como pelo público em geral. Um sistema de informação integrado fornece a capacidade de armazenar e acessar eletronicamente

uma grande quantidade de documentos, desenhos, relatórios e informações relacionadas aos projetos, o que melhora a qualidade global dos trabalhos desenvolvidos e reduz o potencial de duplicação de esforços (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2011).

Consultas em tabelas e consultas espaciais também podem ser combinadas a fim de executar uma análise mais complexa e os resultados podem ser exibidos em um mapa para ilustrar os padrões e as relações espaciais. Registros de dados podem ser exibidos de forma diferente (cor, tamanho, padrão, largura), com base em vários atributos (tipo, duração, valor, data, propriedade), para melhor representar os resultados das consultas e análises (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012).

Basicamente, qualquer SIG deve ser capaz de fornecer informações sobre fenômenos geo-espaciais. Suas funções são, principalmente, as seguintes (RAPER, 1992 *apud* ABDUL-RAHMAN E PILOUK, 2008)<sup>1</sup>:

- a) Capturar: é a introdução dos dados no sistema. Diferentes técnicas e dispositivos estão disponíveis tanto para os dados geométricos como para outros atributos;
- b) Estruturar: etapa crucial na criação de um banco de dados pois determinará a gama de funções que poderão ser utilizadas na sua manipulação e análise;
- c) Manipular: várias são as opções de manipulação de dados oferecidas por um sistema SIG. Dentre as mais importantes estão a suavização de dados espaciais, o que inclui também a suavização de linhas, pontos de filtragem, etc., e a transformação de coordenadas para uma projeção de mapa e escala específica;
- d) Análise: é o núcleo de um sistema SIG. Trata-se de operações métricas e topológicas sobre os dados geométricos e atributos. A análise em SIG diz respeito a operações em mais de um conjunto de dados gerando uma nova informação espacial;
- e) Apresentação: é a tarefa final no SIG. Nesta fase todas as informações geradas serão apresentadas, em especial, na forma de mapas mas também em gráficos, tabelas, relatórios, etc.

Após a implantação de um SIG, à medida que o sistema amadurece, parcelas de informações de projetos anteriores se tornam disponíveis a outros projetos, mostrando tendências e distribuições de características espaciais por região, pelo uso da terra (urbana *versus* rural), ou

---

<sup>1</sup> RAPER, J. F. Key 3D modelling concepts for geoscientific analysis. In: TURNER, A. K. **Threedimensional modeling with geoscientific**. Netherlands: Springer, 1992.

qualquer outra análise baseada em localização (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2011).

Assim, quanto mais as instituições incorporarem essas ferramentas SIG, mais a capacidade de expandir o processo de análise para incluir a identificação de padrões e relações, construção e interação com modelos e comunicação dos resultados será possível (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012).

Um exemplo da relevância e interesse no uso desse tipo de tecnologia foi o comunicado da presidência dos EUA, publicado no final de maio de 2014, anunciando um acordo com a empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI), organização dominante neste campo, para fornecer o *software* de SIG da empresa de maneira livre para todas as escolas de ensino fundamental e médio nos EUA (THE WHITE HOUSE, 2014), mostrando que esta tecnologia possui grande aproveitamento em qualquer campo do conhecimento.

Com base no aspecto de multidisciplinaridade do SIG pode-se observar sua aplicação em diversas áreas como: planejamento, geografia, ambiental, processamento de dados, arquitetura e urbanismo, gerenciamento de serviços, engenharia de transportes e outros. Contudo, esta ferramenta não pode substituir o papel crítico do analista, como um solucionador de problemas, que ainda precisa interpretar os resultados e recomendar as medidas necessárias.

Considerando as oportunidades de otimizar processos de visualização, compartilhamento, análise e monitoramento de dados de maneiras que não seriam possíveis com dados estritamente numéricos, que o SIG oferece, destaca-se que tanto a informação como os dados e as tecnologias que suportam e podem gerar isso possuem um custo. No entanto, este custo deve ser visto como uma infraestrutura que é tão necessária como as pontes, portos, pistas, trilhos e estradas. Seu custo é mínimo se comparado com as consequências que uma decisão inadequada pode causar sem acesso a informações precisas (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2004).

Então, mesmo com programas SIG bem desenvolvidos, outros fatores como bons dados, cultura de colaboração e compartilhamento, procedimentos padronizados e apoio das lideranças são as chaves necessárias para o êxito de um bom gerenciamento de dados (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2012).

## 2.3 APLICAÇÃO NA ÁREA DE TRANSPORTES

De posse de um sistema que fornece meios para armazenar, analisar e atualizar dados de forma eficiente e transformar esses dados em outras formas de informação, como mapas e tabelas, as tomadas de decisão e os projetos podem ser acelerados e melhorados. Assim, os benefícios de um SIG podem ser usufruídos em muitas áreas da engenharia, como a geotécnica, a ambiental, a civil, a de transportes, etc.

Desde sua concepção inicial, mais voltada para o projeto e construção de mapas, os SIG têm incorporado uma crescente variedade de funções. Em especial, na área de transportes, a incorporação de outros dados, não só os ligados à infraestrutura da via, como por exemplo informações relacionadas a acidentes, ao tráfego, ao perfil do motorista, ao entorno da área e a aspectos ambientais expandem as possibilidades de análises neste campo.

O estudo de Rhee et al. (2016), que analisou a dinâmica do tráfego urbano na cidade de Seul, na Coreia do Sul, mostrou que uma maior extensão das estradas com limite de velocidade abaixo de 30 km/h e uma maior proporção de moradores com idade inferior a 15 anos estavam relacionados a uma menor frequência de acidentes de trânsito, enquanto uma maior proporção de moradores que se mudaram para as zonas de tráfego analisadas (abaixo de 30km/h), e um maior número de pontos de acesso com diferença de limite de velocidade entre as vias secundárias e a via principal (acima de 30 km/h) aumentou o número de acidentes de trânsito. Isso sugere, por exemplo, que se deve melhorar o controle ou o projeto nas junções de ruas de baixa velocidade com ruas de alta velocidade. Outro resultado importante foi que o comprimento das faixas centrais exclusivas de ônibus teve o maior efeito no aumento de acidentes de trânsito, sugerindo a necessidade de alterações na concepção dos acessos de pedestres às ilhas de ônibus centrais.

Outra aplicação de SIG na área de transportes é relatada por Chen et al. (2012), onde o tempo necessário para concluir as inspeções no pavimento, utilizando um sistema de receptores GPS (*Global Positioning System*) para os dados coletados no aeroporto de Shanghai, minimizou o impacto nas operações aeroportuárias, além de conduzir a uma multiplicidade de novas técnicas de análise que permitem uma melhor gestão da manutenção do pavimento e um grau muito mais elevado de confiança nos dados levantados.



Já Chen et al. (2016) apresentam uma proposta de modelo de cálculo da Área de Acessibilidade ao Transporte Público – AATP, que refletiria o grau de conveniência de utilização de um meio de transporte público pelos passageiros em uma determinada área. Aplicado no distrito de Beijing, Chaoyang, e utilizando-se de um SIG, foi calculado o valor da AATP para trinta zonas de tráfego com resultados que indicam que o método pode ser usado como uma referência para o ajuste de rotas de trânsito e também para o planejamento de redes de trânsito de transporte público.

Outro estudo de caso, desenvolvido na cidade de Edmonton no Canadá, avaliou diversos dados de tráfego disponíveis para identificar e traçar as prioridades de locais para a implantação de medidores de velocidade usando SIG. A instalação dos medidores deveria obedecer seis diretrizes: locais de alta colisão, locais de violação do limite de velocidade, zonas escolares, zonas com obras, locais de alto volume de pedestres e locais com reclamações da comunidade pelo excesso de velocidade de veículos. Os resultados mostraram que os locais de violação do limite de velocidade e as zonas escolares receberam maior atenção entre as seis prioridades, além disso, verificou-se que 30% dos equipamentos foram instalados em locais que não atendiam a nenhum dos seis critérios de prioridades (LI ET AL., 2016).

A experiência do Departamento de Transportes do Texas – TxDOT, relatado por Li et al. (2012) trata de um projeto de pesquisa desenvolvido para analisar as rotas das cargas com sobrepeso ou sobrelargura, visando acomodar melhor estas cargas na rede de rodovias estadual. Para isso, foram processados e mapeados um enorme conjunto de dados sobre os veículos, que permitiram a geração de rotas em um formato SIG. Alguns dos desafios enfrentados neste caso foram a falta de integridade e de padronização dos dados e o grande número de registros de permissão a serem mapeados.

No Brasil, o trabalho de Loureiro et al. (2009) apresenta o desenvolvimento de uma interface entre o banco de dados dinâmico do Centro de Gestão de Tráfego de Fortaleza (CTAFOR), e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) da plataforma TransCAD. Essa interface combina uma arquitetura modular aberta com um modelo espaço-temporal para importar dados dinâmicos de tráfego para um SIG. Com a implementação da interface lógica, a gama de aplicações foi expandida para incluir análises táticas e estratégicas de apoio a decisões, medidas de desempenho do congestionamento numa base espacial e temporal, análise de padrões de fluxo de tráfego espaço-temporal, atualização de matrizes origem-destino baseadas

em fluxos de tráfego, comparação de estratégias alternativas de controle de semáforos em corredores arteriais, técnicas de prioridade de ônibus passivas e ativas, entre outras análises possíveis.

Também, no Brasil, Schmitz e Goldner (2010) propuseram um método baseado em SIG para a análise de segmentos críticos em rodovias. O método foi aplicado num estudo de caso realizado na BR-285/RS e possibilitou a criação de diversas interfaces de análise, usando subsídios como os mapas temáticos, tabelas, gráficos e fotos aéreas, propiciando um meio prático no diagnóstico de problemas e viabilizando a adaptação de medidas mitigadoras comuns aos principais segmentos críticos.

### 3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO ÂMBITO DO DNIT

Como visto, a aplicação de Sistemas de Informação Geográfica aos estudos relacionados à área de transportes vem se intensificando na comunidade técnica. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), através do trabalho do DNITGeo, setor ligado à Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos (CGPLAN), tem por objetivo elaborar, estruturar e manter uma base de dados geográficos referente às rodovias federais. No *site* do DNIT é possível encontrar arquivos com dados georreferenciados da malha rodoviária federal, ilustrados na Figura 3.1.



Figura 3.2: Malha rodoviária federal georreferenciada (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2016a)

À essa malha rodoviária federal georreferenciada estão atrelados alguns dados referentes às rodovias. Esses dados, basicamente, refletem os dados contidos no Sistema Nacional de Viação e estão segmentados por linhas (*polylines*) representando cada código do SNV, conforme Figura 3.2.

Flp	Shape *	id trech	vl br	sq uf	nm tipo tr	sq tipo tr	desc co	vl codigo	ds local i	ds local f	vl km inic	vl km fina
0	Polyline	151119	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0010	ENTR BR-020(A)/030(A)/450/DF-001 (BRASILIA)	ENTR DF-440	0	2,5
1	Polyline	151120	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0015	ENTR DF-440	ACESSO I SOBRADINHO	2,5	6
2	Polyline	151121	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0016	ACESSO I SOBRADINHO	ACESSO II SOBRADINHO	6	8,4
3	Polyline	151122	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0018	ACESSO I SOBRADINHO	ENTR DF-230	8,4	18,8
4	Polyline	151123	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0020	ENTR DF-230	ENTR DF-128	18,8	22,6
5	Polyline	151124	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0022	ENTR DF-128	PIPLANALTNIA	22,6	25,6
6	Polyline	151125	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0030	PIPLANALTNIA	ENTR BR-020(B)/030(B)/DF-345(A)	25,6	33,6
7	Polyline	151126	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0050	ENTR BR-020(B)/030(B)/DF-345(A)	ENTR VICINAL-111	33,6	37,7
8	Polyline	151127	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0052	ENTR VICINAL-111	ENTR DF-205	37,7	42,3
9	Polyline	151128	010	DF	Exo Principal	B	-	010BDF0070	ENTR DF-205	ENTR DF-345(B) (DIV DF/GO)	42,3	44,6
10	Polyline	151129	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0090	ENTR GO-118(A) (DIV DF/GO)	ENTR GO-430(A)	0	5,1
11	Polyline	151130	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0095	ENTR GO-430(A)	ENTR GO-430(B) (PIPLANALTNIA)	5,1	8,6
12	Polyline	151131	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0110	ENTR GO-430(B) (PIPLANALTNIA)	SÃO GABRIEL DE GOIÁS	8,6	31,6
13	Polyline	151132	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0120	SÃO GABRIEL DE GOIÁS	ENTR GO-230	31,6	37,8
14	Polyline	151133	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0125	ENTR GO-230	ENTR GO-237	37,8	66,4
15	Polyline	151134	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0130	ENTR GO-237	INICIO PERIMETRO URB SÃO JOÃO D ALIANÇA	66,4	92,5
16	Polyline	151135	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0135	INICIO PERIMETRO URB SÃO JOÃO D ALIANÇA	FIM PERIMETRO URB SÃO JOÃO D ALIANÇA	92,5	94,1
17	Polyline	151136	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0140	FIM PERIMETRO URB SÃO JOÃO D ALIANÇA	ENTR GO-236	94,1	105,5
18	Polyline	151137	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0150	ENTR GO-236	ENTR GO-239(A) (ALTO PARAÍSO DE GOIÁS)	105,5	160,9
19	Polyline	151138	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0160	ENTR GO-239(A) (ALTO PARAÍSO DE GOIÁS)	ENTR GO-239(B) (ALTO PARAÍSO DE GOIÁS)	160,9	161,9
20	Polyline	151139	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0170	ENTR GO-239(B) (ALTO PARAÍSO DE GOIÁS)	ENTR GO-118(B)/241 (TERESINA DE GOIÁS)	161,9	227
21	Polyline	151140	010	GO	Exo Principal	B	-	010BGO0180	ENTR GO-118(B)/241 (TERESINA DE GOIÁS)	DIV GO/TO (RIO PARANA)	227	289
22	Polyline	151176	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0360	DIV TO/MA	ENTR BR-230(A) (CAROLINA)	0	34
23	Polyline	151177	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0370	ENTR BR-230(A) (CAROLINA)	ENTR BR-226(A)/230(B)/MA-138 (ESTREITO)	34	128,8
24	Polyline	151178	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0390	ENTR BR-226(A)/230(B)/MA-138 (ESTREITO)	ENTR BR-226(B) (PORTO FRANCO)	128,8	156,4
25	Polyline	151179	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0400	ENTR BR-226(B) (PORTO FRANCO)	CAMPESTRE DO MARANHÃO	156,4	176,8
26	Polyline	151180	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0410	CAMPESTRE DO MARANHÃO	RIBAMAR FIGUENE	176,8	203,5
27	Polyline	151181	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0420	RIBAMAR FIGUENE	ENTR MA-290 (GOVERNADOR ÉDSON LOBÃO)	203,5	223,1
28	Polyline	151182	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0425	ENTR MA-290 (GOVERNADOR ÉDSON LOBÃO)	INICIO TRAV URB IMPERATRIZ	223,1	246,4
29	Polyline	151183	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0430	INICIO TRAV URB IMPERATRIZ	ENTR MA-122 (IMPERATRIZ)	246,4	253,6
30	Polyline	151184	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0440	ENTR MA-122 (IMPERATRIZ)	FIM TRAV URB IMPERATRIZ	253,6	260,8
31	Polyline	151185	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0450	FIM TRAV URB IMPERATRIZ	ENTR MA-125 (PICDELÂNDIA)	260,8	295,2
32	Polyline	151186	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0460	ENTR MA-125 (PICDELÂNDIA)	ENTR BR-222(A) (AÇAILÂNDIA)	295,2	319,8
33	Polyline	151187	010	MA	Exo Principal	B	-	010BMA0470	ENTR BR-222(A) (AÇAILÂNDIA)	DIV MA/PA (RIO ITINGA)	319,8	378,7
34	Polyline	151188	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0490	DIV MA/PA (RIO ITINGA)	ENTR BR-222(B)/PA-332 (DOM ELISEU)	0	18
35	Polyline	151189	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0510	ENTR BR-222(B)/PA-332 (DOM ELISEU)	ENTR PA-125/283 (GURUPZINHO)	18	83,5
36	Polyline	151190	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0530	ENTR PA-125/283 (GURUPZINHO)	ENTR PA-256 (PIPARAGOMINAS)	83,5	165,8
37	Polyline	151191	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0550	ENTR PA-256 (PIPARAGOMINAS)	ENTR PA-125	165,8	176,1
38	Polyline	151192	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0570	ENTR PA-125	ENTR PA-252 (MÃE DO RIO)	176,1	272
39	Polyline	151193	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0590	ENTR PA-252 (MÃE DO RIO)	ENTR PA-253(A) (PISÃO DOMINGOS DO CAPIM)	272	299,6
40	Polyline	151194	010	PA	Exo Principal	B	-	010BPA0610	ENTR PA-253(A) (PISÃO DOMINGOS DO CAPIM)	ENTR PA-253(B) (PIRITUIA)	299,6	307,4

