

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

EVOLUÇÃO DA ACIDENTALIDADE DA MALHA
RODOVIÁRIA DA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE SÃO
PAULO

CAMILA MOTA MASSARO

São Carlos
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**EVOLUÇÃO DA ACIDENTALIDADE DA MALHA
RODOVIÁRIA DA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

Camila Mota Massaro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr.

São Carlos
2018

Massaro, Camila Mota

Evolução da acidentalidade da malha rodoviária da região central do Estado de São Paulo / Camila Mota Massaro. -- 2018.
103 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior

Banca examinadora: Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior, Prof. Dr. Fernando Hideki Hirose, Profa. Dra. Magaly Natalia Pazzian Vasconcellos Romão,

Bibliografia

1. Segurança Viária. 2. Pontos Críticos. 3. Malha Rodoviária. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Camila Mota Massaro, realizada em 26/06/2018:

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior
UFSCar

Prof. Dr. Fernando Hideki Hirose
UFSCar

Profa. Dra. Magaly Natalia Pazzian Vasconcellos Romão
FATEC

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e

Ao meu irmão

Dedico esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar oportunidades e abençoar-me nas minhas escolhas;

aos meus pais, Leopoldo e Edna, pelo amor, paciência, compreensão e dedicação;

aos meus tios, primos e avó Leonésio, Leonel, Leonardo, Raphael e Leonor, pelo exemplo;

ao meu irmão e cunhada, Gustavo e Juliana pela companhia e ensinamentos;

ao Professor Archimedes, pela oportunidade oferecida de cursar o Mestrado e pela dedicação em sua orientação;

aos amigos do programa de pós- graduação em engenharia urbana;

a Ana Carolina, Ana Paula, Aline, Cássio, Adriano, Priscilla, Fábio, Camila Danubia e demais colegas do Mestrado, pela amizade e companheirismo;

à CAPES, pela bolsa concedida para esta pesquisa;

ao Engenheiro José Henrique Martiniano, do DER, pela disponibilização dos dados de acidentes,

meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Tendo em conta a atual conjuntura econômica do país, uma gestão financeira eficiente poderá ser mais facilmente alcançada se forem identificadas as prioridades de futuros investimentos. Neste contexto, a classificação da rede viária regional em função da acidentalidade é fundamental na definição de prioridades de intervenção. Assim este trabalho, de modo geral, tem como objetivo principal realizar uma análise da evolução da acidentalidade da malha rodoviária da região central do Estado de São Paulo (DR-4 DER-SP), compreendido entre os períodos de 2010 a 2014. A partir do objeto de estudo foram levantados os dados sobre acidentalidade viária; esses dados foram analisados e tratados para assim se produzir a malha viária em plataforma SIG. Em seguida, foram definidas as metodologias adequadas para a obtenção dos pontos críticos da malha rodoviária do DR-4. Com os resultados obtidos identificaram-se os pontos críticos da malha central do Estado de São Paulo através de dois métodos, a taxa de acidentes e a taxa de severidade, para comparação dos métodos utilizados. Assim, com a identificação desses pontos e com a série da evolução da acidentalidade é possível fazer uma intervenção nas rodovias para a redução dos números de acidentes na região.

Palavras-chave: Acidente de tráfego. Pontos críticos. Malha rodoviária. Rodovias Estaduais

ABSTRACT

Given the current economic situation in Brazil, an efficient financial management, is more easily achieved if they are identified as priorities of future investments. In this context, the classification of the regional road network according to accidentality is fundamental in the definition of intervention priorities. Thus, this paper, in general, proposes to perform an analysis of the evolution of the accidentality of the road network of the central region of the state of São Paulo (DR-4 DER-SP), between the periods of 2010 to 2014. From the object of study, the data on road accidents were collected; These data were analyzed and treated in order to produce the road network in GIS platform. Then, the appropriate methodologies were defined to obtain the blackspots of the DR-4 road network. With the results obtained, the blackspots of the central road network of the State of São Paulo were identified through two methods, the accident rate and the severity rate, to compare the methods used. Thus, with the identification of these blackspots and with the series of the evolution of accidentality, it is possible to intervene on the highways to reduce the number of accidents in the region.

Keywords: Traffic accident. Black spot. Road network. State Highways

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Taxa de mortos por 100.000 habitantes, no Brasil	11
Figura 2 – Índice de mortes no Brasil por 100.000 habitantes (1996-2015).....	12
Figura 3 – Registros de carros novos, carros importados e motocicletas na Nova Zelândia (1980-2005)	15
Figura 4 – Meta da Década de Ação pela segurança viária.....	33
Figura 5 – Número de Mortes no trânsito no Brasil – Valor real e Meta.....	36
Figura 6 – Esquema das fases da metodologia utilizada	38
Figura 7 –Mapa de Localização da área de Estudo	42
Figura 8 –Rodovias Estaduais do Estado de São Paulo com destaque para a malha rodoviária regional pertencente à DR-4.	47
Figura 9 – Rodovias Tronco da Malha Rodoviária do DR-4	48
Figura 10 – Rodovias de Acesso da Malha Rodoviária do DR-4.....	49
Figura 11 – Evolução de acidentes na malha rodoviária da DR-4, de 2010 a 2014.....	50
Figura 12 - Porcentagens de acidentes por espécie de veículos (2010 a 2014).....	50
Figura 13 – Números de acidentes, segundo os dias da semana, no período de 2010 a 2014	52
Figura 14 - Número de acidentes com vítimas fatais no período de 2010 a 2014	52
Figura 15 – Número de acidentes, segundo o tipo, entre 2010 a 2014.....	53
Figura 16 – Evolução do número de mortes na malha rodoviária da DR-4, entre 2010 e 2014	53
Figura 17 – Número de mortes no trânsito no Brasil – valores reais (2010 a 2015) e previsão (2011 a 2015), com ações para mitigar os óbitos no trânsito.....	54
Figura 18 – Número de mortos na malha rodoviária regional do DR-4 –valores reais (2011 a 2015) e previsão (2011 a 2020), com e sem ações para a melhoria de segurança no trânsito	55
Figura 19 – Mapa da região de abrangência do DR-4 e as regiões dos municípios que apresentaram trechos críticos (em cinza).....	62
Figura 20 - Pontos Críticos da malha Rodoviária (Taxa de Acidentes 2010)	63
Figura 21 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de severidade 2010).....	63
Figura 22 – Pontos Críticos da malha rodoviária (Taxa de Acidentes 2011).....	64
Figura 23 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2011).....	65

Figura 24 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Acidentes 2012).....	66
Figura 25 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2012).....	67
Figura 26 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de acidentes 2013).....	68
Figura 27 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2013).....	69
Figura 28 – Pontos Críticos da Malha rodoviária (Taxa de acidentes 2014)	70
Figura 29 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2014).....	71
Figura 30 - Trechos críticos pela taxa de acidentes do período 2010-2014	72
Figura 31 – Trecho crítico calculado pela taxa de severidade do período de 2010 – 2014	73
Figura 32 - Tipos de acidentes com a taxa de severidade para o período de 2010 - 2014	74
Figura 33 – Tipos de acidentes com taxa de acidentes para o período de 2010 - 2014	75
Figura 34 – Dispositivos das Rodovias SP 215, SPA 074/255, SP 321 e SPA 271/31077	
Figura 35 – Números de acidentes de acordo com sua gravidade no período de 2010-2014, na malha rodoviária da DR 4.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Taxa de motorização e índices de mortalidade no trânsito em alguns países	14
Tabela 2- Tabela dos valores do coeficiente k de acordo com o nível de significância α	27
Tabela 3 – Taxas de Severidade e de Acidentes do ano 2010.....	58
Tabela 4 - Taxas de Severidade e de Acidentes do ano 2011.....	59
Tabela 5 - Taxa de Severidade e Acidentes do ano 2012.....	60
Tabela 6 - Taxas de Severidade e de Acidentes do ano 2013.....	60
Tabela 7- Taxa de Severidade e Acidentes do ano 2014.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação dos acidentes de trânsito, segundo ABNT (1989).....	9
Quadro 2– Características das rodovias radiais e transversais (SP) da DR-4.....	44
Quadro 3- Características das rodovias de acesso (SPA) da DR-4.....	44
Quadro 4 – Características dos dispositivos (SPD) da DR-4.....	45
Quadro 5 – Comparação entre as ações previstas pela Década de Ação para Segurança no Trânsito da OMS/ONU e a aderência manifestada pela DR-4.....	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações Iniciais	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Justificativa	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Acidentes de Trânsito: Definições	7
2.2 Acidentes de Trânsito no Brasil	11
2.3 Estudos sobre Segurança em Redes Viárias	16
2.4 Pontos Críticos ou Pontos Negros	18
2.5 Métodos para Identificação de Locais Críticos em Acidentes de Trânsito.....	21
2.5.1 Métodos Numéricos Absolutos	21
2.5.2 Métodos Numéricos Relativos	22
2.5.3 Método Estatístico.....	24
2.5.4 Técnica de Conflitos de Tráfego	24
2.5.5 Auditoria de Segurança Viária	24
2.5.6 Métodos Numéricos e Manuais Nacionais.....	25
2.5.7 Métodos Numéricos e Manuais Internacionais	28
2.5.8 Uso de SIG em estudos sobre pontos negros	31
2.6 A Década de Ação para a Segurança Viária	32
3. METODOLOGIA	38
3.1 Fases da Metodologia	38
3.2 Descrições das fases.....	39
4. RESULTADOS E ANÁLISE	41
4.1 Caracterizações da malha rodoviária objeto de estudo	41
4.2 Caracterização da Acidentalidade na Malha Rodoviária Regional da DR-4.....	49
4.3 Resultados da Aplicação dos Métodos de Taxa de Acidentes e de Taxa de Severidade.....	56
4.3.1 Localização espacial dos trechos críticos.....	61
4.3.2 Análise dos resultados.....	79
5. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Mais de 1,2 milhão de pessoas morrem todos os anos nas ruas e rodovias do mundo, fazendo com que o tráfego viário seja uma das principais causas de lesões e mortes em todo o mundo. A maioria destas mortes ocorre em países de baixa e média rendas, onde o rápido crescimento econômico tem sido acompanhado pelo aumento das lesões e óbitos no trânsito. Considerados pela Organização Mundial de Saúde, órgão das Nações Unidas, como sendo um problema de saúde pública, os acidentes de trânsito estão relacionados com a questão do desenvolvimento: países de baixa e média rendas perdem cerca de 3% do PIB-Produto Interno Bruto como resultado de acidentes de trânsito (WHO, 2015).