Figura 3.2: Tabela de atributos relacionada à malha georreferenciada do DNIT (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2016a)

Existe, inclusive, uma iniciativa de visualização de dados que inclui informações sobre acidentes nas rodovias federais. O VGeo – Visualizador de Informações Geográficas – do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), é um sistema *web* de dados espaciais desenvolvido pelo setor de geotecnologias do órgão direcionado ao público em geral, conforme Figura 3.3.

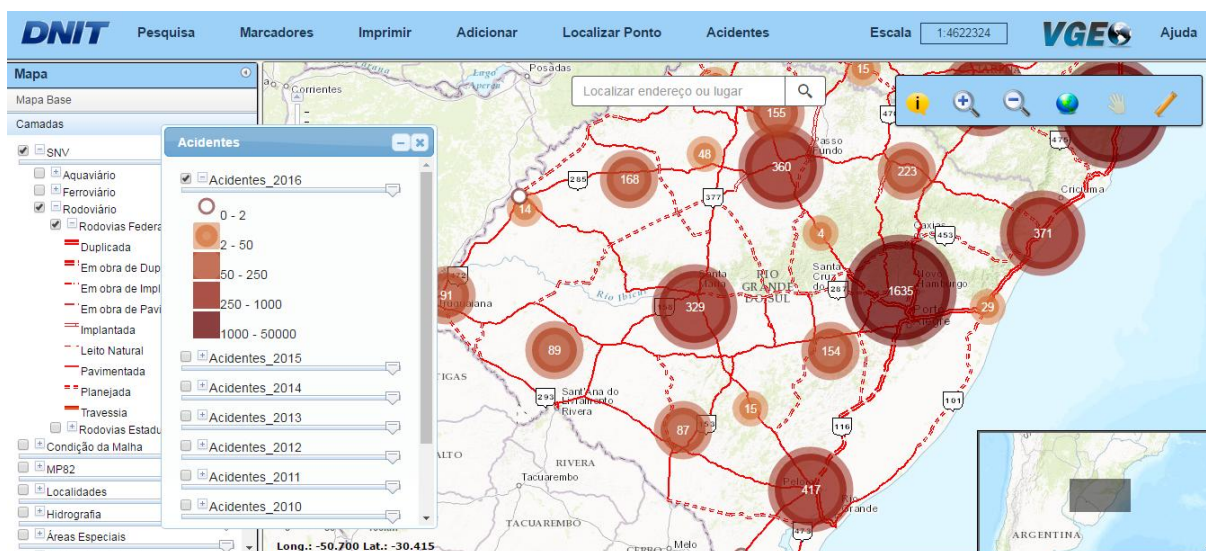


Figura 3.3: Dados de acidentes disponíveis do VGeo (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2016c)

A malha georreferenciada das rodovias federais, previamente citada, foi iniciada no final do ano de 2006, através do contrato firmado entre o DNIT e o Consórcio Engemap/Engefoto, visando à prestação de serviços técnicos especializados para levantamento da malha rodoviária federal por GPS, desenvolvimento e implantação de um sistema de geoprocessamento para sistemas viários, incluindo consulta via *web*, produção de base cartográfica digital e impressão de mapas, conforme consta no Edital 184/2006-00 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2006). Esse trabalho levou dois anos para ser concluído e consistiu no levantamento GPS de aproximadamente 77.000 quilômetros de rodovias pavimentadas, implantadas e em obras de pavimentação em todo o Brasil (ENGEMAP, 2016).

Apesar destes esforços, a construção e manutenção desta base de dados não ocorreu de forma contínua e homogênea, resultando em elementos a serem melhorados como, por exemplo, a inclusão de dados sobre os elementos da infraestrutura da rodovia. O Relatório do *Transportation Research Board* (2004) já alertava para os desafios que limitam a implementação bem-sucedida de uma infraestrutura de informação geoespacial abrangente. Dois desses desafios são a insuficiência de compreensão por parte dos tomadores de decisão, em especial no nível de alocação de recursos, sobre a potencialidade do uso de informações geoespaciais e o custo de tomadas de decisões sem elas; e a inaptidão das organizações em acompanhar o rápido avanço da tecnologia, em assegurar a formação necessária aos

colaboradores para utilizar esta tecnologia de forma eficaz e em modificar seus processos para que de fato exista benefício no uso da tecnologia disponível.

Ferreira e Faria (2012) também ressaltam que a implantação de um SIG deve estar aliada a outros fatores, como a criação de uma rotina de trabalho integrado, baseada em uma determinada organização e hierarquia, e a necessidade de divulgação da plataforma SIG, de modo a estimular o trabalho conjunto e explorar todas as possibilidades oferecidas pela mesma. Neste ponto, os autores afirmam que deve existir, ainda que inicialmente, certo grau de resistência por parte dos usuários em relação à utilização de novas tecnologias. Sendo assim, deve-se dar importância ao treinamento e a capacitação de pessoas para o uso dos novos ambientes corporativos.

O Departamento Estadual de Transportes do Maine – MDOT, após a instituição de uma base de dados vinculado a um SIG, iniciada em 1995, elencou os pontos cruciais no desenvolvimento do projeto (O'PACKI ET AL., 2000):

- a) Ter um forte apoio interno ao projeto;
- b) Existir parceria entre o departamento e a empresa contratada para implantar o sistema, com espírito de abertura que possibilite essa integração;
- c) Reunir a equipe de assessoria correta: que tenha conhecimento das necessidades de dados e informações do departamento e que seus integrantes estejam interessados em serem usuários do novo sistema;
- d) Prever que o sistema seja flexível e extensível: robusto o suficiente para armazenar, organizar e agregar dados de transporte de diferentes sistemas durante períodos prolongados, enquanto suporta consultas complexas;
- e) Manter o sistema o mais simples possível enquanto estiver em desenvolvimento: foco na funcionalidade fundamental;
- f) Proporcionar um sistema fácil de usar, administrar e manter;
- g) Desenvolver um processo iterativo, voltado para negócios;
- h) Usar tecnologias comprovadas sempre que possível;
- i) Introduzir e assegurar confiança no sistema;
- j) Minimizar o impacto nos sistemas precedentes: determinar previamente como lidar com qualquer impacto nos sistemas existentes;
- k) Ficar atento às mudanças no ambiente (por exemplo, conversões de plataforma podem afetar o novo sistema);

- l) Manter em mente que pode ser difícil para alguns usuários explicar aos desenvolvedores o que eles realmente precisam; e
- m) Conduzir reuniões semanais para identificar e resolver os problemas à medida que surgem.

Apesar disso, ainda outras iniciativas de georreferenciamento de dados continuam surgindo dentro do DNIT. No âmbito de atuação da CGPERT – Coordenação Geral de Operações Rodoviárias, por exemplo, existe o SIOR – Sistema de Informações de Operações Rodoviárias, que reúne informações de medidores de velocidade, contadores de tráfego, dados de acidentes, entre outros, porém ainda não de uma maneira totalmente integrada, conforme Figura 3.4.

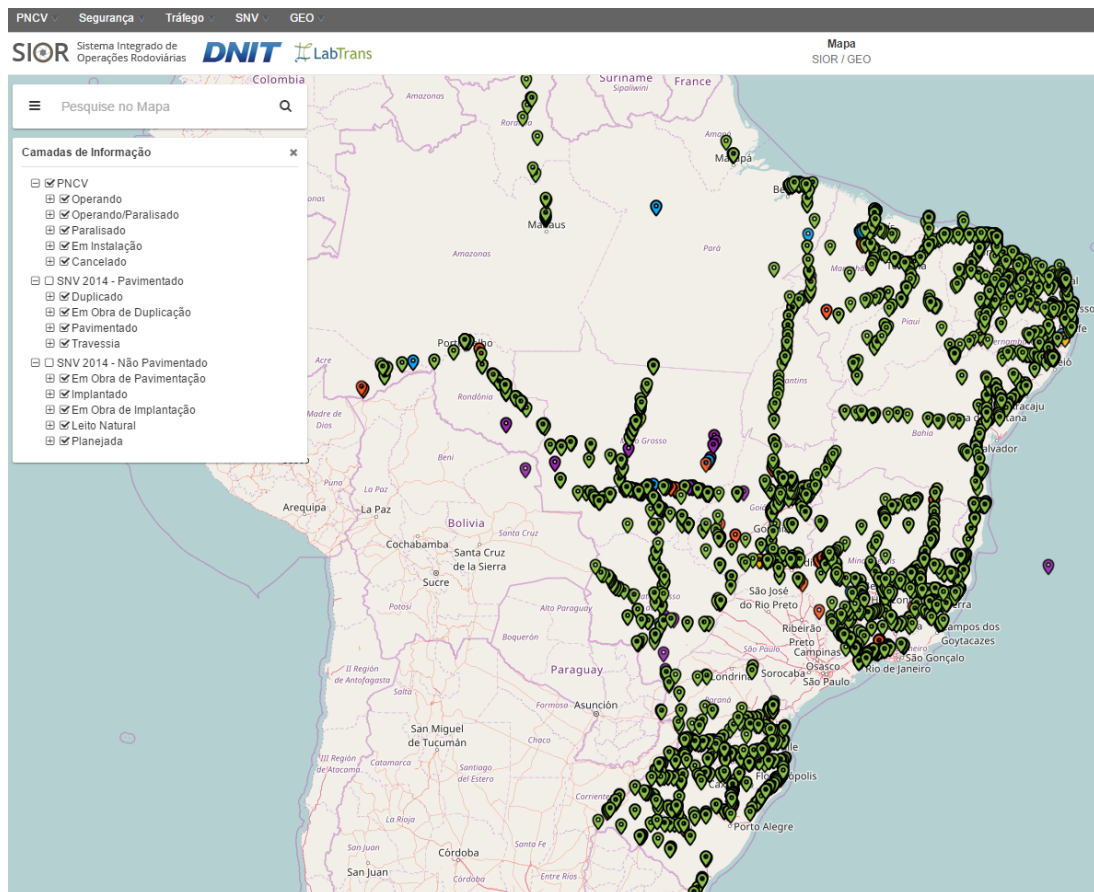


Figura 3.4: Localização dos medidores de velocidade no SIOR (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2016b)

Igualmente no campo de trabalho da GCPERT, existe o Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR-Legal com o objetivo de proporcionar a elaboração de projeto básico e executivo de engenharia e execução dos serviços técnicos de aplicação e manutenção

de dispositivos de segurança e de sinalização rodoviária em praticamente toda a malha federal, através de contratos firmados com diferentes empresas. Este Programa é dividido em cinco fases, basicamente:

- a) Pré-análise do trecho;
- b) Identificação da classe homogênea e análise do trecho;
- c) Contagem de tráfego e consolidação dos dados;
- d) Dimensionamentos e;
- e) Confecção do projeto.

Trata-se de um Programa de magnitude grandiosa, possibilitando a identificação e localização de vários elementos das rodovias e dados de tráfego, e planejamento da sinalização. Inclui, ainda, após concluída a fase de projeto, a execução e manutenção da sinalização horizontal, vertical e dos dispositivos de segurança, o que amplifica ainda mais a amplitude de atuação do Programa.

Para uma melhor compreensão da significância do Programa BR-Legal, os relatórios a serem apresentados deveriam conter, dentre outras informações, a divisão dos segmentos rodoviários classificando-os pelo tipo de pista, pela utilização do solo lindeiro e pela inclinação da rampa máxima do segmento; deveriam ser apresentados dados da largura da pista e do acostamento, tipo de curva horizontal, tipo de pavimento, condições da área de escape, identificação de paradas de coletivos, postos de serviços, postos de fiscalização, acessos, retornos, escolas e etc. Também incluía a apresentação do levantamento da sinalização existente, bem como a identificação de pontes, viadutos, passarelas e túneis.

Juntamente aos dados relativos à infraestrutura da rodovia, era previsto também a definição do Volume Diário Médio Anual – VDMA, dos diferentes segmentos homogêneos, através de contagens volumétricas e classificatórias automatizadas de sete dias ininterruptos. Assim, de posse de todos estes dados, o dimensionamento da sinalização e dos dispositivos de segurança poderia ser elaborado.

Além da apresentação do projeto em planta, deveriam também ser apresentadas tabelas das soluções elaboradas para os segmentos. Essas tabelas consistiam na forma de apresentação não só do projeto, mas também dos dados do inventário, como mostra o Quadro 3.1. O Guia Prático do Programa BR-Legal (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA



DE TRANSPORTES, 2015) contém modelos de configuração destas tabelas, conforme Figura 3.5.

Dados	Inventário	Projeto
<b>Características do segmento rodoviário</b>	Segmento (km), tipo de pista, classe, relevo, VDMA, velocidade regulamentada, largura de pista, tipo de pavimento, classe macrotextura do pavimento, largura dos acostamentos, desnível faixa/acostamento	-
<b>Inscrições no pavimento</b>	Descrição, coordenadas e km, retrorrefletância, área	Descrição, coordenadas e km, material, espessura, área
<b>Sinalização vertical</b>	Descrição, coordenadas e km, retrorrefletância, tipo de suporte e quantidade, tipo de substrato, tipo de película	Descrição, coordenadas e km, tipo de suporte e quantidade, tipo de substrato, tipo de película, área
<b>Tachas e tachões</b>	Descrição, segmento (coordenadas e km), extensão, condição, cadência	Descrição, segmento (coordenadas e km), extensão, cadência
<b>Sinalização horizontal</b>	Descrição, largura, segmento (coordenadas e km), cadência, retrorrefletância, extensão, área	Descrição, largura, segmento (coordenadas e km), cadência, material, espessura, extensão, área
<b>Defensas</b>	Segmento (coordenadas e km), função, classificação da área de escape, número de lâminas, lado, condição (lâmina, elementos de fixação, terminal) tipo de terminal, curva ou reta, raio da curva, classificação do talude, distância da face da defesa ao obstáculo, distância do bordo à face da defesa, solução (manter, recuperar...)	Segmento (coordenadas e km), função, classificação da área de escape, número de lâminas, lado, tipo de terminal, curva ou reta, raio da curva, classificação do talude, distância da face da defesa ao obstáculo, distância do bordo à face da defesa, execução pelo BR-Legal ou não
<b>Curvas</b>	Segmento (coordenadas e km), raio, ângulo central, classificação, lado	Necessidade de defesa, delineadores (cadência), tipo de sinalização (horizontal e vertical)
<b>Obras de Arte Especiais</b>	Coordenadas e km (início), extensão, largura da plataforma, largura e altura do passeio, tipo de guarda corpo, existência ou não de defesa	-
<b>Pórticos e semi-pórticos</b>	Descrição, coordenadas e km, vão horizontal, altura livre, existência de defesa, solução (manter, remover...)	Descrição, coordenadas e km, vão horizontal, altura livre, defesa
<b>Faixa de domínio</b>	Coordenadas e km, tipo, existência de defesa	Solução (remover...)
<b>Interseções</b>	Descrição, segmento (coordenadas e km), velocidade regulamentar, classificação	Soluções adotadas (sinalização...)

Quadro 3.1: Principais dados solicitados pelo Programa BR-Legal

Rodovia:		(*) Informar aqui quando se tratar de via marginal. Será criada outra planilha com essas informações						
Trecho:		(**) Mês/Ano do levantamento						
Sub-Trecho:								
Figura	Código	Descrição	Localização			Prancha	Retrorefletância (mcd/lux . m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )
			Coordenadas geográficas		km			
			Latitude	Longitude				
		Legenda "ESCOLA"	-44,54138413	-4,51431343	105,48			0,254
		Legenda "PARE"	-44,54138413	-4,51431343	105,48			6,483
	IMC	Seta Indicativa de movimento em Curva						7,539
	MOF	Seta Indicativa de Mudança Obrigatória de Faixa						30,883

Figura 3.5: Modelo de apresentação de tabela indicada no Guia Prático (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2015)

Da análise do Quadro 3.1, nota-se que, para possibilitar o desenvolvimento do Programa, eram necessárias várias informações referentes ao projeto geométrico das rodovias implantadas. De fato, uma das primeiras fases do Programa consistia na identificação de elementos do projeto da rodovia e referia-se, em específico, à identificação de todos os elementos do Projeto Geométrico relacionados ao trecho rodoviário em estudo. Ainda, segundo as Especificações Técnicas Programa BR-Legal (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2011), na ausência de qualquer tipo de informação existente que permitisse uma visualização em planta do projeto, o segmento deveria ser feito por meios de levantamentos de coordenadas geográficas através de um sistema de posicionamento georreferenciado (GPS) com precisão de cinco metros.

Assim, uma vez que muitos dos projetos das rodovias não estavam disponíveis em meio digital e, ainda, era necessário verificar as condições atuais dos trechos, já modificados por outras intervenções, a maioria das empresas participantes do BR-Legal optaram pela utilização da tecnologia de veículo de coleta de dados provido de vídeo registro com sistema de posicionamento georreferenciado para a determinação das coordenadas horizontais e vertical e identificação das características geométricas do segmento. Desta forma, praticamente toda a malha rodoviária federal brasileira foi georreferenciada.

Salienta-se, no entrando, que o objetivo principal do Programa BR-Legal não era o de atualizar os dados inicialmente obtidos em 2006, empreendidos pela CGPLAN e mantidos pelo DNITGeo, e sim fornecer subsídios para o desenvolvimento de projetos de sinalização e

segurança rodoviária. Contudo, uma vez que os levantamentos foram executados, pode-se usufruir destes dados não só para o objetivo do Programa, mas também para contribuir com diversas outras análises de segurança viária e de gestão que estas informações são capazes de proporcionar.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa empregado nas informações do Programa BR-Legal, bem como particularidades referentes aos dados que originaram o trabalho desenvolvido.

### 4.1 ORIGEM DOS DADOS

No Rio Grande do Sul, do total de 5.750 quilômetros de rodovias pavimentadas componentes da malha rodoviária federal (BRASIL, 2011), 5.100 quilômetros (89%) foram contemplados pelo Programa BR-Legal. As licitações para a contratação das empresas em âmbito nacional iniciaram em 2013 e, através dos Editais 334/2013-00, 337/2013-00 e 338/2013-00, as rodovias do Rio Grande do Sul foram incluídas no Programa totalizando dez lotes de aproximadamente 500 quilômetros cada.

Os dados utilizados neste trabalho referem-se à parcela norte da BR-116/RS, nos municípios de Vacaria/RS e Campestre da Serra/RS, iniciando no quilômetro zero, divisa do estado com Santa Catarina, e terminando no entroncamento com a RS-437, totalizando 79,5 quilômetros. Este segmento pertence ao Lote 65 do Programa BR-Legal, que ainda incluía parte das rodovias BR-101/RS e BR-285/RS.

As coordenadas X e Y e Z, referentes ao alinhamento do segmento rodoviário foram obtidas através de um sistema de posicionamento georreferenciado (GPS – *Global Positioning System*) com precisão sub-métrica. O levantamento empregou o sistema YonaPMS.Video, que utiliza uma tecnologia que combina vídeo digital de alta resolução com SIG (BOTNER E HOFFMAN, 2011).

O receptor GPS utilizado foi o modelo Trimble BX982 GNSS (TRIMBLE, 2016) que incorpora antenas de qualidade superior aos receptores comerciais, além de implementar correções diferenciais que melhoram a precisão do sistema. O receptor GPS registra a

localização do veículo como uma função do tempo, que permite o georreferenciamento com precisão de três metros funcionais. Ainda, o sistema conta com um sensor de movimento inercial, modelo Inertial+ da OxTS, composto de três sensores de velocidade angular (giroscópios), que possibilitam a medição de inclinações e curvas, e três acelerômetros, proporcionando um aumento na precisão das coordenadas GPS e prevenindo a falha de sinal em zonas como túneis ou sob pontes (OXFORD TECHNICAL SOLUTIONS, 2016). O veículo também contava com um Instrumento de Medição de Distância (DMI), conectado ao sistema de rodas, para registrar com precisão de 0,8m a distância percorrida.

O trajeto foi executado nos dois sentidos da rodovia no mês de maio de 2014. O veículo utilizado, Figura 4.1, era equipado com três câmeras coloridas frontais cobrindo 140°. A equipe de operação do levantamento era composta de um motorista e um técnico de processamento de dados que comandava os equipamentos de medição e as câmeras a partir da estação de trabalho localizada na parte central do veículo.

Os dados resultantes desse levantamento subsidiaram o desenvolvimento do Projeto Executivo elaborado pelo consórcio Sinarodo/STE, referente ao Contrato TT-033/2014, em atendimento às diretrizes do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, finalizado no ano de 2015.



Figura 4.1: Veículo utilizado para captação de dados da rodovia<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Informações obtidas através do relatório técnico do **Projeto Executivo** executado pelo consórcio Sinarodo/STE referente ao Contrato TT-033/2014 no âmbito do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, no ano de 2015.

## 4.2 OBTENÇÃO DE ELEMENTOS PLANI-ALTIMÉTRICOS

O método utilizado para a transformação dos dados do GPS em elementos plani-altimétricos da rodovia seguiu o método já aplicado em GARCIA (2008), particularizado às necessidades do formato dos dados de origem desta pesquisa. Foi utilizada a plataforma SAEPRO – Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários (GARCIA ET AL., 2014) devido às funcionalidades de *software* de CAD (*Computer Aided Design*) aliadas às personalizações já existentes dos comandos no programa que se enquadram ao objetivo deste trabalho.

O trabalho consistiu, primeiramente, na importação das coordenadas X, Y e Z do GPS para o SAEPRO em formato de texto que formaram uma base de pontos. Como o levantamento em campo resultou em dados tanto da faixa da direita como da faixa da esquerda, foi necessário, primeiramente, construir uma linha de pontos única, referente ao eixo da rodovia, ligando os pontos médios dos registros referentes aos dois sentidos de tráfego através da criação de uma superfície tridimensional.

Após, nas intertangententes do trajeto, foi utilizado o comando *regretion* que, através da análise de mínimos quadrados, traça uma linha reta entre os pontos. Ressalta-se que em ambas as etapas, a inserção ou exclusão de um ou mais pontos na análise é necessária para identificar a correta orientação do alinhamento, porém isso não é considerado um fator de interferência no resultado.

São determinadas, então, as curvas circulares através do comando *fillet*, programado no SAEPRO para ajustar um arco circular a partir de dois alinhamentos concorrentes (intertangententes), e a distância do afastamento entre o arco e o ponto de interseção das tangentes (BD na Figura 4.2). A escolha do afastamento (BD) é determinada visualmente, procurando-se ajustar um arco sobre os pontos georreferenciados. Todos os outros elementos da curva são calculados automaticamente após essa definição. Salienta-se que, através deste método, não é possível a identificação de curvas do tipo composta, somente circulares simples, sem trechos de transição.

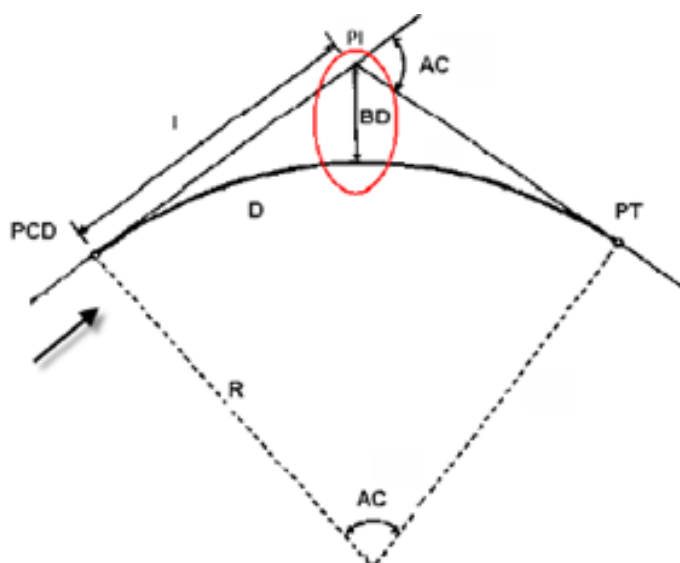


Figura 4.2: Elementos geométricos de uma curva circular simples (GARCIA, 2008)

Foi feita ainda uma compatibilização dos dados obtidos desse processo, em relação à extensão do alinhamento, com os dados do Sistema Nacional Viação – SNV (BRASIL, 2011) considerando a sua atualização de julho de 2016. Assim, o comprimento do alinhamento era ajustado, a cada código do SNV, para que os valores fossem semelhantes. Deve-se observar que o sentido do crescimento da quilometragem da rodovia é também considerado no método.

Nesse aspecto é importante ressaltar que não existe definição física, como, por exemplo, um marco topográfico, que indique a localização exata de alteração de um código do SNV para outro. Assim, a posição estabelecida para o início e fim do segmento indicado no SNV foi feita visualmente, considerando, sempre que possível, um ponto central de um entroncamento da rodovia federal com outra via.

Após a construção do alinhamento planimétrico, passou-se a obtenção dos elementos altimétricos. Lança-se o greide do projeto, de forma semi-automática, baseado no perfil do alinhamento planimétrico gerado. As inclinações são definidas de forma visual e nas curvas verticais usa-se a parábola como forma de concordância com os pontos georreferenciados, através da definição de flecha (“e”, na Figura 4.3). Nesse processo, foi respeitada uma diferença entre o perfil do alinhamento formado pelo levantamento de campo e o greide lançado de, no máximo, vinte centímetros de diferença.