Em vista disso, em sua resolução 64/255, de 1º de março de 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas, sob a coordenação da Organização Mundial da Saúde, proclamou o período 2011-2020 como a Década de Ação para a Segurança Viária, com uma meta global de estabilização e, em seguida, propondo a redução do nível previsto de mortes nas vias globais em cerca de 50% (WHO, 2011).

O programa de ação para segurança viária prevê que países que possuam altos índices de mortalidade no trânsito estejam incluídos no seu escopo. O Brasil é um deles. Porém, já se passaram mais de cinco anos da Década e, segundo os dados do Ministério da Saúde, o país não está conseguindo atingir as metas estabelecidas. Assim, para uma melhor análise da evolução da acidentalidade brasileira, podem ser adequadas análises setoriais (malhas regionais e estaduais), no sentido de se verificar em que grau certas malhas rodoviárias brasileiras contribuem ou não para a melhoria dos índices de acidentalidade nacional.

Conhecer a atual situação da infraestrutura rodoviária brasileira é importante para se propor soluções adequadas aos problemas. Rodovias em bom estado de conservação são fundamentais para o desenvolvimento do país, para a redução de acidentes e para a sustentabilidade de maneira geral. A inadequada infraestrutura aumenta os tempos de viagens, eleva o custo operacional dos veículos, traz mais riscos aos usuários, dentre outros fatores.

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2014), o Brasil, no que se refere à infraestrutura rodoviária, registrou um crescimento ínfimo da sua malha no período de 2004 a 2014. Por outro lado, o crescimento da frota de veículos e o número de acidentes vêm aumentando consideravelmente. Comparativamente, enquanto a malha pavimentada cresceu

apenas 13,8%, de 2004 a 2014, no mesmo período, a frota total de veículos cresceu 122%, o número de acidentes em rodovias federais aumentou 77,9 %, sendo que o número de mortos nessas rodovias aumentou 47,9%. Pode-se dizer, assim, que nas rodovias houve um aumento expressivo, tanto em volume de tráfego quanto em risco de vida para os seus usuários.

Segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), a qualidade da rodovia está diretamente relacionada ao número de acidentes registrados. Vias com presença de curvas perigosas, sem adequados dispositivos de proteção e sinalização inadequada, predominância de pista simples em trechos de alto fluxo, ausência de acostamento e existência de buracos na superfície, reduzem a segurança viária e potencializam a ocorrência de acidentes.

Os mesmos autores discutem que, no âmbito da Engenharia Viária e da Engenharia de Tráfego, as principais ações para melhoria da segurança no trânsito são: projeto de novas rodovias e vias expressas com ênfase na segurança, tratamento dos locais críticos, melhoria da manutenção das vias, melhoria da sinalização, estabelecimento de condições de operação com ênfase na segurança (redução do limite de velocidade, proibição de manobras etc.), utilização de medidas para a redução da velocidade (lombadas, estreitamento de pista etc.), utilização de dispositivos de fiscalização automática permanente (radares, detectores de avanço do sinal vermelho etc.), melhoria da iluminação em locais com alta incidência de acidentes noturnos etc.

Segundo o Ministério de Transportes (BRASIL, 2002), o ponto crítico de acidentes de trânsito significa uma interseção ou trecho entre interseções consecutivas que apresenta uma frequência de acidentes excepcionalmente elevada, se comparada às demais interseções ou trechos entre interseções da malha viária.

Para o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 1987), pontos críticos são os locais que apresentam as maiores taxas de ocorrência de acidentes de trânsito, baseados em índices determinados, em relação a outros pontos de referência. São estes, então, os pontos de alto risco, ou seja, aqueles que devem, em tese, prioritariamente, receber tratamentos, visando controlar o problema. O local crítico também pode ser definido como sendo aquele que apresenta um índice de acidentes igual ou superior a um critério pré-estabelecido, independentemente do tipo de acidente, de usuários, ou da solução adotada, podendo ser determinado através de métodos numéricos, estatísticos, técnicas de conflito, e auditoria de segurança viária.

Os estudos dos locais e trechos críticos de um sistema viário podem, ainda, ser subdivididos em estudos direcionados a meios urbanos e meios rurais. Em muitos casos, seus conceitos (urbano e rural) são confundidos pela dificuldade de caracterização do meio ambiente estudado. Por exemplo, o crescimento desordenado no entorno da faixa de domínio, em diversas

rodovias, pode descaracterizar a rodovia como um meio rural e esse trecho pode ser tratado como parte do meio urbano, uma vez que usuários como ciclistas e pedestres estão igualmente envolvidos nas análises.

Dessa forma, a primeira etapa de qualquer programa de melhoria na segurança rodoviária, associada à circulação de veículos, é a identificação e classificação dos locais com problemas quanto à segurança.

Os métodos de identificação dos locais de acumulação de acidentes objetivam determinar os sítios que estejam associados a níveis de segurança viária que ponham em risco seus usuários, sejam eles motoristas, passageiros, pedestres, ciclistas ou mesmo os veículos. Pode-se, ainda, determinar trechos da rede de vias que apresentam padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência pré-estabelecida, trechos conhecidos como pontos, trechos ou segmentos críticos (DNIT, 2009).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015), cerca de 170 mil acidentes de trânsito ocorridos nas rodovias federais brasileiras, no ano de 2014, geraram um custo para a sociedade brasileira de aproximadamente R\$12,3 bilhões. Cerca de 64,7% desses custos estavam associados às vítimas dos acidentes, como cuidados com a saúde e perda de produção devido às lesões ou morte, e 34,7% estavam associados aos veículos, como danos materiais e perda de cargas, além dos procedimentos de remoção dos veículos acidentados.

Pavimento asfáltico de má qualidade, falhas nos processos construtivos, conservação insuficiente, o excesso de peso dos caminhões, dentre outros, são fatores que afetam de maneira significativa as condições das rodovias nacionais (RAIA Jr., 2013).

Um estudo recente realizado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2015), denominado “Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho”, apontou que o Brasil teve prejuízo anual de R\$3,8 bilhões somente com a exportação desses grãos devido às condições das rodovias, em especial à deficiência do pavimento.

Portanto, proporcionar segurança e eficiência operacional nas rodovias, além de poupar vidas e feridos graves, também significa economia nos custos de transportes. Um sistema mais eficaz torna o país mais competitivo, tanto no mercado nacional, como na exportação de seus produtos.

1.2 Objetivos

Em vista do exposto, pode-se estabelecer os objetivos desta pesquisa de mestrado em objetivo geral e objetivo específico.

Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar o nível de segurança viária através da evolução da sua acidentalidade viária da malha rodoviária regional, sob responsabilidade da Diretoria Regional 4 do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo, localizada na região central do estado, e compara-la com os objetivos estabelecidos pela Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020, lançada oficialmente, em 2011, pela Organização das Nações Unidas e coordenada pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Objetivos Específicos

Como objetivos específicos desta pesquisa tem-se:

- Identificar os pontos críticos da malha rodoviária regional;
- A descrição da caracterização dos pontos críticos, levando-se em conta a sua localização espacial, trecho urbano ou rural, curvas ou trechos retilíneos; e
- Avaliar o nível de aderência de ações pela segurança no trânsito da gestão da malha viária regional com aquelas propostas pela Década de Ação da OMS/ONU.

1.3 Justificativa

Em décadas passadas, era comum que as pessoas procurassem atender suas necessidades cotidianas quase que exclusivamente no âmbito municipal, principalmente aquelas relacionadas aos municípios de pequenos portes. Com a realidade da globalização, aumentou significativamente a quantidade de viagens de âmbito regional.