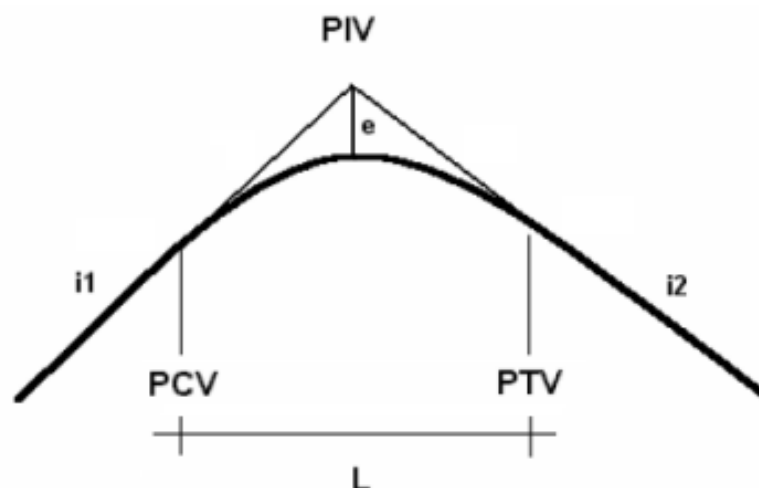


Figura 4.3: Elementos geométricos de uma parábola (GARCIA, 2008)

Os objetos gerados por este processo (alinhamento horizontal e vertical) passam a possuir propriedades geométricas como raios, ângulo interno e inclinações, além de cada ponto estar ligado à uma referência quilométrica (ou por estacas) e podem ser exportados para arquivos em formato de planilha para melhor manipulação dos dados. O SIG, então, é abastecido com vários pontos, cada qual possuindo informações sobre o valor da estaca a que se refere (ou quilômetro), inclinação, coordenadas X, Y e Z, raio (se reta, o raio possui valor zero), etc.

### 4.3 INCORPORAÇÃO DE DADOS DA RODOVIA

Além da geração dos elementos planialtimétricos do eixo da rodovia, outros dados ainda foram incorporados ao SIG. Como relatado no Capítulo 4 e mostrado, em específico, no Quadro 3.1, várias outras informações foram coletadas pelo Programa BR-Legal. Estas informações foram apresentadas em forma de tabelas, conforme Figura 3.5, já exibida, muitas delas identificadas com coordenadas geográficas.

### 4.4 INCORPORAÇÃO DE DADOS DE ACIDENTES

Afora os dados provenientes do Programa BR-Legal, foram ainda utilizadas informações sobre as ocorrências de acidentes trânsito, disponibilizadas pela Polícia Rodoviária Federal – PRF (DEPARTAMENTO DE POLICIA RODOVIÁRIA FEDERAL, 2016). A identificação de local do acidente, realizada pela PRF é feita com referência aos quilômetros da rodovia e o



sentido da mesma, crescente ou decrescente, e sua precisão é de 100 metros, conforme Figura 4.4.

id	data_inver	dia_semana	horario	uf	br	km	município	causa_acid	tipo_acide
176671	01/07/2007	Domingo	18:00:00	RS	116	6,2	VACARIA	Dormindo	Saída de Pista
178869	01/11/2007	Quinta	13:15:00	RS	116	22	VACARIA	Falta de atenção	Colisão com objeto fixo
178956	13/01/2007	Sábado	00:05:00	RS	116	31,3	VACARIA	Ingestão de álcool	Colisão frontal
181191	19/01/2007	Sexta	11:00:00	RS	116	10,7	VACARIA	Velocidade incompatível	Saída de Pista
182060	21/01/2007	Domingo	22:20:00	RS	116	26,2	VACARIA	Ingestão de álcool	Saída de Pista
182391	22/01/2007	Segunda	04:00:00	RS	116	1,2	VACARIA	Defeito mecânico em veículo	Tombamento
189132	02/08/2007	Quinta	00:15:00	RS	116	25,5	VACARIA	Ingestão de álcool	Colisão traseira
189574	02/07/2007	Quarta	21:30:00	RS	116	26,1	VACARIA	Falta de atenção	Colisão lateral
202386	03/12/2007	Segunda	18:55:00	RS	116	37	VACARIA	Não guardar distância de segurança	Colisão traseira
202915	14/03/2007	Quarta	06:35:00	RS	116	0	VACARIA	Velocidade incompatível	Tombamento
206877	22/03/2007	Quinta	15:50:00	RS	116	5,3	VACARIA	Defeito mecânico em veículo	Colisão com objeto móvel
207299	24/03/2007	Sábado	19:25:00	RS	116	26,1	VACARIA	Ingestão de álcool	Colisão com objeto fixo
211695	13/02/2007	Terça	09:00:00	RS	116	7,5	VACARIA	Desobediência à sinalização	Colisão Transversal
212018	04/05/2007	Quinta	21:00:00	RS	116	30,9	VACARIA	Velocidade incompatível	Saída de Pista
213652	04/08/2007	Domingo	15:20:00	RS	116	6,7	VACARIA	Não guardar distância de segurança	Colisão traseira
213746	04/08/2007	Domingo	18:00:00	RS	116	21,4	VACARIA	Não guardar distância de segurança	Colisão traseira
213797	04/08/2007	Domingo	15:30:00	RS	116	6,7	VACARIA	Não guardar distância de segurança	Colisão traseira
215061	13/04/2007	Sexta	05:05:00	RS	116	2,3	VACARIA	Animais na Pista	Atropelamento de animal
215646	14/04/2007	Sábado	15:55:00	RS	116	0	VACARIA	Velocidade incompatível	Tombamento
218644	21/04/2007	Sábado	22:15:00	RS	116	14,2	VACARIA	Defeito mecânico em veículo	Danos Eventuais
219298	22/04/2007	Domingo	18:20:00	RS	116	8,7	VACARIA	Falta de atenção	Colisão lateral
222059	30/04/2007	Segunda	10:45:00	RS	116	35,9	VACARIA	Dormindo	Colisão traseira
224708	05/08/2007	Terça	06:55:00	RS	116	32,9	VACARIA	Falta de atenção	Colisão Transversal
228937	17/05/2007	Quinta	11:50:00	RS	116	31,3	VACARIA	Outras	Queda de motocicleta / bicicleta / veículo
233589	28/05/2007	Segunda	02:15:00	RS	116	6,2	VACARIA	Falta de atenção	Saída de Pista
237208	06/04/2007	Segunda	16:50:00	RS	116	34,6	VACARIA	Velocidade incompatível	Saída de Pista
247702	07/01/2007	Domingo	16:25:00	RS	116	36,9	VACARIA	Não guardar distância de segurança	Colisão traseira
250802	07/08/2007	Domingo	04:45:00	RS	116	2,9	VACARIA	Velocidade incompatível	Capotamento
256212	22/07/2007	Domingo	09:20:00	RS	116	0	VACARIA	Velocidade incompatível	Tombamento
258154	26/07/2007	Quinta	17:15:00	RS	116	33	VACARIA	Velocidade incompatível	Saída de Pista
259527	29/07/2007	Domingo	22:50:00	RS	116	1,4	VACARIA	Velocidade incompatível	Saída de Pista
261753	08/03/2007	Sexta	21:00:00	RS	116	0,1	VACARIA	Velocidade incompatível	Tombamento
264514	08/10/2007	Sexta	16:05:00	RS	116	36,9	VACARIA	Falta de atenção	Colisão Transversal

Figura 4.4: Detalhe da planilha de dados de acidentes disponibilizada pela PRF (DEPARTAMENTO DE POLICIA RODOVIÁRIA FEDERAL, 2016)

Assim, devido ao processo explicado no item 4.2, que fez com que os pontos da rodovia passassem a possuir também um identificador de referência quilométrica (ou por estacas), a correlação entre os dados da PRF e os dados do eixo da rodovia tornou-se possível. Os acidentes, que antes possuíam apenas a informação de quilometragem puderam ser associados às coordenadas e também a todas as outras propriedades geométricas ligadas ao eixo.

Os registros da PRF utilizados cobrem nove anos de ocorrência de acidentes nas rodovias federais (2007-2016) e contêm dados como: data, hora, fase do dia, sentido, traçado da via, uso do solo, município, tipo de acidente, causa do acidente, quantidade de ocorrências, número de feridos, número de mortos, quantidade de veículos, quantidade de pessoas. Por serem dados compilados em uma planilha única, a inclusão destes elementos mostrou-se mais simples.

## 5 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS DO BR-LEGAL ATRAVÉS DE SIG

Foi escolhida para a aplicação do método proposto a rodovia BR-116/RS por ser uma das mais importantes para o Rio Grande do Sul, possuindo, aproximadamente, 660 quilômetros de extensão e cruzando as principais cidades do estado: Caxias do Sul, Porto Alegre e Pelotas.

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO EM ESTUDO

O segmento da rodovia BR-116/RS estudado nesta pesquisa passa pelos municípios de Vacaria/RS e Campestre da Serra/RS, iniciando no quilômetro zero, divisa do estado do Rio Grande do Sul com Santa Catarina, e terminando no entroncamento com a RS-437, totalizando 79,5 quilômetros, conforme Figura 5.1.

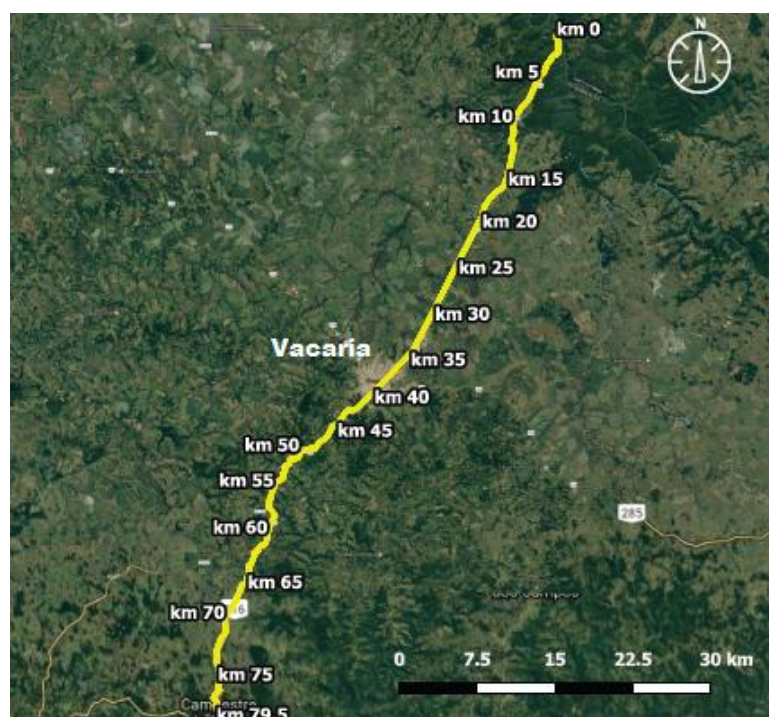


Figura 5.1: Segmento de 79,5 quilômetros da rodovia BR-116/RS alvo do estudo da pesquisa

As figuras a seguir, Figura 5.2 e Figura 5.3, são imagens das proximidades do km 37, localizado no perímetro urbano da cidade de Vacaria/RS e do km 5, próximo à divisa do estado do Rio Grande do Sul com Santa Catarina. Essas imagens foram coletadas no levantamento realizado no âmbito do Programa BR-Legal, Lote 65, no mês de maio de 2014.



Figura 5.2: Imagem da rodovia BR-116/RS no perímetro urbano de Vacaria/RS<sup>3</sup>



Figura 5.3: Imagem da rodovia BR-116/RS próximo a divisa entre estados RS/SC<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Informações obtidas através do relatório técnico do **Projeto Executivo** executado pelo consórcio Sinarodo/STE referente ao Contrato TT-033/2014 no âmbito do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, no ano de 2015.

Geograficamente, o segmento estudado está totalmente inserido dentro da grande região morfológica do Planalto-Norte-Rio-Grandense com altitudes superiores a 1.000 metros (PERCILIA, 2016). O trecho de rodovia pode ser dividido em duas condições principais, conforme classificação do Programa BR-Legal: predominantemente montanhosa (rampa máxima  $> 4,5\%$ ) no início do segmento e no final do segmento; e predominantemente plana (rampa máxima  $\leq 3\%$ ) na região entre o km 5 e o km 41, conforme Figura 5.4.



Figura 5.4: Subdivisão do segmento a partir da inclinação da rampa máxima.

Geometricamente, o segmento de rodovia é de pista simples classe IB e engloba quatro códigos do SNV, conforme o Quadro 5.1. O Volume Diário Médio anual – VDMA, segundo contagens de tráfego volumétricas-classificatórias realizadas no quilômetro 36 da rodovia através do Programa BR-Legal, é de 6.231 veículos. Estas contagens de tráfego tiveram duração de 24 horas durante 7 dias e foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2014.

<sup>4</sup> Informações obtidas através do relatório técnico do **Projeto Executivo** executado pelo consórcio Sinarodo/STE referente ao Contrato TT-033/2014 no âmbito do Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, no ano de 2015.

Código SNV	Local de Início	Local de Fim	km inicial	km final	Extensão (km)
116BRS3010	DIV SC/RS (FIM PONTE S/RIO PELOTAS)	ENTR BR-285(A) (P/VACARIA)	0,0	37,3	37,3
116BRS3020	ENTR BR-285(A) (P/VACARIA)	ENTR BR-285(B) (VACARIA)	37,3	38,5	1,2
116BRS3030	ENTR BR-285(B) (VACARIA)	ENTR RS-122 (P/IPE)	38,5	57,4	18,9
116BRS3050	ENTR RS-122 (P/ IPE)	ENTR RS-437 (CAMPESTRE DA SERRA)	57,4	79,5	22,1

Quadro 5.1: Identificação do segmento estudado no SNV (BRASIL, 2011)

## 5.2 RESULTADOS

Para a obtenção dos dados plani-altimétricos da rodovia aplicou-se o método descrito no item 4.2 deste trabalho. Esse procedimento proporcionou a apropriação de referencial quilométrico (ou estacas) e de dados como a inclinação e o raio de curvas aos pontos georreferenciados. A sequência de figuras, Figura 5.5, Figura 5.6, Figura 5.7 e Figura 5.8, mostra as etapas de construção dos alinhamentos e, no final, como resultado, a planilha com parte dos dados geométricos do eixo da rodovia e algumas das informações atreladas à um ponto selecionado do alinhamento.

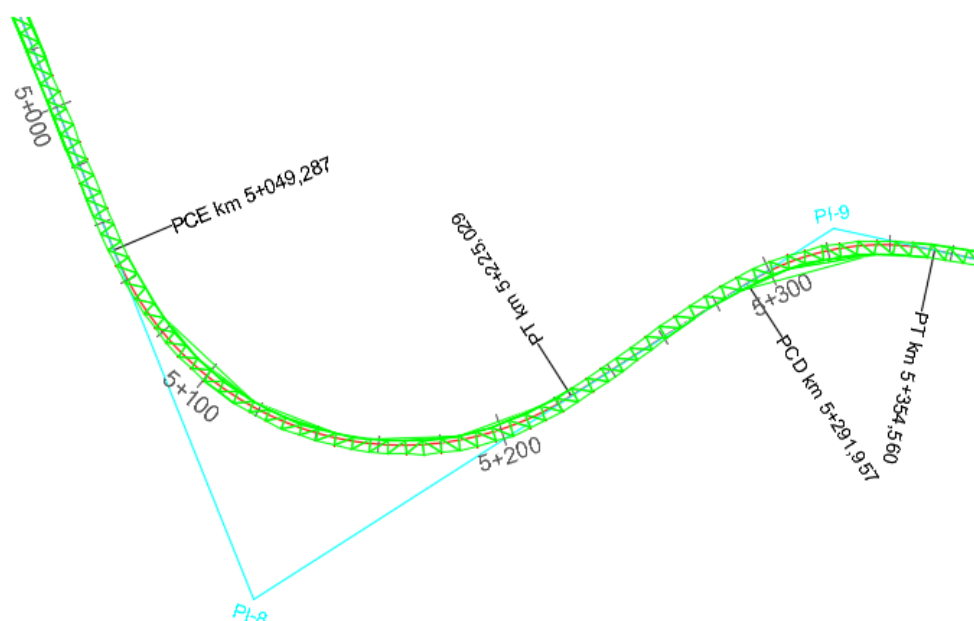


Figura 5.5: Detalhe da obtenção dos elementos da planimetria

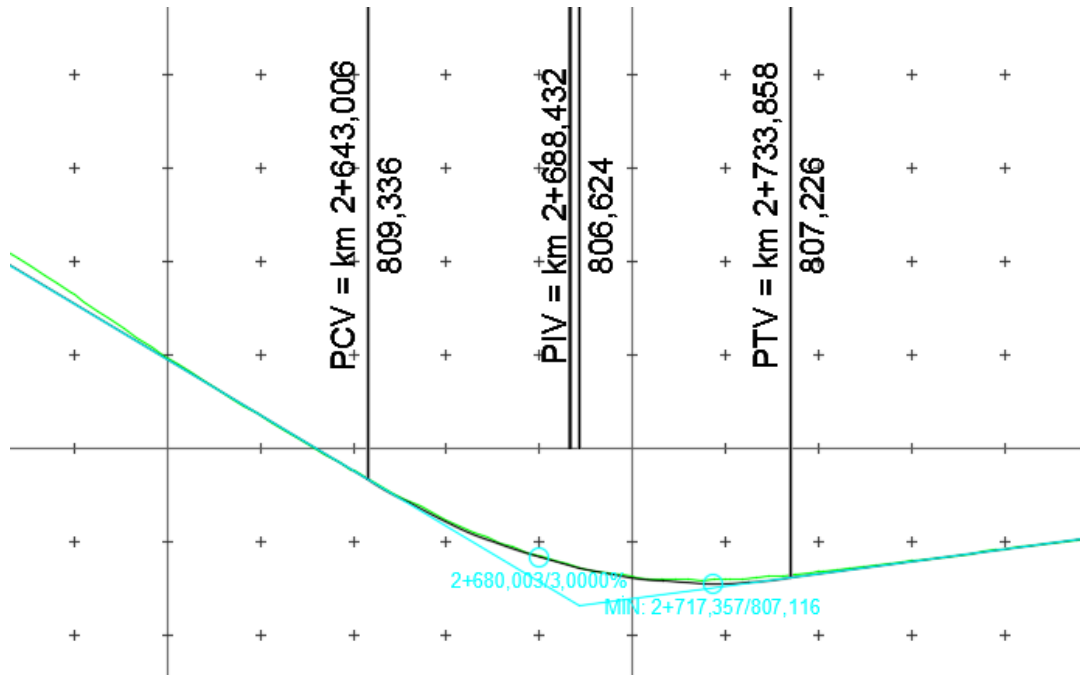


Figura 5.6: Detalhe da obtenção dos elementos altimétricos

	km	TIPO	X	Y	Z	LATITUDE	LONGITUDE	AZ	R (m)	I (%)
0	0+000,000	N.L.L.	523605.8573999...	6879503.855999...	669.1140000000...	28°12'36,23" S	50°45'34,01" O	211.8666666999...	N.L.L.	-0.420000000000...
1	0+000,000	PI-PP	523605.8573999...	6879503.855999...	669.1140000000...	28°12'36,23" S	50°45'34,01" O	211.8666666999...	N.L.L.	-0.420000000000...
2	0+000,000	PIV-PP	523605.8573999...	6879503.855999...	669.1140000000...	28°12'36,23" S	50°45'34,01" O	211.8666666999...	N.L.L.	-0.420000000000...
3	0+005,430	PCV-1	523602.9900999...	6879499.245000...	669.0914000000...	28°12'36,38" S	50°45'34,11" O	211.8666666999...	N.L.L.	-0.420000000000...
4	0+020,000	N.L.L.	523595.2966000...	6879486.872000...	669.0848999999...	28°12'36,79" S	50°45'34,39" O	211.8666666999...	N.L.L.	0.330000000000...
5	0+040,000	N.L.L.	523584.7359000...	6879469.888000...	669.2518000000...	28°12'37,34" S	50°45'34,78" O	211.8666666999...	N.L.L.	1.340000000000...
6	0+051,991	PCE-1	523578.4040999...	6879459.703999...	669.4494999999...	28°12'37,67" S	50°45'35,01" O	211.8666666999...	N.L.L.	1.950000000000...
7	0+060,000	N.L.L.	523574.4050999...	6879452.766999...	669.6222000000...	28°12'37,90" S	50°45'35,16" O	208.0333333000...	120	2.360000000000...
8	0+080,000	N.L.L.	523566.5116000...	6879434.416000...	670.1961999999...	28°12'38,49" S	50°45'35,45" O	198.4833332999...	120	3.380000000000...
9	0+100,000	N.L.L.	523561.7717999...	6879415.008999...	670.9737999999...	28°12'39,12" S	50°45'35,62" O	188.9499999999...	120	4.400000000000...
10	0+120,000	N.L.L.	523560.3171999...	6879395.086000...	671.9548999999...	28°12'39,77" S	50°45'35,67" O	179.4000000000...	120	5.410000000000...
11	0+125,430	PTV-1	523560.4968000...	6879389.658999...	672.2563999999...	28°12'39,95" S	50°45'35,66" O	176.8000000000...	120	5.690000000000...
12	0+140,000	N.L.L.	523562.1880000...	6879375.196999...	673.0855000000...	28°12'40,42" S	50°45'35,60" O	169.8499999999...	120	5.690000000000...
13	0+160,000	N.L.L.	523567.3324000...	6879355.893000...	674.2236000000...	28°12'41,05" S	50°45'35,41" O	160.3000000000...	120	5.690000000000...
14	0+180,000	N.L.L.	523575.6077999...	6879337.711000...	675.3617000000...	28°12'41,64" S	50°45'35,10" O	150.7500000000...	120	5.690000000000...
15	0+193,315	PT-1	523582.7435999...	6879326.478000...	676.1194000000...	28°12'42,00" S	50°45'34,84" O	144.3833333000...	N.L.L.	5.690000000000...

Figura 5.7: Planilha com dados geométricos do eixo resultado da aplicação do método

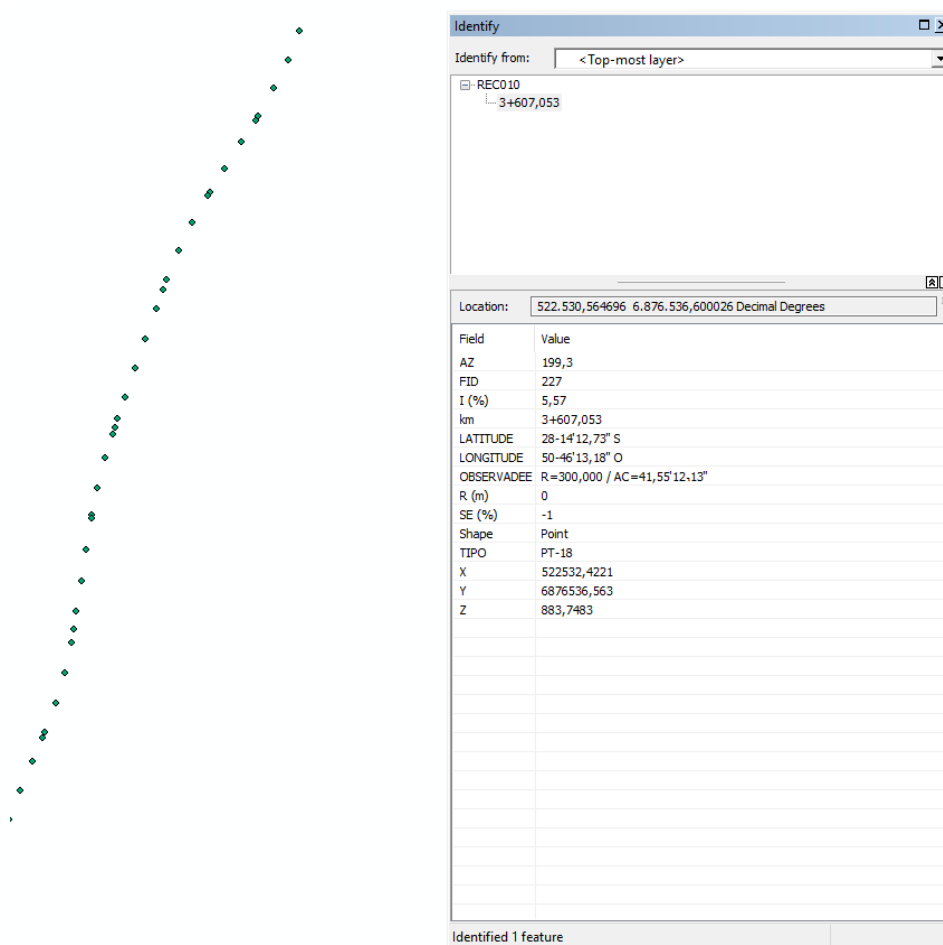


Figura 5.8: Informações básicas atreladas à um ponto importado para o SIG

Sendo essa uma das etapas mais significativas do trabalho, deve-se salientar que apesar de as Especificações Técnicas Programa BR-Legal (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2011) citarem que, na ausência de qualquer tipo de informação existente que permitisse uma visualização em planta do projeto, o segmento deveria ser feito por meios de levantamentos de coordenadas geográficas através de um sistema de posicionamento georreferenciado, não existia de forma explícita a necessidade ou mesmo a indicação da forma de apresentação desses dados. Ou seja, essas informações eram necessárias para a elaboração do trabalho, porém a exigência de apresentação ou sua forma de apresentação não constam nos documentos que regem o andamento do Programa.

Sendo assim, para o desenvolvimento desta pesquisa foi solicitado ao consórcio detentor do contrato a disponibilização dos dados de coordenadas do levantamento de forma bruta e em formato editável. Esse documento consistia em uma planilha com os registros X, Y e Z do percurso feito pelo veículo utilizado na captação dos dados.

Como resultado foi possível aproximar os valores das propriedades geométricas do alinhamento como raios circulares e ângulo central no plano, concavidades no perfil, seus pontos de início e fim e da inclinação da pista. O produto gerado é uma planilha eletrônica com tais dados que pôde ser importada com facilidade para um programa SIG.

A Figura 5.9 é o resultado da apropriação de propriedades geométrica aos pontos do levantamento. Nela pode-se ver um mapa temático com a localização das curvas classificadas como “curvas” e “curvas acentuadas” de acordo com o raio, ângulo central e velocidade do segmento.

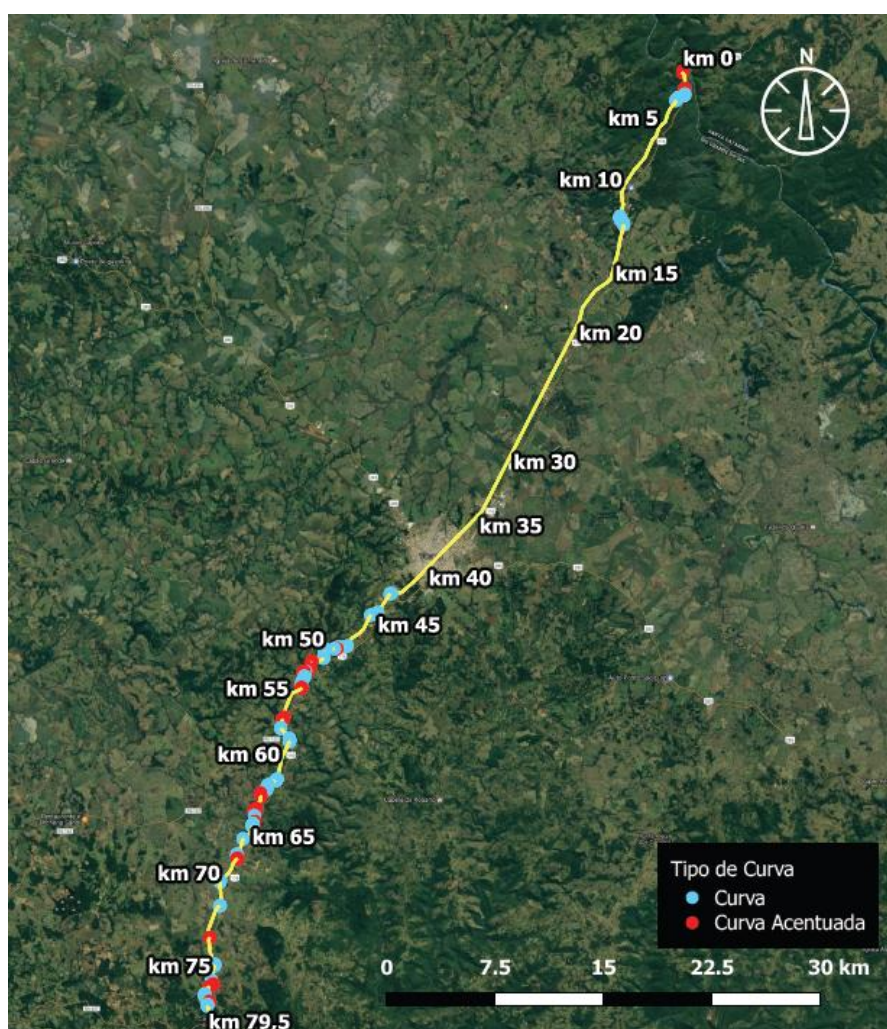


Figura 5.9: Tipo de curvas identificadas no segmento em estudo

Ainda, provenientes das planilhas do relatório do Projeto BR-Legal, foram incorporados dados de tráfego (VDMa), que se mantinham constantes em todo o segmento estudado, da localização das defensas, como mostra-se na Figura 5.10, e da velocidade regulamentada.