Com o aumento da mobilidade das pessoas que vem ocorrendo, principalmente, em nível regional, é preciso que a segurança do sistema rodoviário seja avaliada como um todo. Diariamente, os cidadãos viajam de cidades menores às cidades maiores e mais importantes do ponto de vista econômico, empregos, comercial, de serviços, lazer, educação, saúde etc. para atenderem às suas necessidades cotidianas. O trabalho de Silva (2008) teve como objeto de estudo o município de São Carlos que, junto com Araraquara, são as duas principais cidades da

região central do Estado, e comprovou a grande quantidade de viagens de/para São Carlos e as cidades de menor porte da região.

Utilizando os modos de transportes coletivos ou individuais, os usuários necessitam de uma malha rodoviária segura, que garanta a integridade física e material de seus usuários cotidianos. Com essa demanda expressiva de viagens, há que se buscar sistemas viários mais seguros.

Estudos sobre acidentalidade viária requerem conhecimento de todos os parâmetros envolvidos, os quais estão relacionados direta ou indiretamente com a segurança viária, tais como geometria e o estado de conservação de pavimento. Eles interferem de forma representativa no nível de segurança, devendo ser levados em conta na gestão e planejamento das intervenções nas vias.

O planejamento e execução das intervenções no sistema viário implicam em uma série de atividades coordenadas e planejadas, que requerem uma caracterização integral do problema. Torna-se adequado, como passo inicial, realizar a identificação dos pontos críticos.

Conhecer a atual situação da infraestrutura rodoviária brasileira é importante para se propor soluções adequadas aos problemas. Rodovias em bom estado de conservação são fundamentais para o desenvolvimento do país, para a redução de acidentes e para a sustentabilidade de maneira geral. A inadequada infraestrutura aumenta os tempos de viagens, eleva o custo operacional dos veículos, traz mais riscos aos usuários, dentre outros fatores.

Uma visão holística para entender um sistema global (sistema nacional de trânsito), como sendo constituído por uma combinação de subsistemas estaduais, regionais e municipais, que de alguma forma são interdependentes e inter-relacionados, e que precisam buscar os mesmos objetivos, segundo a visão de Baú (2013). Para os órgãos gestores de trânsito, a visão sistêmica pressupõe que os técnicos de cada órgão gestor entendam o seu papel no todo, além das inter-relações entre os subsistemas que compõem o sistema nacional de trânsito, bem como a interação destes com o “mundo externo”. A visão sistêmica direciona o uso do sistema de indicadores para correlacionar as estratégias com os principais sistemas viários para melhoria do desempenho, visando o atendimento às necessidades de todas as partes interessadas.

Dessa forma, caso o Brasil queira realmente obter resultados positivos em relação aos objetivos traçados pela Década de Ação, é preciso gerenciar de maneira adequada os subsistemas de trânsito.

Este trabalho procura, portanto, identificar os pontos críticos da malha rodoviária da DR-4 de Araraquara, bem como analisar a evolução da sua segurança, tendo como

fundamentação os compromissos assumidos pelo Brasil junto à “Década Mundial de Ações Para a Segurança do Trânsito - 2011/2020: Juntos Podemos Salvar Milhões de Vidas”.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção é apresentada uma revisão bibliográfica abrangendo os conceitos abordados nesta pesquisa, ou seja, rede rodoviária e estudos sobre segurança a ela relacionados, acidentes de trânsito, pontos críticos de acidentes, métodos para identificação de pontos críticos etc.

2.1 Acidentes de Trânsito: Definições

Estima-se que, no ano de 2002, ocorreram cerca de 1,2 milhão de mortes em razão dos acidentes de trânsito (quase 3.300 mortes diárias) e entre 20 e 50 milhões de feridos – muitos ficando com incapacidade física, mental e/ou sequelas psicológicas graves que impedem uma vida normal (FERRAZ; RAIA JR.; BEZERRA, 2008).

Cerca de 15 anos depois, o número de mortes continua crescendo, segundo o relatório da *World Health Organization* (WHO, 2015) numa análise de 178 países; apontou que, em todo o mundo, o número total de mortes no trânsito atingiu 1,25 milhão por ano, em média.

Há, na literatura especializada, várias definições para acidentes de trânsito, com algumas diferenças entre si. O *Highway Safety Manual* – HSM (AASHTO, 2010) define acidente como “uma sequência de eventos que resultem em ferimentos ou danos materiais devido a colisão de pelo menos um veículo motorizado e pode envolver a colisão com outro veículo motorizado, um ciclista, um pedestre, ou um objeto.” Os termos utilizados no HSM não incluem acidentes entre ciclistas e pedestres, ou veículos sobre trilhos.

Segundo Gold (1998), um acidente de trânsito pode ser definido como um evento não intencional que produz ferimentos ou danos, envolvendo ao menos um veículo que circula, normalmente por uma via para trânsito de veículos, podendo ser motorizado ou não.

A NBR 10.697, da Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT, 1989), traz uma definição de acidente de trânsito como sendo

“Todo evento não premeditado de que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública”.

Já a NBR ISO 39.001 (ABNT, 2015) traz uma definição mais sucinta de acidente de trânsito, que é a colisão ou outro impacto em uma via, provocando morte, lesão ou danos.

Uma definição de acidente, proposta por Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), ligeiramente distinta da ABNT (1989), aponta o conceito de acidente como sendo “um evento envolvendo um ou mais veículos, motorizados ou não, em movimento por uma via, que provoca ferimentos em pessoas e/ou danos físicos em veículos e/ou objetos de outra natureza (poste, muro, edificação, sinal de trânsito, propaganda comercial etc.)”.

Um acidente de trânsito numa via pública, segundo O'Flaherty (2006), pode envolver um único veículo rodoviário (por exemplo, um veículo que derrape e capotamento), ou pode envolver um veículo numa colisão (por exemplo, entre um veículo e um ou mais veículos, um pedestre, um animal e/ou objeto fixo). Neste contexto, uma via pública inclui passarelas, veículos rodoviários podem ser veículos motorizados (incluindo ciclomotores, motocicletas e triciclos) ou bicicletas, e o acidente pode produzir uma lesão em uma pessoa (fatal, grave ou leve) ou danificar apenas a propriedade.

Já, para Isen, Shibu e Saran (2013), o acidente é um acontecimento raro, multifatorial, precedido de uma situação ou evento em que um ou mais usuários da via não conseguiram lidar com o ambiente viário, resultando na colisão do veículo.

Ainda, segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), o trânsito é um sistema constituído de três elementos: ser humano, veículo e via/meio ambiente. Esses três elementos devem interagir de maneira adequada entre si caso um destes elementos falhe, um acidente poderá ocorrer.

Gold (1998) acrescenta um quarto elemento na composição do trânsito, que são os fatores institucionais/sociais que habitualmente não são considerados fatores contribuintes na análise de acidentes de trânsito e de pontos críticos.

Segundo Nodari (2003), embora raros, existem acidentes que ocorrem com a associação de apenas um único elemento (humano ou veículo ou via-ambiente). Mas, normalmente, os acidentes resultam da interação de dois ou mais elementos, e algumas vezes não é difícil identificar o elemento contribuinte do acidente.

Além de se definir o sistema de trânsito, aquele em diz que o trânsito é formado pelos três elementos (ser humano, veículo e via/meio ambiente), é importante para se estudar as causas de um acidente, conhecer os tipos de acidentes. Então, em um relatório de acidentes, tem-se que aprofundar e detalhar mais as informações, caracterizando o tipo de acidente (choque lateral, atropelamento, colisão etc.), assim sendo, ficará mais fácil saber como aquele acidente ocorreu (FERRAZ; RAIA JR. BEZERRA, 2008).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 1989), através da Norma Brasileira NBR 10.697/89, conceitua os acidentes de trânsito como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1- Classificação dos acidentes de trânsito, segundo ABNT (1989)

TIPO	DEFINIÇÃO
Atropelamento	Acidente em que o(s) pedestre(s) ou animal(is) sofre(m) o impacto de um veículo, estando pelo menos uma das partes em movimento.
Acidente pessoal de trânsito	Todo acidente em que o pedestre sofre lesões corporais ou danos materiais, desde que não haja participação de veículos ou ação criminosa.
Colisão	Acidente em que um veículo em movimento sofre o impacto de outro veículo, também em movimento.
a) Colisão Traseira	Ocorre frente contra traseira ou traseira contra traseira, quando os veículos transitam no mesmo sentido ou em sentidos contrários, podendo pelo menos um deles estar em marcha ré.
b) Colisão frontal	Colisão que ocorre frente a frente, quando os veículos transitam na mesma direção, em sentidos opostos.
c) Colisão lateral	Colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma direção, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos.
d) Colisão transversal	Ocorre transversalmente, quando veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente.
Engavetamento	Acidente em que há impacto entre três ou mais veículos, num mesmo sentido de circulação.
Choque	Acidente em que há impacto de um veículo contra qualquer objeto fixo ou móvel, mas sem movimento.
Capotamento	Acidente em que o veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido, chegando a ficar com as rodas pra cima, imobilizando-se em qualquer posição.
Tombamento	Acidente em que o veículo sai de sua posição normal, imobilizando-se sobre uma de suas laterais, sua frente ou sua traseira.
Queda	Acidente em que há impacto em razão de queda livre do veículo, ou queda de pessoas ou cargas por ela transportadas.
Outros acidentes de trânsito	Qualquer acidente que não se enquadre nas definições de acidentes com pedestres, atropelamento, acidente com pessoal de trânsito, capotamento, choque, colisão, colisão frontal, colisão lateral, colisão transversal, colisão traseira, engavetamento, queda e tombamento.

Fonte: ABNT (1989)

Para melhor compreensão das causas dos acidentes, além da sua classificação quanto ao tipo, tem-se a classificação quanto à sua gravidade e quanto ao estado físico da vítima.

A classificação feita nos boletins de ocorrência da Polícia Militar, em geral, é dividida em três categorias: i) acidente sem vítimas (apenas danos materiais), ii) com vítimas não fatais

(feridos) e iii) com vítimas fatais. A ABNT 10.697/89 classifica o acidente, segundo estado da vítima, da seguinte forma:

- Fatal – Quando a vítima falecer em razão dos ferimentos recebidos no local do acidente, ou depois de socorrida no período até a conclusão do boletim de ocorrência;
- Grave – Quando a vítima sofrer lesões graves que exigem tratamento médico mais prolongado, por exemplo: ferimentos cranianos, fraturas em geral, cortes profundos, lacerações de grande extensão etc.;
- Leve – Quando a vítima sofrer ferimentos leves, em geral, superficiais, que não exigem tratamento médico prolongado; e
- Ileso – Quando a vítima não sofrer qualquer tipo de ferimento aparente, nem apresentar sintomas ou queixas de lesões internas.

No Brasil, tais classificações são registradas em boletins de ocorrência, juntamente com outras informações, tais como a localização do acidente, momento do acidente, características do condutor, característica do acidente, características do veículo e características da vítima.

Segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra, (2008), a precisão dessas informações no boletim de ocorrência é de extrema importância para que se possa identificar os fatores e causas dos acidentes, para assim definir implementações de ações visando a redução de acidentalidade de trânsito.

Para O'Flaherty (2006), existem quatro abordagens investigativas principais usadas para desenvolver programas de redução de acidentes. Na Grã-Bretanha, por exemplo, são descritas quatro abordagens, como: simples esquemas do local; programas de ação em massa; encaminhar programas de ação; e programas de ação em área específica. Todos envolvem quatro etapas principais de planejamento: a) coleta de dados, armazenamento e recuperação, b) identificação de locais perigosos para estudo adicional, c) diagnóstico do(s) problema(s) do acidente, e d) seleção final dos locais a serem tratados no programa de mitigação dos acidentes.

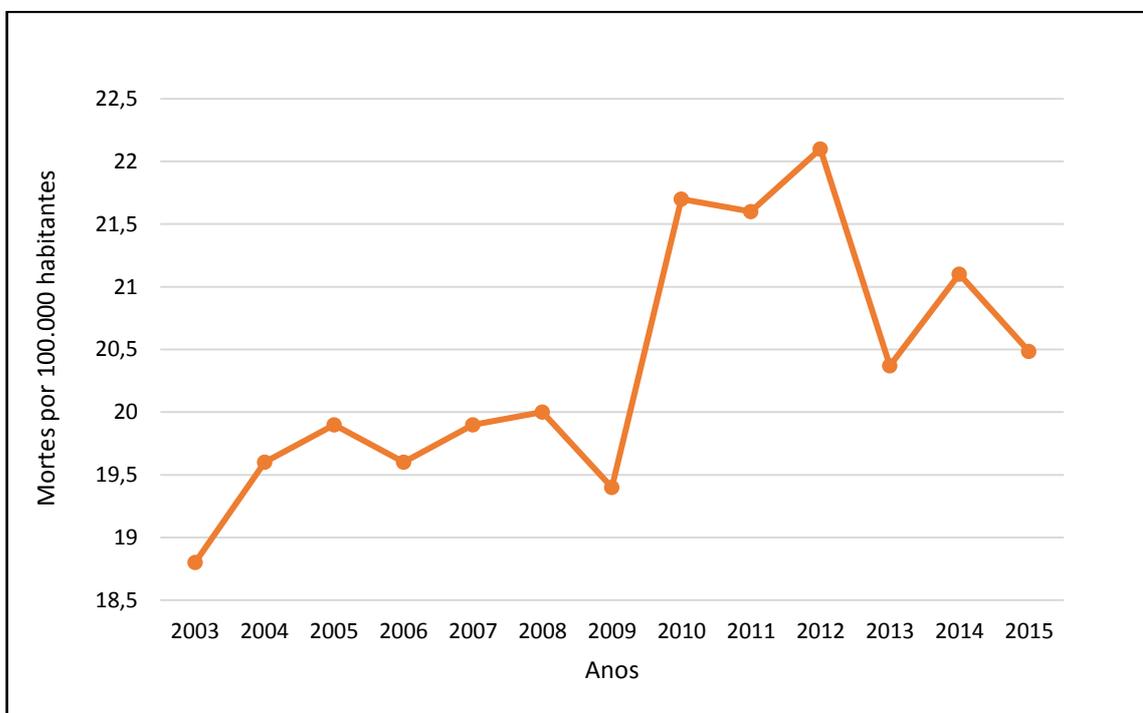
Os acidentes de trânsito são em número crescente em muitos países, principalmente naqueles que estão em desenvolvimento. Para que ocorra a diminuição dessas fatalidades é preciso que se tenha bem definido o que são, como ocorrem e os tipos de acidentes existentes, para que bancos de dados sejam construídos e estudados, e medidas mitigadoras sejam implementadas.

2.2 Acidentes de Trânsito no Brasil

A maioria das mortes de trânsito no mundo ocorre em países de baixa e média renda, onde o rápido crescimento econômico tem sido acompanhado pelo aumento das lesões e óbitos no trânsito. Considerados pela Organização Mundial de Saúde, órgão das Nações Unidas, como sendo um problema de saúde pública, os acidentes de trânsito estão relacionados com os aspectos econômicos de países em desenvolvimento, que perdem cerca de 3% do PIB - Produto Interno Bruto, como resultado de acidentes de trânsito (WHO, 2015).

De acordo com relatório da OMS - Organização Mundial da Saúde (WHO, 2015), apenas em 2013, mais de 41 mil pessoas perderam a vida nas rodovias e ruas brasileiras. O número de mortes em acidentes de trânsito no país deu um salto de 19 por 100 mil habitantes, para 22,1 por 100 mil habitantes, no ano de 2012. O ano de 2013 apresentou 20,4 mortes por 100 mil habitantes, aumentando para 21,2 no ano de 2014; porém, no ano de 2015, houve uma diminuição das mortes, com 20,5 mortes por 100 mil habitantes, como mostra a Figura 1.

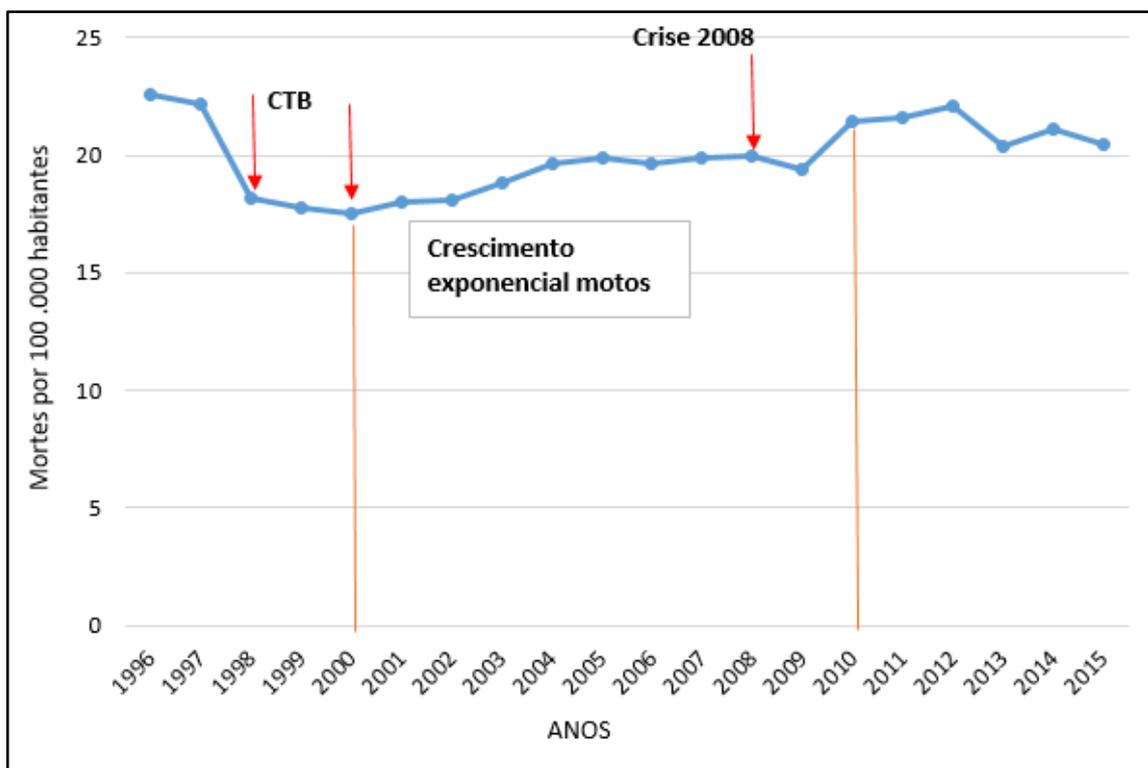
Figura 1 - Taxa de mortos por 100.000 habitantes, no Brasil