Esses dados foram selecionados levando-se em consideração o tempo para o desenvolvimento desta pesquisa. Nesse sentido, cabe ressaltar que alguns dados eram facilmente incorporados ao SIG enquanto outros apresentavam maiores dificuldades.

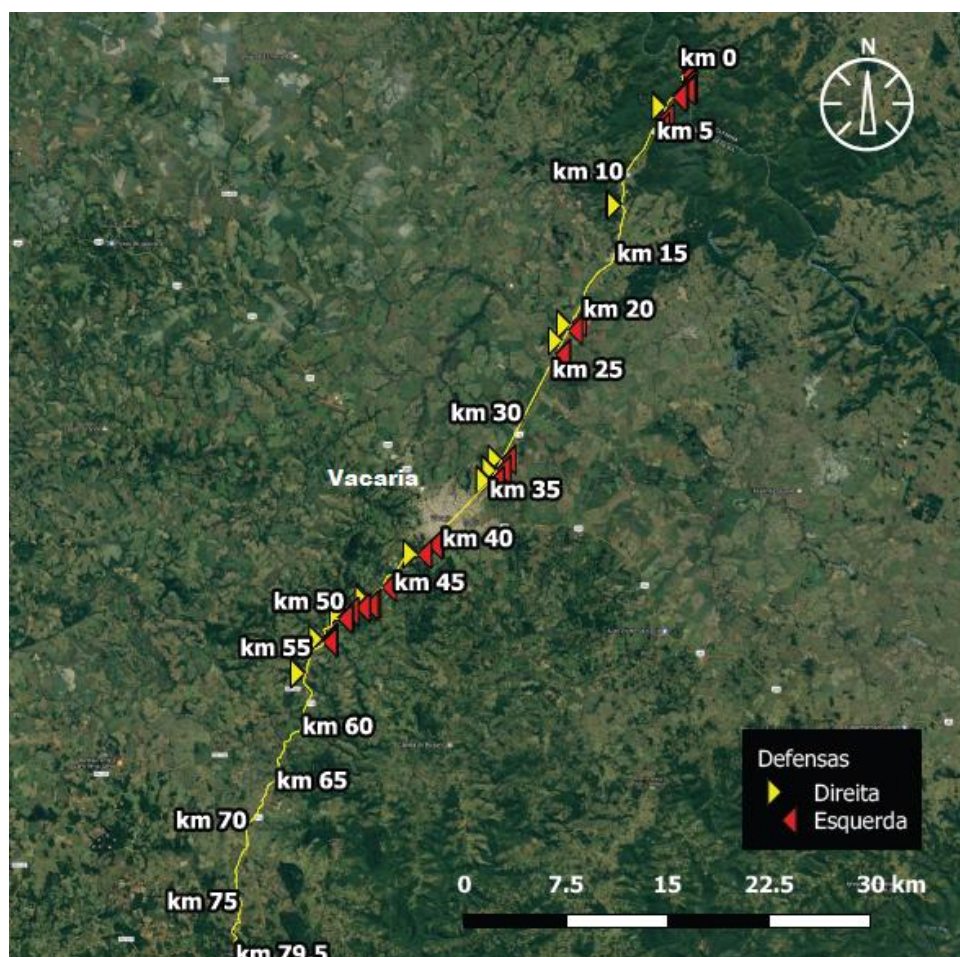


Figura 5.10: Localização das defensas

Um exemplo de dificuldade é o inventário da sinalização horizontal referente às linhas de divisão de fluxos opostos (LFO), que regulamenta a permissão ou proibição de ultrapassagem de veículos. A LFO-4, linha contínua/seccionada, no modelo de apresentação exigido pelo BR-Legal, conforme Guia Prático do BR-Legal (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2015), Figura 5.11, não prevê indicação que identifique o lado da pista que possui a proibição de ultrapassagem e o lado que possui a permissão de ultrapassagem, impossibilitando a utilização deste dado. De maneira distinta, o cadastro das defensas prevê a indicação sobre em qual lado da rodovia o dispositivo está instalado, direito, esquerdo ou central, Figura 5.12.





DNIT		CADASTRO DE PINTURAS POR RODOVIA						
Rodovia:		(*) Informar aqui quando se tratar de via marginal. Será criada outra planilha com essas informações						
Trecho:		(**) Mês/Ano do levantamento						
Sub-Trecho:								
Figura	Código	Descrição	Largura da faixa (m)	Localização inicial			Localização final	
				Coordenadas geográficas		km	Coordenadas geográficas	
				Latitude	Longitude		Latitude	Longitude
	LFO-1	Linha simples contínua	0,15	-44,54138413	-4,51431343	105,48	-44,54138413	-4,51431343
	LFO-2	Linha simples seccionada	0,15	-44,54138413	-4,51431343	105,48	-44,54138413	-4,51431343
	LFO-3	Linha dupla contínua	0,10					
	LFO-4	Linha contínua/seccionada						

Figura 5.11: Cadastro de pintura por rodovia (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2015)

DNIT		DEFENSAS									
Rodovia:		(*) Informar aqui quando se tratar de via marginal. Será criada outra planilha com essas informações									
Trecho:		(**) Mês/Ano do levantamento									
Sub-Trecho:											
Tramo	Foto	Localização inicial			Localização final			Função da defesa	Classificação da Área de Escape	N° da Lâmina	Lado
		Coordenadas geográficas		km	Coordenadas geográficas		km				
		Latitude	Longitude		Latitude	Longitude					
	<a href="#">icone com hiperlink</a>							obstáculo fixo	Plana com pav.		D
								talude	Plana sem pav.		E
								corpo hídrico	Active		canteiro
								OAE	Dedive		
									Guia de concreto		
									Arborizada		
									Cerca/Muro		
									Corpo Hídrico		
									Alça de viaduto		

Figura 5.12: Detalhe das informações do cadastro das defensas (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2015)

Em relação à velocidade da rodovia, o Guia Prático exigia que no cadastro de características do segmento da rodovia deveria ser registrada a velocidade regulamentar, conforme pode ser visto na Figura 5.13. Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2007) a velocidade máxima regulamentada para uma pista ou faixa é a determinada no sinal R-19 na sinalização vertical de regulamentação. Essa é uma definição importante e deve estar bem clara quando da sua solicitação para que não ocorram

incertezas com relação a outro parâmetro, também de grande importância para a elaboração de projetos, a velocidade diretriz da rodovia.

Segmento		Código SNV	Pista (**)	Classe (**)	Relevo (**)	VDM	Velocidade Regulamentada (km/h)	Largura da Pista (m)	Caract. Tipo
km inicial	km final								
0,00	10,00		S	Rural	montanhoso	7.500	100	7	CBUQ fe
10,00	50,00				Ondulado	4.400	80	3,2	Micro rev
					Plano				

(\*\*) Caso algumas dessas informações distoe do apresentando no SGV, a informação deverá st

Figura 5.13: Detalhe apresentação das características do segmento rodoviário onde consta a informação sobre a velocidade (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2015)

Nas Figuras 5.14 e 5.15 mostra-se o perfil de velocidades da rodovia, obtidas do registro da sinalização vertical ao longo do segmento, no sentido do crescimento e do decréscimo da quilometragem, respectivamente. Percebe-se a grande variedade de valores de velocidades adotadas, bem como sua constante alternância.

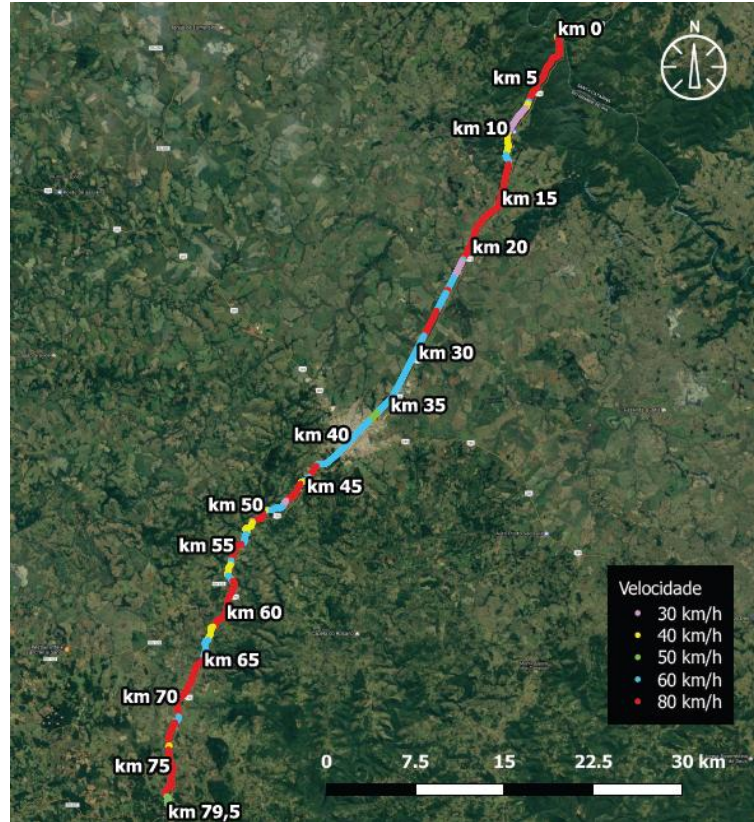


Figura 5.14: Perfil de velocidade regulamentar da rodovia de acordo com o registro da sinalização vertical no sentido do crescimento da quilometragem

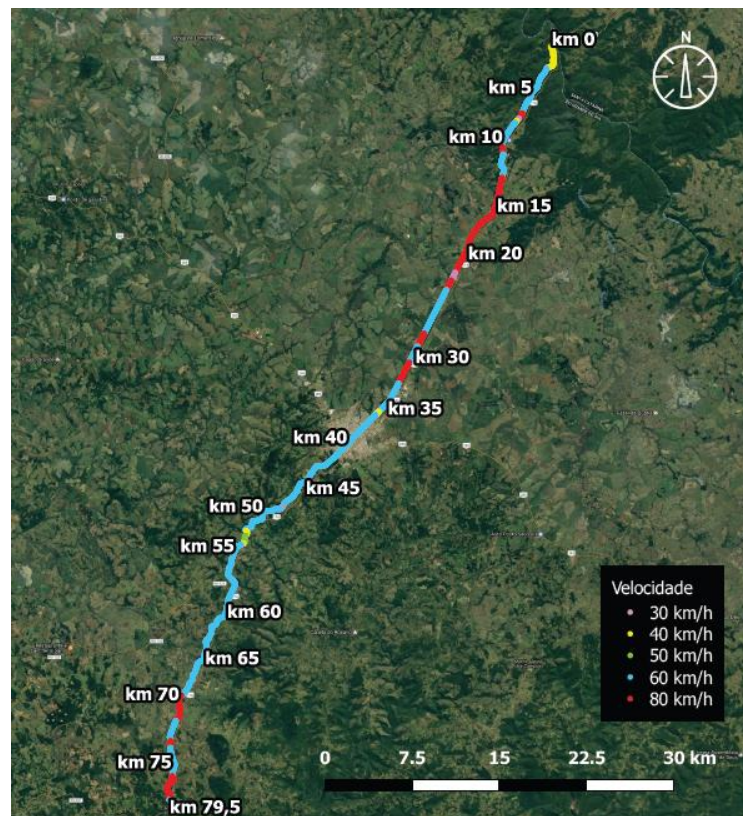


Figura 5.15: Perfil de velocidade regulamentar da rodovia de acordo com o registro da sinalização vertical no sentido do decréscimo da quilometragem

Em relação às informações de acidentes provenientes do banco de dados da PRF, após sua verificação, estas também foram incorporadas ao sistema, ampliando a gama de operações e análises possíveis de serem realizadas. Como esse banco de dados não é georreferenciado, a sua utilização somente foi possível devido à correlação existente entre a informação do quilômetro de ocorrência do acidente dado pela PRF e o quilômetro atrelado aos pontos georreferenciados, fruto do desenvolvimento desta pesquisa.

Na Figura 5.16 são mostrados os acidentes registrados do ano de 2007 ao ano de 2016 no segmento estudado. O mapa demonstra que as maiores densidades de acidentes ocorrem na região urbana do município de Vacaria/RS e também entre o km 50 e o km 55.