Fonte: Adaptado de WHO (2015)

Ao se analisar a Figura 2, observa-se a evolução de mortes no trânsito no período de 1996 a 2015, com uma tendência de aumento de mortes desde o ano 2000. Vasconcellos (2016) destaca que, com a inserção do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em 1998, o índice de mortes por 100 mil habitantes diminuiu para 17,5 mortes, no ano de 2000. Apesar da diminuição, o aumento expressivo do uso de motocicletas fez com que os índices de mortalidade por 100 mil habitantes, nos anos seguintes, aumentassem, chegando a 21,4 mortes por 100 mil habitantes no ano de 2010.

Figura 2 – Índice de mortes no Brasil por 100.000 habitantes (1996-2015)



Fonte: Adaptado de Vasconcellos (2016)

Bacchieri e Barros (2011) também apontam que a taxa de mortalidade no trânsito declinou, de 1998 a 2000, devido à inserção do Código de Trânsito Brasileiro, passando de 19,1 mortos por 100 mil habitantes para 17,1 mortos por 100 mil habitantes. Porém, no período de 2001 a 2004, houve um aumento na mortalidade chegando a 19,6 mortos por 100 mil habitantes. Essa taxa de mortos manteve-se praticamente estável e próxima das 20 mortes por 100 mil habitantes, até o ano de 2008. Os autores atribuem esse aumento nas mortes, a partir do ano 2001, devido também ao maior uso de motocicletas.

A administração do Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT, 2017) contabilizou que, entre os anos de 2002 e 2014, houve em média 52.000 indenizações anuais por acidentes com mortes. Contudo, este número decaiu para 42.000 indenizações em 2015. Outra análise feita é que, neste mesmo período, as indenizações por invalidez permanente cresceram, a partir de 2004, que registraram um total de 22.391, e chegaram ao número de 595.693 indenizações por invalidez permanente, em 2014, sendo que dessas indenizações 76% foram para condutores de motocicletas. Em 2015, porém, essas indenizações por invalidez permanente diminuíram para 516.000, mantendo a proporção de 76% das indenizações para condutores de motocicletas.

Os dados de acidentes de trânsito no Brasil provêm de três fontes: Boletim de Ocorrência Policial (BO), Sistemas de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH-SUS) e Sistema de Informação de Mortalidade (SIM); essas fontes não se somam nem se interligam e não são completas (BACCHIERI; BARROS, 2011).

Como exemplo, pode-se citar os números de mortes no trânsito segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) que destoam dos dados gerados pelo DPVAT (2017). Enquanto pelos dados do MS, os anos de 2013, 2014 e 2015 apresentam os números de mortes de 42.266, 43.780 e 37.305, respectivamente, o DPVAT apresenta o número de mortes de 54.767, para o ano de 2013, 52.226, no ano de 2014 e 42.501, no ano de 2015.

Segundo a CNT (2016), o modal rodoviário é a principal alternativa para a movimentação de pessoas e bens no Brasil, sendo um dos fatores que interferem na segurança viária, devido à pressão crescente do volume de tráfego. Os dados apresentados pela Pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2016) mostram que, entre 2010 e 2016, a frota de veículos no Brasil aumentou 114%. Em 2006, o Brasil apresentava uma frota de veículos de 43.854.594; em 2016, este número passou para 92.281.081 veículos. O destaque fica para a região norte do país, que teve um aumento na frota de veículos de 193,5%.

Neste contexto, segundo o relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015), os acidentes de trânsito tendem a aumentar, pois a expansão de veículos automotores, principalmente a crescente venda de motocicletas, desde final do século passado, aumentou o número de vítimas de trânsito. As motocicletas apresentam características de baixa proteção aos seus usuários em caso de colisão e queda; assim, acidentes de trânsito com motocicletas apresentam um grau maior de severidade, aumentando o número das estatísticas de mortos e feridos. Dados mostram que desde 2003 a frota nacional geral de veículos aumentou 136,5%, a de automóveis 102,6% e a de motocicletas 269,8%.

Segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), em relação a países desenvolvidos, o Brasil apresenta uma relação entre número de mortes e a frota de veículos 12 vezes maior que a Suécia; 11 a do Reino Unido; 9 a da Holanda, Suíça e Alemanha; 8 a de Israel e Austrália; 7 a dos Estados Unidos, Canadá, Japão e França; 6 a da Polônia; e 3 a da Malásia, como é apresentado na Tabela 1.

Estes mesmos autores também reforçam ao dizer que as razões para o crescimento de números de acidentes, no período de 2000 a 2010 são, principalmente: o aumento da frota de veículos (118,01%), o aumento do número de motocicletas que representava 13,65% da frota nacional, em 2000, e passou para 25,91%, em 2010, e também a ineficácia das políticas públicas voltadas para a segurança no trânsito.

Tabela 1- Taxa de motorização e índices de mortalidade no trânsito em alguns países

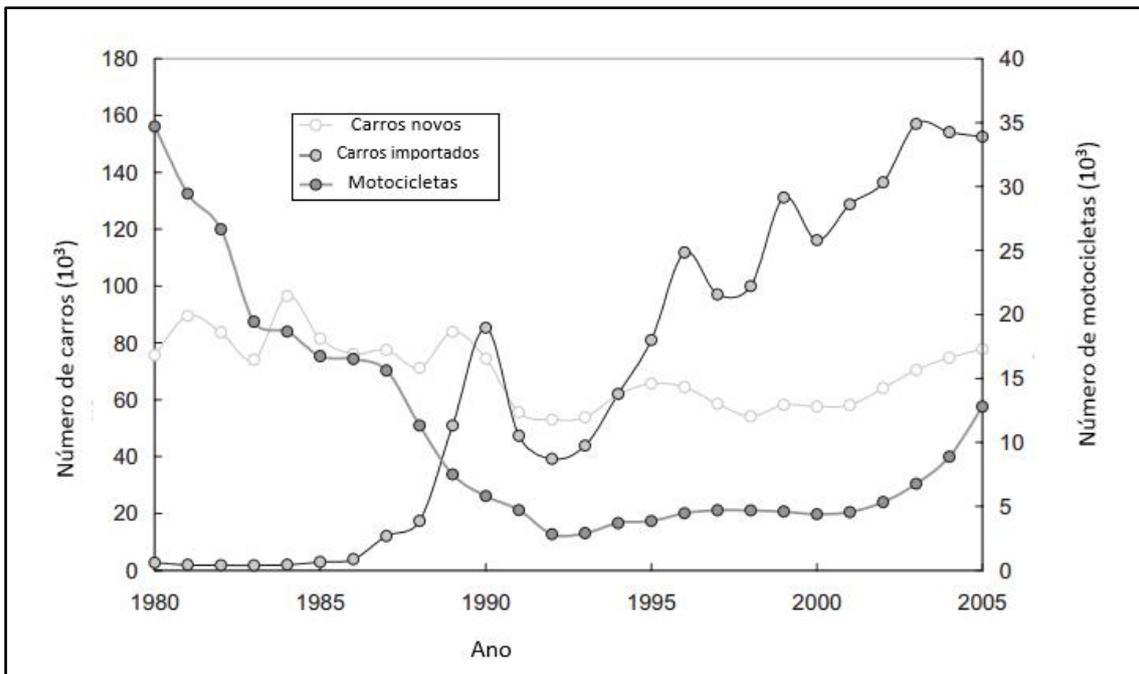
País	Taxa de motorização (veíc/ 100hab)	Índice de mortalidade por ano		
		Mortes/ 100 mil habitantes	Mortes/ 100 mil veículos	Mortes/ Bilhão de veículos-quilômetros
Brasil	33,17	22,14	66,73	54,84
Malásia	67,13	23,83	35,50	17,27
Polônia	51,08	14,30	28,00	9,10
França	61,82	6,80	11,00	7,75
Japão	70,78	4,53	6,40	7,74
Canadá	63,30	7,18	11,50	7,30
Estados Unidos	83,36	11,01	13,21	7,05
Austrália	71,58	6,80	9,50	6,70
Israel	32,31	4,20	13,00	6,40
Alemanha	60,49	5,10	8,00	6,00
Suíça	64,29	4,50	7,00	5,70
Holanda	55,71	3,90	7,00	5,60
Reino Unido	57,28	3,80	6,60	4,59
Suécia	58,56	3,90	7,00	4,40
Portugal	54,25	7,90	15,00	-
México	22,17	4,70	21,20	-
Argentina	33,65	18,34	54,50	-
Camboja	10,20	12,60	123,00	-
Colômbia	5,88	12,00	204,20	-
África do Sul	15,10	32,50	215,30	-
China	2,83	7,60	268,40	-
Bangladesh	0,23	2,90	1250,80	-

Fonte: Ferraz et al. (2012)

Ao se analisar a evolução histórica de acidentes de trânsito no Brasil, nota-se um aumento na acidentalidade a partir do ano de 2001. Fatores como a crescente venda de motocicletas aumentaram os índices de acidentes significativamente.

Existem alguns casos em outros países em que o número de acidentes envolvendo motocicletas diminuiu, pois, aconteceu uma transferência modal, como o caso da Nova Zelândia, que diminuiu seu número de acidentes no trânsito envolvendo motocicletas, quando, em 1987, houve um aumento na importação de carros usados japoneses. Como os carros eram acessíveis, o número de registro de motocicletas diminuía conforme o número de carros importados aumentava, como mostra a Figura 3. Consequentemente, o número de acidentes de trânsito envolvendo motos diminuiu (OECD, 2008). Após 1991, os acidentes de motos voltaram a crescer, na Nova Zelândia, tomada como exemplo, ainda que em proporções menores, mesmo com o aumento da frota de automóveis.

Figura 3 – Registros de carros novos, carros importados e motocicletas na Nova Zelândia (1980-2005)



Fonte: Adaptado OECD (2008)

Em geral, os índices acusam uma diminuição na mortalidade no trânsito toda vez que boas práticas de implementação de novas leis de trânsito são feitas; ao contrário, os índices acusam um aumento na acidentalidade quando se têm um aumento na frota porém, o problema

não está só no aumento dessa frota de automóveis, mas também em como políticas para a diminuição de acidentalidade são aplicadas e fiscalizadas em território nacional.

2.3 Estudos sobre Segurança em Redes Viárias

Tendo em conta a atual conjuntura econômica do país, uma gestão financeira eficiente poderá ser mais facilmente alcançada se forem identificadas as prioridades de futuros investimentos. Neste contexto, a classificação da rede viária regional em função da acidentalidade é fundamental na definição de prioridades de intervenção.

Segundo Ferraz et al. (2012), existem ramos na Engenharia que tem suas atividades aplicadas ao trânsito de maneira mais direta. No caso são as seguintes as mais expressivas: Engenharia Viária, Engenharia de Tráfego, Engenharia Automotiva e Engenharia Eletrônica. A Engenharia Viária trata do projeto, construção e manutenção da infraestrutura viária, que é constituída das vias e obras de arte (pontes, viadutos, passarelas, trevos, rotatórias, túneis etc.), já, a Engenharia de Tráfego contempla o sistema de operação do trânsito e a gestão da segurança viária.

Algumas pesquisas foram feitas para analisar a influência da Engenharia viária na segurança viária. Autores como AMADOR-JIMENEZ e AFGHARI (2015), BUDDHAVARAPU, SMIT E PROZZI (2013), BUDDHAVARAPU, SMIT e PROZZI (2015), LINDENMANN (2006), GROSS, ECCLES E NABORS (2011), LI, LIU e DING (2013), PEREIRA et al. (2012) e SILVA et al. (2011), dentre outros, estudaram a influência dos pavimentos asfálticos nos acidentes de trânsito.

Silva (2008) versa sobre métodos de levantamento de defeitos e avaliação das condições estruturais, funcionais e de segurança dos pavimentos asfálticos nas estradas estaduais sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP. Aborda, também, alguns aspectos administrativos da Autarquia Estadual. Apresenta, o autor, o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGPDER/SP) com as particularidades regionais do Estado de São Paulo, pelo qual se busca maior eficiência no levantamento de dados e na análise para escolha de soluções técnicas e economicamente mais viáveis, para construção, restauração e conservação de suas rodovias.

Outra característica que influencia nos acidentes de trânsito é a geometria da via. Brenac (1996), Coakley et al. (2016), Ben-Bassat e Shinar (2011), Alian et al. (2016), Rosey e Auberlet

(2012), Garcia (2008) e Schirmer e Caus (2014) são alguns exemplos de autores que estudaram a geometria da via como um fator que contribui para a ocorrência de acidentes.

Nodari (2003) acredita que o desempenho do motorista depende da combinação de características como geometria da via, sinalização horizontal e vertical. A rodovia também deve oferecer condições para que o motorista que, eventualmente cometa um erro, possa retomar o controle do veículo antes que o acidente ocorra ou, pelo menos se o acidente for inevitável que a sua gravidade seja minimizada.

Tanto a sinalização vertical quanto a horizontal também são importantes na prevenção de acidentes, afirmam os autores Costa et al. (2014), Metz e Krüger (2014), Koyuncu e Amado (2008), Carlson (2015) e Khan et al. (2012), que pesquisaram a relação entre motoristas e os sinais de trânsito com as possíveis causas de acidentes.

Costa et al. (2014), em sua pesquisa, estudaram a relação entre o motorista com a sinalização, em um trecho de 8 quilômetros, e concluíram que os dados vistos pelos motoristas da sinalização vertical, não são interpretados corretamente, desmentindo a suposição de que os sinais de trânsito verticais moldam o comportamento dos motoristas e podem moldá-lo erroneamente.

Outra maneira de se analisar a segurança viária é através de seus aspectos econômicos e os impactos que ela gera sobre as malhas rodoviárias.

Costa, Boaventura e Dantas (2015) analisaram teórica e empiricamente a relação entre a qualidade da malha rodoviária e os custos associados a esta infraestrutura. Concluiu-se que os resultados econométricos rejeitaram a hipótese de que a malha rodoviária de melhor qualidade reduz o número de acidentes, o que pode ser explicado pelo fato de que, nas rodovias de melhor qualidade, o nível de atenção dos motoristas é menor, aumentando a velocidade média na pista e o fluxo de veículos.

O DER/SP, gestor da malha rodoviária objeto de estudo desta dissertação, tem como missão administrar o sistema rodoviário estadual, sua integração com as rodovias municipais e federais e a sua interação com os demais modos de transporte, objetivando o atendimento aos usuários no transporte de pessoas e cargas. Assim, este trabalho tem também como objetivo explorar as metodologias para definição de pontos críticos, para assim contribuir e identificar quais trechos da malha viária precisam de uma intervenção e, conseqüentemente, ter uma diminuição nos casos de acidentes.

Peña (2011) realizou análise dos acidentes de trânsito ocorridos em interseções entre rodovias federais no Estado de Santa Catarina, com identificação da tipologia dos acidentes e

suas gravidades, bem como a caracterização destas interseções. Também foram determinadas as interseções críticas inseridas no Estado de Santa Catarina.

Um dos aspectos importantes no estudo da segurança viária é aquele relacionado com a identificação de locais ou pontos críticos de acidentes. A utilização de ferramentas que auxiliam essa identificação, como é o caso dos mapas de acidentes, podem ser úteis e necessários para a elaboração de medidas mitigadoras.

Salvador e Goldner (2005) analisaram a segurança viária em rodovias estaduais patrulhadas de Santa Catarina, tendo como base dados de acidentes de trânsito, ocorridos em 2002. Calculou-se, adicionalmente, índices de acidentes para cada rodovia, obtendo-se aquelas mais críticas, de acordo com a classificação funcional das rodovias. Fez-se, também, um estudo estatístico dos acidentes registrados nas rodovias mais críticas, indicando, dentre outras informações, os meses e dias da semana de maior incidência dos mesmos.

Schmitz e Goldner (2011) e Schmitz (2011) desenvolveram estudos de caráter qualitativo e quantitativo, que visava a análise de segmentos críticos de rodovias, propondo interfaces de análise e manipulação de dados alfanuméricos. O estudo de caso teve como escopo a rodovia BR-285, no trecho situado no Rio Grande do Sul.

2.4 Pontos Críticos ou Pontos Negros

Segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra. (2008) e Ferraz et al. (2012), é de grande importância a identificação dos locais onde é maior a concentração de acidentes, os chamados locais críticos ou pontos negros. Podem ser um ponto da via (interseção ou trecho com pequena extensão, algo como 100 metros), um trecho de via (segmento relativamente extenso), uma área (espaço compreendendo várias vias) ou lugares com características similares (cruzamentos ferroviários em nível, interseções semaforizadas etc.).

Em uma visão mais simples, os pontos negros de acidentes são geralmente definidos como locais da via com potenciais de acidentes relativamente altos (OPPE, 1982; TAWAR e DASS, 2017).

A identificação dos locais críticos e da natureza dos acidentes críticos (considerando uma característica individual ou a associação de duas ou mais delas) constitui o trabalho mais importante com vistas à definição de ações mitigadoras a serem implementadas, seja no âmbito da Engenharia, Educação, Esforço Legal, Medicina de Tráfego, Psicologia do Trânsito etc.