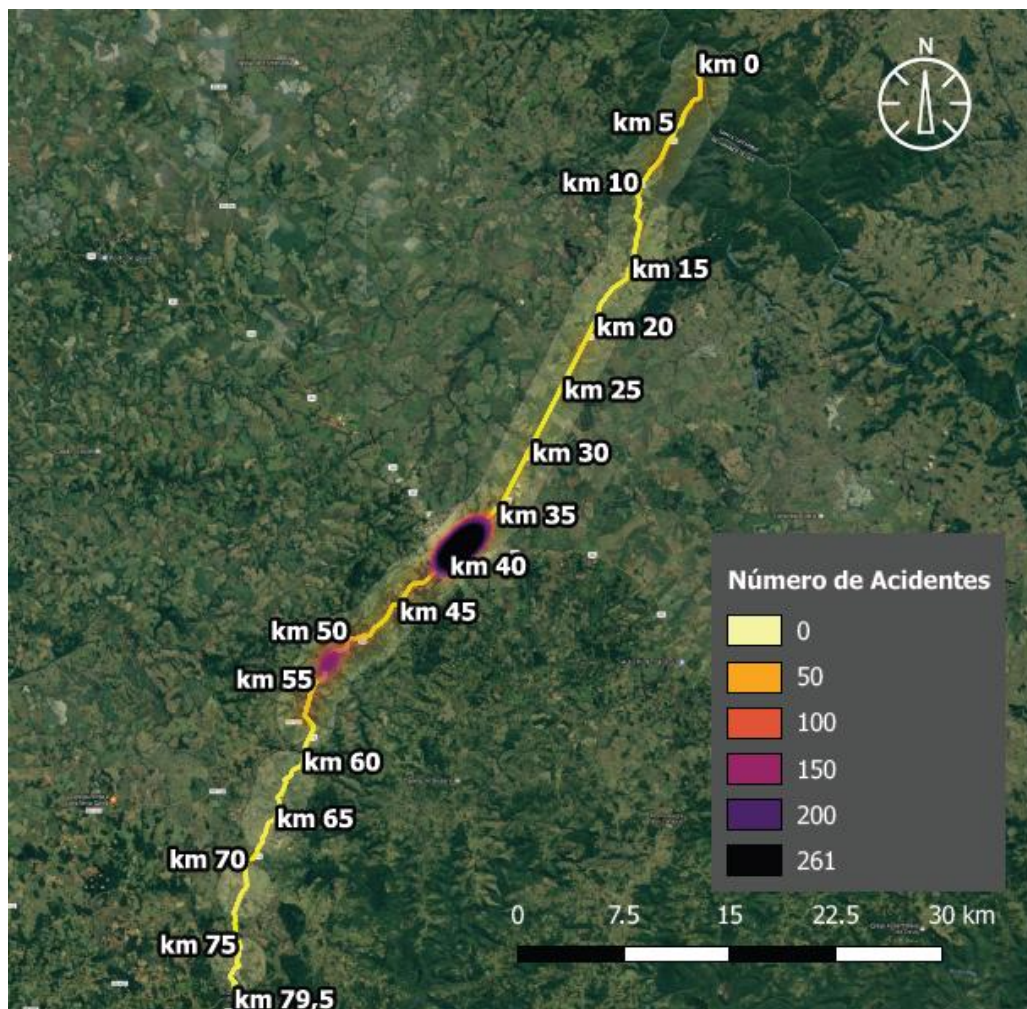


Figura 5.16: Mapa da densidade de acidentes na rodovia.

Muitos outros mapas poderiam ser gerados a partir dos dados coletados. As Figuras 5.17 e 5.18 representam a densidade de acidentes de saída de pista, o tipo de acidente com maior

número de registros no segmento estudado, considerando-se a área rural, correlacionado com uma de suas possíveis causas: curvas de raios pequenos, e também com uma de suas possíveis medidas mitigadoras: a inserção de defensas.

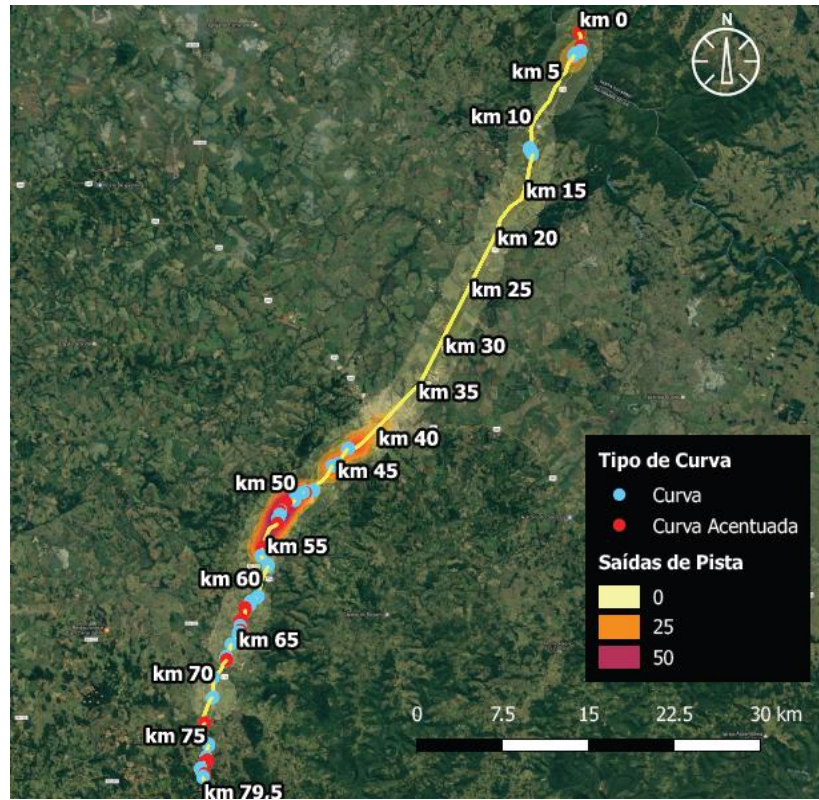


Figura 5.17: Mapa da densidade de acidentes do tipo saída de pista e ocorrência de curvas.

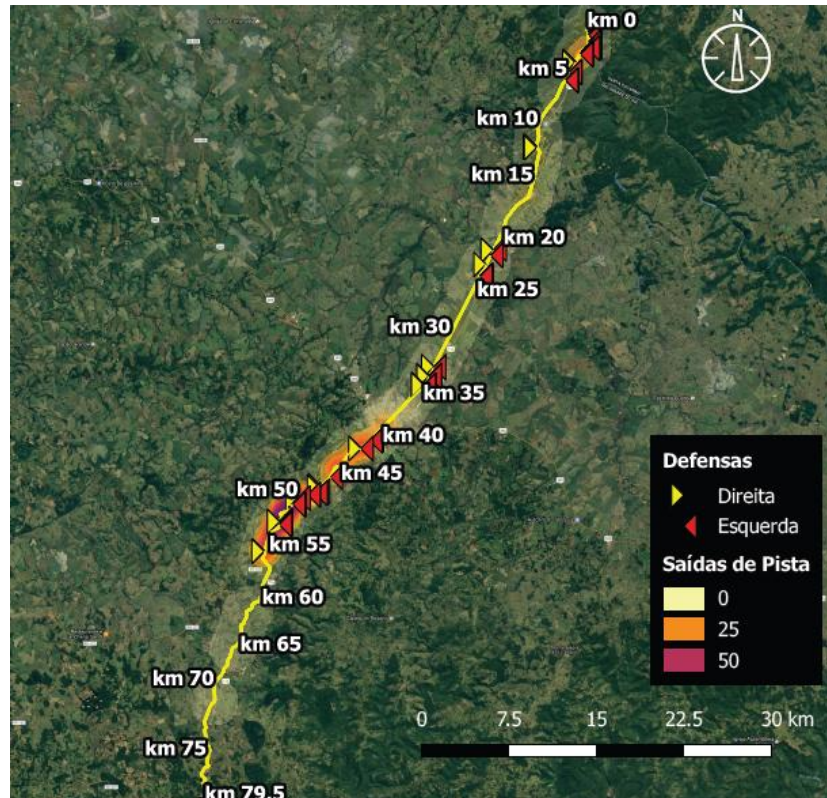


Figura 5.18: Mapa da densidade de acidentes do tipo saída de pista e ocorrência de defensas.

Já a Figura 5.19 apresenta a ocorrência de acidentes, em região rural, do tipo colisão frontal, um dos acidentes de maior gravidade, e a sua correlação com as inclinações da rampa máxima do eixo da rodovia. Percebe-se que esse tipo de acidente ocorre tanto em inclinações elevadas como em locais planos, o que pode sugerir a necessidade de implantação de terceira faixa não somente restritas a segmentos de prolongados aclives, mas também em segmentos planos.

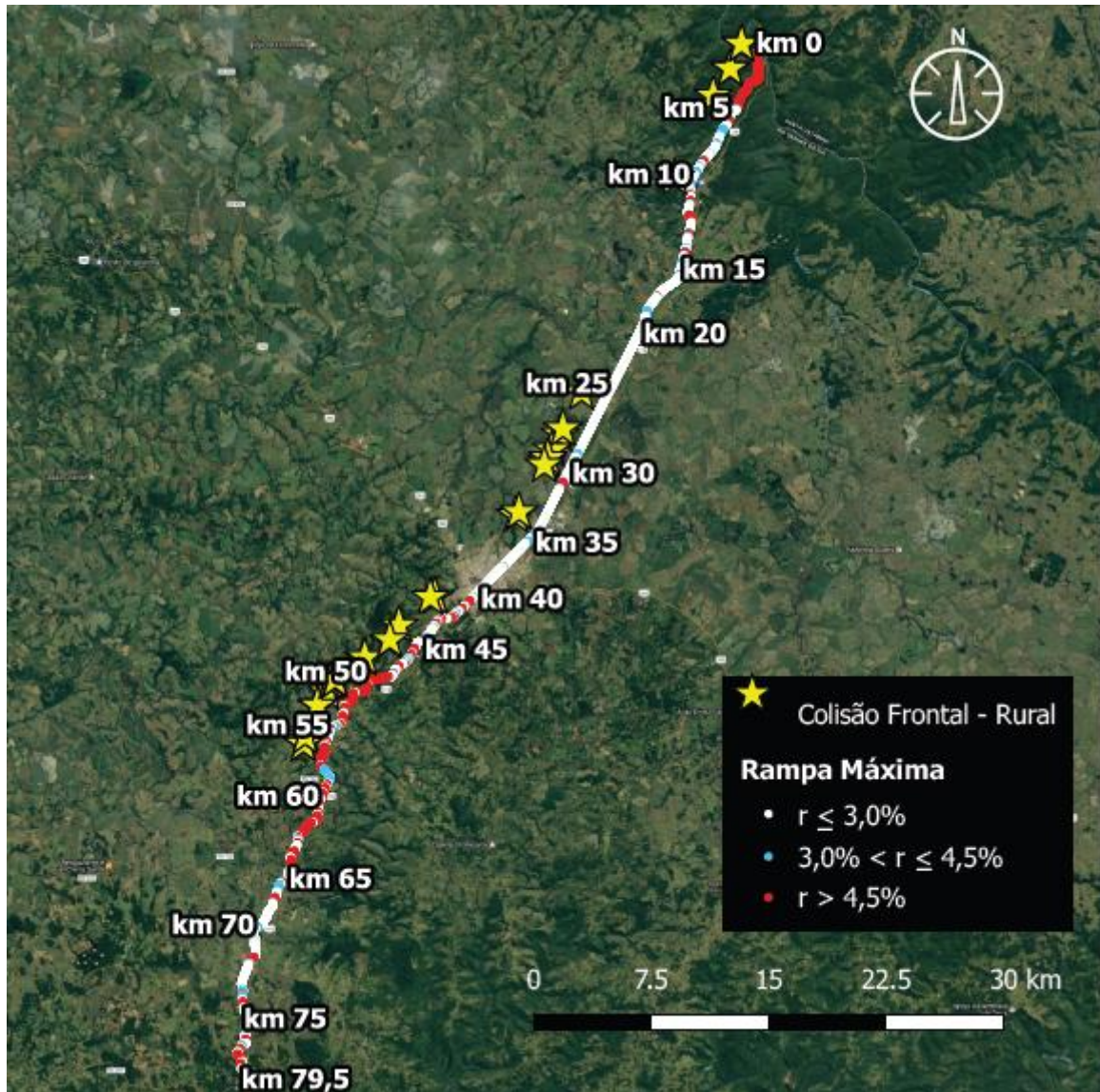


Figura 5.19: Mapa da ocorrência de acidentes de colisão frontal e inclinações da rampa máxima.

Uma questão a destacar é que o banco de dados sobre acidentes da Polícia Rodoviária Federal, disponibilizado no *site* da instituição, no *link* “dados abertos” (DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL, 2016) não consta a indicação do código do SNV ligado à quilometragem da rodovia. Isso acarreta problemas nas análises dos dados quando um trecho de rodovia possui pequenos “eixos secundários” ao eixo principal que reiniciam o valor da quilometragem.

Como exemplo cita-se o “eixo secundário” da rodovia BR-116/RS que parte do entroncamento da rodovia BR-290/RS até o aeroporto internacional de Porto Alegre e possui a identificação de quilometragem de 0 à 3 quilômetros, enquanto que o eixo principal e início



da rodovia relativo à quilometragem de 0 à 3 é referente ao segmento próximo a divisa do estado do RS com SC, conforme Quadro 5.2.

BR	Estado	Código SNV	Local de Início	Local de Fim	km inicial	km final	Extensão (km)
116	RS	116BRS3010	DIV SC/RS (FIM PONTE S/RIO PELOTAS)	ENTR BR-285(A) (P/VACARIA)	0,0	37,3	37,3
116	RS	116BRS9050	ENTR BR-116	P/PORTO ALEGRE	0,0	3,0	3,0

Quadro 5.2: Equivalência de quilometragens na mesma rodovia (adaptado de BRASIL, 2011)

Esse eixo secundário do aeroporto da capital, no banco de dados da PRF, apenas diferencia-se dos quilômetros iniciais “originais” da rodovia, na divisa do estado do RS com SC, pelo município onde estão implantados: o relativo ao eixo principal, em Vacaria e o relativo ao eixo secundário, em Porto Alegre. Porém, essa possibilidade de diferenciação entre os trechos no banco de dados da PRF é mera coincidência deste caso.

Muitos outros dados obtidos dos levantamentos do Programa BR-Legal ainda poderiam ser incorporados ao sistema, porém, devido ao delineamento desta pesquisa, as informações se restringiram às previamente elencadas. Apesar desta limitação, o resultado final do trabalho propiciou a criação e armazenamento de grande quantidade de dados, permitindo a visualização através de mapas temáticos e condução de análises que podem ser executadas rapidamente. Além disso, possibilitou a identificação de melhorias a serem implementadas em futuras contratações de coleta de dados de rodovias e também na forma de registro e apresentação de dados.