Considera-se locais críticos aqueles sobre a rede de vias que apresentam padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência pré-estabelecida e/ou que estejam associados a níveis de segurança viária que coloquem em risco os usuários do sistema viário.

Ponto crítico, segundo a definição geral, se caracteriza por um local específico que apresenta uma frequência de acidentes de trânsito excepcionalmente elevada, segundo os índices gerais da malha viária. Não existe uma definição absoluta do tipo: “um ponto crítico é um local com mais de ‘x’ acidentes por ano”. Não obstante, poderiam ser adotadas, temporariamente, definições desse tipo para fins de dimensionamento de políticas e programas de redução de acidentes (GOLD, 1998).

Os principais pontos negros ao longo de uma determinada rodovia ou classe de rodovias, ou seja, locais com mais acidentes do que o padrão para esse tipo de rodovia e nível de tráfego, são identificados a partir de uma análise de dados de tráfego coletados durante um período recente, geralmente de 1 a 3 anos (O’FLAHERTY, 2006).

Para uma das quatro abordagens para melhorar a segurança de tráfego são os pontos negros, por meio de tratamento de locais específicos ou trechos curtos de rodovias em que haja uma concentração de acidentes, como por exemplo, semáforos (OGDEN, 1994).

Elvik (2008) descreve que alguns locais da Europa, tais como Áustria, Dinamarca, Flandres (região de língua flamenga da Bélgica), Alemanha, Hungria, Noruega, Portugal e Suíça identificam os locais críticos em termos de frequência de acidentes. A única exceção é Portugal, que tem uma definição de ponto crítico pelo método empírico Bayes.

A Austrália, por sua vez, possui um programa de identificação dos pontos críticos chamado de *Black Spot Programme*. Ele define lugar crítico como sendo aquele local que apresenta números de acidentes incomuns com relação a outro local. Os programas para identificação de locais críticos possuem bons resultados quanto à relação custo-efetivo e a diminuição de acidentes de trânsito. No estado de *South Australia*, o local crítico é definido como sendo aquele em que ocorreram pelo menos três acidentes em cinco anos (HUTCHINSON, 2011).

Nogueira, Ribeiro e Rodrigues (2013) realizaram um estudo, em Portugal, no qual apresentou um modelo de classificação da rede viária, em função da acidentalidade, integrado em um sistema de informação geográfica (SIG). Foi definida uma equação para se obter um Índice de Acidentes Rodoviários, através da combinação dos seguintes indicadores: Indicador

de Gravidade, Indicador de Danos Materiais e o Indicador dos Custos. O concelho¹ de Barcelos (Portugal) foi utilizado como estudo de caso. O método para analisar a rede viária foi colocado em prática e, com o auxílio da ferramenta SIG, foi possível determinar as vias com maior número de colisões, além de analisar a cobertura espacial das ocorrências de acidentes para determinar a centralidade e dispersão dos locais com maior incidência de acidentes de trânsito.

Em Portugal, a definição de local crítico ou ponto negro é a extensão de rodovia com o máximo de 200 metros, no qual, no ano em análise, se registrou, pelo menos 5 acidentes com vítimas e cujo valor do indicador de gravidade é superior a 20 (CCDRN, 2008). Em outros países, distintos critérios são utilizados para se determinar o local crítico como, por exemplo, na Áustria, na qual o *black spot* é definido segundo dois critérios: i) o local deve conter 3 ou mais acidentes no período de 3 anos, e ii) possuir um coeficiente relativo de pelo menos 0,8 (ELVIK, 2007).

França (2008), em seu estudo, analisou as rodovias sob jurisdição estadual de Santa Catarina, no qual estudou a ocorrência dos acidentes de trânsito, entre os anos de 2002 e 2005, também com o auxílio do SIG. No trabalho optou-se pela análise do segmento da rodovia com a quantidade total de acidentes, desagregando pelos tipos de acidentes e também pelo número de mortes. Não foi utilizado nenhum método para o cálculo dos pontos críticos, mapeando os acidentes somente de acordo com a sua frequência.

Já, Silva, Macedo e Kohlman Rabbani (2016) utilizaram a ferramenta SIG para fazer identificação e análise dos pontos negros (*black spots*) de um trecho da BR-101, entre a Cidade do Cabo de Santo Agostinho e Igarassu, no Estado de Pernambuco. Para identificar os pontos críticos, foram utilizados três diferentes métodos: i) a frequência de acidentes por quilômetro, ii) a taxa de acidentes, e iii) a taxa crítica de acidentes.

Com a aplicação dos três métodos, foi possível fazer uma correlação entre eles para, assim, definir o melhor método para a visualização dos pontos negros e mapeá-los, além de se fazer seu diagnóstico de segurança.

Os procedimentos disponíveis para identificação de locais que apresentam um padrão anormal de segurança viária baseiam-se no fato de que os acidentes, apesar de sua ampla distribuição espacial, tendem a agregar-se em determinados locais da malha viária.

¹ Considerando os municípios, há certa diferença entre Brasil e Portugal. No Brasil, o município exerce a função de divisão territorial e autarquia local, que fornece serviços constituídos por diferentes órgãos. Já, em Portugal, essa divisão seria realizada entre o concelho (divisão territorial) e o município (autarquia local).

Ishizaka et al. (2008) analisaram pontos críticos de acidentes de trânsito em severidade, pertencentes à rede viária da cidade de Maringá, com aproximadamente 300.000 habitantes, no Estado do Paraná.

2.5 Métodos para Identificação de Locais Críticos em Acidentes de Trânsito

Os métodos para identificação de locais críticos encontrados na literatura nacional são classificados em quatro alternativas: i) numéricos, ii) estatísticos, iii) técnicas de conflito, e iv) auditoria de segurança viária. Estes métodos estão descritos a seguir.

2.5.1 Métodos Numéricos Absolutos

Os Métodos Numéricos Absolutos consideram a quantidade de acidentes de forma absoluta, sem ponderá-los com qualquer outra variável. O custo social do acidente de trânsito é visto como uma sofisticação desse método. Considera-se nesta categoria duas técnicas: i) Técnica do Número de Acidentes - considera somente o número de ocorrências em um cruzamento ou trecho de via, e ii) Técnica da Severidade de Acidentes - associa a cada nível de gravidade um determinado peso ou ponderação.

2.5.1.1 Técnica do Número de Acidentes

A Técnica do Número de Acidentes considera somente o número total de ocorrências em um cruzamento ou trecho de via, em um período de tempo estabelecido, definindo-se como locais críticos aqueles com quantidade de acidentes superior à média aritmética das ocorrências registradas em cada um dos locais em análise. Este método apresenta baixo custo de execução. É utilizado para a identificação de locais críticos (interseções ou trechos) com grandes números de acidentes e elevado volumes de tráfego.

2.5.1.2 Técnica da Severidade de Acidentes

A Técnica da Severidade de Acidentes leva em conta a frequência e a gravidade dos acidentes, associando a cada nível de gravidade um determinado peso. Como exemplo, pode-se apresentar a metodologia do DENATRAN (1987), indicada para a determinação da periculosidade do local de acidentes, na qual se utiliza o conceito de Unidade Padrão de

Severidade (UPS). A UPS pode ser definida como sendo a soma do número de acidentes com danos materiais, de acidentes com feridos e de acidentes com vítimas fatais, ponderados pelos seus respectivos fatores, apresentados a seguir:

- Acidente com Somente Danos Materiais (D) - Fator de ponderação 1;
- Acidente com Feridos (V) - Fator de ponderação 5;
- Acidente com Vítimas Fatais (F) - Fator de ponderação 13.

Nos casos em que se considera relevante dar maior peso aos acidentes com pedestres como vítimas, por exemplo, DENATRAN (1987) sugere o emprego de outros fatores ponderados, como dispostos a seguir:

- Acidente com Somente Danos Materiais (D) - Fator de ponderação 1;
- Acidente com Feridos (V) - Fator de ponderação 4;
- Acidente com Feridos Envolvendo Pedestre (P) – Fator de ponderação 6;
- Acidente com Vítimas Fatais (F) - Fator de ponderação 13.

Assim, a severidade em acidentes para um local em análise será expressa em UPS, conforme a Equação 1 ou Equação 2.

$$\textit{Severidade (UPS)} = D \times 1 + V \times 5 + F \times 13 \quad (1)$$

$$\textit{Severidade (UPS)} = D \times 1 + V \times 4 + P \times 6 + F \times 13 \quad (2)$$

2.5.2 Métodos Numéricos Relativos

Os Métodos Numéricos Relativos consideram a quantidade de acidentes, porém, dentro de um universo de possibilidades, levando em conta os riscos ou periculosidade (frequência de acidentes *versus* volume de tráfego) e as tendências (evolução histórica na frequência de acidentes) para o local em estudo. Considera-se nesta categoria duas técnicas: i) Técnica da Taxa de Acidente, e ii) Técnica da Taxa de Severidade dos Acidentes

2.5.2.1 Técnica da Taxa de Acidente

A Técnica da Taxa de Acidentes relaciona a quantidade de acidentes de trânsito com o volume de tráfego em cada local. Apresenta como vantagem a neutralização da influência do volume veicular no nível de acidentes, já que locais com elevados volumes de tráfego tendem, normalmente, a possuir maior probabilidade de ter maior número de acidentes. As taxas de acidentes são normalmente expressas em *acidentes por milhões de veículos* que trafegam por uma interseção ou *acidentes por milhões de veículos x km* em um trecho de via. O período para levantamento de dados é, em geral, de um ano ou os últimos 12 meses. Pode ser calculada segundo a Equação 3.

$$T = \frac{A \times 10^6}{P \times V \times E} \quad (3)$$

Onde:

T = Acidentes por milhões de veículos × quilômetro (km);

A = Número de acidentes no trecho;

P = Período de estudo do trecho (em dias);

V = Volume médio diário de veículos que passa no trecho; e

E = Extensão do trecho (em km).