### 5.3 RECURSOS APLICADOS

O maior esforço de recursos humanos e de tempo alocados para a realização deste trabalho refere-se à obtenção dos dados plani-altimétricos, enfoque do item 5.2 do Capítulo 5 de Metodologia desta pesquisa. Essa atividade foi desenvolvida manualmente por discentes do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Laboratório de Transportes.

Após a finalização do trabalho, estimou-se que a produtividade para a execução do serviço de geometrização dos dados do Programa BR-Legal é de, em média, 250 km/mês/pessoa. Essa estimativa considera a carga horária de 20 horas semanais por discente.

Salienta-se que alguns aspectos da rodovia, como a quantidade de curvas tanto verticais como horizontais, pista simples ou dupla e ainda a divisão pelo código SNV influenciam na produtividade do trabalho. Aspectos humanos, como nível de treinamento da equipe, e aspectos ligados à tecnologia, como a disponibilidade de equipamentos modernos, também influenciam neste valor, porém, o valor da produtividade estimada de 250 km/mês/pessoa representa uma ordem de grandeza.

Sendo assim, considerando os 50 mil quilômetros de rodovias pavimentadas contempladas pelo BR-Legal (BÔTO, 2016), seriam necessárias em torno 17 pessoas trabalhando durante 12 meses no regime de 20 horas/semana para a geometrização dessas rodovias. Um esforço bastante razoável em detrimento dos benefícios que uma iniciativa desta magnitude e significância pode proporcionar.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ambiente atual das instituições públicas, onde se enfrenta o desafio de fazer mais com menos, é necessária a otimização das informações disponíveis para o fornecimento de respostas rápidas e precisas sobre as necessidades relacionadas à infraestrutura de transportes, gerando soluções viáveis aos problemas enfrentados. Nesse contexto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) oferecem uma boa opção para o armazenamento, integração e visualização dos dados, além de ser uma ferramenta para análises de dados, subsidiando políticas de intervenção para tornar as vias públicas mais seguras para todos os usuários.

Tendo isso em consideração, o principal objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de utilização dos dados coletados no Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária BR-Legal, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), referentes às rodovias federais, empregando-se um Sistema de Informação Geográfica para a realização de análises geoespaciais. Foram utilizados os dados pertencentes ao Lote 65 do Programa BR-Legal, que engloba 79,5 quilômetros da rodovia BR-116/RS.

Verificou-se, primeiramente, que é possível a utilização das coordenadas X, Y e Z obtidas através do levantamento de campo, necessárias para o desenvolvimento dos trabalhos no âmbito do Programa BR-Legal. Para isso foram importados os registros GPS para uma plataforma CAD e gerados objetos (alinhamento horizontal e vertical) de forma semiautomática, que passaram a possuir referência quilométrica e propriedades geométricas como raios, ângulo interno e inclinações e que puderam ser exportados para arquivos em formato de planilha para melhor manipulação dos dados. Os dados brutos das coordenadas X, Y e Z foram cedidos pelo consórcio detentor do contrato do Lote 65, uma vez que não está especificada nos documentos que regem o Programa BR-Legal a exigência da apresentação destes dados neste formato, apesar de se tratarem de informações fundamentais para a elaboração dos projetos.

Desse trabalho, também foi possível observar que os limites indicados no Sistema Nacional de Viação (SNV) possuem apenas a indicação da quilometragem. Devido a este fato, a posição estabelecida para o início e fim de cada segmento indicado no SNV ocorreu de forma visual, visto que não existe definição que indique a localização exata (georreferenciada) de alteração de um código do SNV para outro.

Foram ainda inseridos outros dados ao SIG, levantados pelo Programa BR-Legal. Assim, foram incorporados com êxito os dados de localização das defensas, os dados de volume médio diário anual e os dados de velocidade regulamentar. Estas informações já se encontravam em planilhas eletrônicas georreferenciadas, o que facilitou sua inclusão no sistema.

Alguns dados foram analisados no interesse de serem incorporados ao sistema, em especial as sinalizações horizontais do eixo, porém identificou-se que o modelo de apresentação exigido pelo Guia Prático do BR-Legal (DNIT, 2015) referente às linhas de divisão de fluxos opostos (LFO) do tipo linha contínua/seccionada, que regulamenta a permissão ou proibição de ultrapassagem de veículo, não prevê indicação que identifique o lado da pista que possui a proibição de ultrapassagem e o lado que possui a permissão de ultrapassagem, impossibilitando a utilização deste dado. Outros dados provenientes dos levantamentos realizados no âmbito do BR-Legal não foram alvo de análise devido ao período de duração desta pesquisa.

Também foram utilizadas informações sobre as ocorrências de acidentes de trânsito, disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal – PRF (DEPARTAMENTO DE POLICIA RODOVIÁRIA FEDERAL, 2016). A incorporação destes dados ao SIG foi realizada através da identificação da quilometragem informada pela polícia com precisão de 100 metros. Observou-se que o banco de dados que a Polícia Rodoviária Federal disponibiliza em seu *site* não está integrado ao Sistema Nacional de Viação (SNV) acarretando problemas nas análises dos dados quando um trecho de rodovia possui “eixos secundários” ao eixo principal, que reiniciam o valor da quilometragem.

Como resultado final desse trabalho, foi possível a criação e armazenamento de um banco de dados sobre a rodovia em estudo, permitindo a sua visualização através de mapas temáticos e a condução de análises que podem ser executadas rapidamente. Também se identificaram

pontos que podem ser melhorados em relação à coleta de dados e seu registro, contribuindo para futuros inventários de rodovias.

Do conhecimento obtido, é importante ressaltar que para o êxito de um sistema de gerenciamento de dados são necessários não somente dados de qualidade, mas também culturas colaborativas, padrões técnicos bem definidos e suporte das lideranças dentro do órgão. Com isso, espera-se que o trabalho desenvolvido nesta pesquisa forneça subsídios para a aplicação de forma mais efetiva de SIG no âmbito do DNIT, bem como a consolidação e amadurecimento de um banco de dados centralizado, relativo às rodovias federais, que englobe as informações georreferenciadas dos diferentes setores dentro do DNIT.

Para tanto, pondera-se que esse banco de dados deveria ser atualizado e gerido de forma permanente, por pessoas designadas especialmente para esse fim. Essas pessoas desempenhariam um papel de interligação de informações dentro do órgão, tanto para a consulta de dados do sistema como para a inserção de novos dados.

Neste cenário, apesar da malha rodoviária federal georreferenciada, disponível pela Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos (CGPLAN), representar um ponto preliminar dessa iniciativa, diferentemente do levantamento do Programa BR-Legal, ela não contém dados altimétricos. Sendo assim, a malha gerada pelo Programa BR-Legal poderia possuir o papel de malha rodoviária principal, com dados palimétricos e altimétricos, e ser complementada pelos dados da malha disponibilizada pela GCPLAN com relação às rodovias que não foram contempladas no BR-Legal, até estas sejam georreferenciadas em outra oportunidade.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL-RAHMAN, A.; PILOUK, M. **Spatial Data Modelling for 3D GIS**. Berlin: Springer, 2008.
- BOTNER, E. J.; HOFFMAN, M. S. Digital Video-GIS Referenced System for Spatial Data Collection and Condition Assessment to enhance Transportation Asset Management. In: International Conference on Managing Pavement Assets, 8th, 2011, Santiago. **Proceedings...** Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2011.
- BÔTO, L. A. BR-Legal. In: Fórum de Infraestrutura de Transportes, II, 2016, Brasília. **Palestra...** Brasília: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2016. Disponível em < <http://www.dnit.gov.br/noticias/ii-forum-de-infraestrutura-de-transportes-debate-entraves-juridicos-as-atividades-do-dnit>>. Acesso em 16 fev. 2017.
- BRASIL. **Lei n. 12379**, de 6 de janeiro de 2011. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação – SNV e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Lei/L12379.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12379.htm)>. Acesso em 30 nov. 2016.
- CHEN, W., YUAN, J., LI, M. Application of GIS/GPS in Shanghai Airport Pavement Management System. **Procedia Engineering**, Amsterdam v. 29, p. 2322-2326, 2012.
- CHEN, Y.; WEI, P.; LAI, J.; FENG, G.; LI, X.; GONG, Y. An Evaluating Method of Public Transit Accessibility for Urban Areas Based on GIS. **Procedia Engineering**, Amsterdam, v. 137, p. 132-140, 2016.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: sinalização vertical de regulamentação**. Vol I. 2 ed. Brasília: Contran, 2007.
- DEMPSEY, C. GIS Lounge. **History of GIS**. California, 2012. Disponível em <<https://www.gislounge.com/history-of-gis/>>. Acesso em 13 nov. 2016.
- DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Acidentes**. Disponível em <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes>>. Acesso em 08 dez 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Edital 184/2006-00**: Seleção de Empresa prestadora de Serviços Técnicos Especializados para Levantamento da Malha Rodoviária Federal por GPS, Desenvolvimento e Implantação de Sistema de Geoprocessamento para Sistemas Viários, incluindo Consulta via web, Produção de Base Cartográfica Digital e Impressão dos Mapas. Brasília, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Especificações Técnicas Programa BR-Legal**. Brasília, 2011. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/programa-br-legal>>. Acesso em 26 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. **Guia Prático: Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR-Legal.** Brasília, 2015. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/programa-br-legal>>. Acesso em 26 nov. 2016

\_\_\_\_\_. **DNITGeo – Geotecnologias Aplicadas.** Brasília, 2016a. Disponível em <<http://dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/dnit-geo>>. Acesso em 26 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. **SIOR: Sistema Integrado de Operações Rodoviárias.** Brasília, 2016b. Disponível em <<http://servicos.dnit.gov.br/sior/Account/Login/?ReturnUrl=%2Fsior%2F>>. Acesso em 26 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. **VGeo: Visualizador DNITGeo.** Brasília, 2016c. Disponível em <<http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>>. Acesso em 26 nov. 2016.

ENGEMAP. **Case DNIT.** Brasília, 2016. Disponível em <<http://engemap.com.br/v3/case-dnit/>>. Acesso em 29 nov. 2016.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Roger Tomlinson's Thinking About GIS, Fifth Edition, Now Available.** California: 2013. Disponível em <<http://www.esri.com/esri-news/arcnews/winter1314articles/roger-tomlinsons-thinking-about-gis-fifth-edition-now-available>>. Acesso em 13 nov. 2016.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Best Practices in Geographic Information Systems-based: Transportation Asset Management.** Cambridge (Massachusetts): Program and Organizational Performance Division John A. Volpe National Transportation Systems Center Research and Innovative Technology Administration, U.S. Department of Transportation, 2012.

\_\_\_\_\_. **Background of GIS in Highway Transportation Planning.** Washington, 2016. Disponível em <<https://www.gis.fhwa.dot.gov/about.asp>>. Acesso em 13 nov. 2016.

FERREIRA, R. M. P.; FARIA, S. D. Aplicação de sistemas de informações geográficas na gestão da informação e no planejamento de sistema rodoviário. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO): Geotecnologias para o Planejamento e Gestão Eficiente do Território, IV, 2012, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2012. p. 1-8.

GARCÍA, D. S. P. **Método para análise da consistência geométrica de rodovias brasileiras de pista simples.** 2008. 162 f. Tese (Doutor em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GARCÍA, D. S. P.; WANDSCHEER, M. A.; SANTOS, F. F. F.; FRAGA, P. G. R.; TEIXEIRA, F. G., D'AZEVEDO, Z. S. E DI RADO, G. R. Diretrizes para o desenvolvimento de um sistema avançado para estudos e projetos viários: o conceito BIM no projeto de obras de infraestrutura. **PANAM 2014**, Santander. Anales., 2014.

LI, Y.; LE, J. T.; MIDDLETON, D. R.; QUIROGA, C. A. Mapping Oversized and Overweight Truck Routes with Procedure Based on Geographic Information Systems. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Washington, n. 2291, p. 8-16, 2012.

LI, Y.; KIM, A. M.; EL-BASYOUNY, K.; LI, R. Using GIS to interpret automated speed enforcement guidelines and guide deployment decisions in mobile photo enforcement programs. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Amsterdam, v. 86, p. 141-158, 2016.

LOUREIRO, C. F. G.; MENESES, H. B.; OLIVEIRA NETO, F. M. de; CASTRO-NETO, M. M. de. Managing Congestion in Large Brazilian Urban Area Through Logical Interface Between SCOOT and GIS Platform. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Washington, n. 2099, p. 76-84, 2009.

O'PACKI, P.; DUBOIS, R.; ARMENTROUT, N.; BOWER, S. Maine's Approach to Data Warehousing for State Departments of Transportation. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Washington, n. 1719, p. 227-232, 2000.

OXFORD TECHNICAL SOLUTIONS. **Inertial+ Family**. Oxfordshire, 2016. Disponível em <<http://www.oxts.com/products/inertialplus/>>. Acesso em 05 dez. 2016.

PERCÍLIA, E. **Aspectos naturais do Rio Grande do Sul**; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-rio-grande-sul.htm>>. Acesso em 05 dez. 2016.

RHEE, K.; KIM, J.; LEE, Y.; ULFARSSON, G. F. Spatial regression analysis of traffic crashes in Seoul. **Accident Analysis and Prevention**, Amsterdam, v. 91, p. 190-199, 2016.

SCHMITZ, A.; GOLDNER, L. G. Proposta metodológica baseada em GIS para análise de segmentos críticos de rodovia: estudo de caso na BR-285. In: Congresso pan-americano de Engenharia de Tráfego, Transportes e Logística, XVI, 2010, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Instituto Técnico Superior, 2010. p. 1-15.

THE WHITE HOUSE. **White House Science Fair Fact Sheet & Background**. Washington, 2014. Disponível em <<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/05/27/white-house-science-fair-fact-sheet-background>>. Acesso em 13 nov. 2016.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Geospatial Information Infrastructure for Transportation Organizations**. Washington: National Academy of Sciences, 2004.

\_\_\_\_\_. **Guide for Implementing a Geospatially Enabled Enterprise-wide Information Management System for Transportation Agency Real Estate Offices**. Washington: National Academy of Sciences, 2011.



TRIMBLE. **BX982**. California, 2016. Disponível em <<http://www.trimble.com/gnss-inertial/bx982.aspx?dtID=overview>>. Acesso em 05 dez. 2016.