2.5.2.2 Técnica da Taxa de Severidade dos Acidentes

A Técnica da Taxa de Severidade dos Acidentes é uma combinação das duas últimas técnicas, a técnica da taxa de acidente e a técnica de número de acidentes. A Técnica da Taxa de Severidade dos Acidentes relaciona a quantidade de acidentes, expressa em UPS - Unidade Padrão de Severidade, com o volume de tráfego. Expressa em *UPS por milhões de veículos* que trafegam por uma interseção, ou em *UPS por milhões de veículos x km* em um trecho de via. As expressões para o cálculo dessas taxas são semelhantes às apresentadas para a Técnica da Taxa de Acidentes, substituindo apenas o número de acidentes pelo número de acidentes expresso em UPS. Assim, essa taxa é determinada pela Equação 4.

$$T = \frac{\text{Número de UPS} \times 10^6}{P \times V \times E} \quad (4)$$

Onde:

T = UPS por milhões de veículos × quilômetro (km);

UPS = Unidade Padrão de Severidade;

P = Período de estudo do trecho (em dias);

V = Volume médio diário que passa no trecho; e

E = Extensão do trecho (em km).

2.5.3 Método Estatístico

O Método Estatístico envolve a utilização de modelos matemáticos probabilísticos, que determinam os locais onde o risco de acidente é superior ao estimado ou esperado.

2.5.4 Técnica de Conflitos de Tráfego

A Técnica de Conflitos de Tráfego baseia-se na relação entre acidente e suas causas e as situações de conflitos de tráfego ou de “quase acidentes” e suas causas. Pode ser utilizado para identificar locais críticos potenciais, em que nenhum acidente foi registrado, e como diagnóstico auxiliar para tratamento de locais críticos em que ocorreram os acidentes.

Segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), a aplicação de uma técnica de conflito visa quantificar e tipificar os conflitos de tráfego existentes em um local, com o intuito de obter informações para definir as ações mitigadoras visando reduzir a acidentalidade viária.

A técnica de análise de conflitos de tráfego é muito utilizada devido à relativa facilidade de se obter resultados satisfatórios para a segurança viária, pois muitas vezes não se tem disponível as séries históricas de acidentes de trânsito de um determinado local. Sem que haja necessidade de se ter acesso a tais séries, é possível se obter parâmetros a partir da aplicação da técnica de conflitos, para a melhoria das condições de segurança viária em curto espaço de tempo e com custo relativo baixo (ROBLES, 2007; ROBLES; RAIA Jr., 2008).

2.5.5 Auditoria de Segurança Viária

Auditoria de Segurança Viária baseia-se na ação preventiva de verificação de fatores de risco. Os auditores, especialistas em análise de acidentes e segurança viária, aplicam uma lista de verificação sistemática (*check list*), desenvolvida para detectar deficiências importantes. A

verificação pode ser realizada nas etapas de projeto, antes da liberação das vias ao tráfego, ou como revisão da segurança em vias existentes.

Pode ser definida como uma análise formal, do ponto de vista de segurança do trânsito, de uma via, elemento viário ou esquema de circulação, existente ou projetado, por uma equipe de examinadores qualificados e independentes. A auditoria pode ser empregada para avaliar desde o caso simples de uma interseção em nível, até sistemas viários complexos envolvendo vias e interseções, passando pela análise de sistemas de sinalização e esquemas de circulação do trânsito. A Auditoria tem como objetivo principal identificar possíveis problemas relativos à segurança viária e apresentar soluções para reduzir ou eliminar esses problemas (FERRAZ; RAIÁ Jr.; BEZERRA, 2008).

2.5.6 Métodos Numéricos e Manuais Nacionais

O Programa PARE - “Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito”, além do Manual com a metodologia de tratamento de locais críticos, propõe um projeto destinado à melhoria do registro, coleta, organização, análise e tratamento de dados de acidentes de trânsito, incluindo a capacitação de recursos humanos nos municípios brasileiros. Elaborado de modo a constituir um guia simples e prático para o tratamento de locais críticos pelo Ministério dos Transportes, no ano de 2002, sua aplicação pode ser estendida a outros órgãos, principalmente aos Departamentos Estaduais de Trânsito – DETRANs (BRASIL, 2002).

A metodologia do Programa PARE para identificação de locais críticos é estruturada com base nos métodos numéricos, mais precisamente nas técnicas da severidade e da taxa de severidade.

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

Outro método, proposto pelo manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2009), utiliza o método da Taxa de Severidade, também denominada Índice de Severidade, ponderada por Classe de Acidente (com danos materiais, com feridos, com mortos) e considera como local crítico o trecho quilométrico com Taxa ou Índice de Severidade maior que a Taxa ou Índice de Severidade Crítica do Trecho de Análise.

Tal técnica tem como vantagens as práticas de análise do Método da Severidade com as do Método da Taxa de Acidentes, pois relaciona a quantidade de acidentes, expressa em UPS (Unidade Padrão de Severidade), UPS por milhões de veículos x km em um trecho de via.

A expressão utilizada para cálculo dessas taxas considera o número de acidentes, expresso em UPS, e a massa de exposição aos acidentes, expressa pelo produto do período de estudo pelo VDM (volume diário médio) do trecho homogêneo em que se insere o local analisado e a extensão de via correspondente.

Para o cálculo da Taxa de Severidade Crítica é aplicada a metodologia de cálculo de “Índice Crítico”, preconizada na publicação “Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias”, editado pelo DEST/DNER (DNIT, 2009), em 1986, cuja formulação é apresentada na Equação 5.

$$I_c = I_{pm} + k \times \sqrt{\frac{I_{pm}}{Exp} - \frac{0,5}{P \times VDM \times E}} \quad (5)$$

Onde:

I_{pm} = Taxa ou Índice de Severidade ponderado médio do trecho = UPS do trecho / Exposição do trecho homogêneo que se insere o Local analisado. É calculado com base na média das taxas de severidade de todos os segmentos quilométricos componentes do trecho homogêneo. Os trechos homogêneos para a análise são aqueles uniformes quanto às características físicas e operacionais, incluindo o VDM-volume diário médio;

UPS = Unidade Padrão de Severidade = pesos adotados para Acidente com Danos Materiais = 1; Acidente com Vítima Ferida = 4; Acidente com Mortes = 13, parâmetro instituído pelo Denatran (1987) e utilizada para determinação da periculosidade do local em acidentes;

Exp. (exposição) = VDM x E x nº de dias período x 10^{-6} ;

k = coeficiente adotado (determina o nível de significância de um determinado índice de acidente calculado), onde $k = 2,576$, para um nível de significância 0,005, como mostra a Tabela 2;

E = Extensão do trecho (km).

Tabela 2- Tabela dos valores do coeficiente k de acordo com o nível de significância α

α	k
0,100 = 10,0%	1,282
0,050 = 5,0%	1,645
0,010 = 1,0%	2,330
0,005 = 0,5%	2,576
0,001 = 0,1%	3,000

Fonte: DNIT (2009)

O valor do coeficiente k está relacionado com o nível de significância requerido no teste de hipótese (H_o). O nível de significância, por sua vez, é o valor da probabilidade tolerável de incorrer no erro de rejeitar H_o , quando H_o é verdadeira. Quando o número de acidente é maior que I_c , rejeita-se o H_o , e quando o número de acidente é menor que o I_c , não se rejeita H_o , e o trecho não é crítico.

Assim, um local é considerado “Trecho ou Local Crítico” quando a Taxa ou Índice de Severidade do trecho quilométrico analisado resultar maior do que a Taxa ou Índice de Severidade Crítico do Segmento Homogêneo de Análise em que o local analisado se insere.

Outro manual, o *Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo* (DNER, 1998), fornece metodologias utilizadas pelo DNIT na implantação de programas de redução de acidentes, com base na análise das características desses acidentes, e nos locais onde eles se encontram. A metodologia proposta para a identificação de segmentos críticos é feita com uso conjunto dos seguintes elementos:

- **Cadastro de trechos:** é apresentado, em volumes individuais (versões anuais), por DRF-Distrito Rodoviário Federal, contendo o mapa esquemático e a listagem de computador; a utilização desse cadastro é necessária, principalmente, na identificação de trechos distintos e na compatibilização dos mesmos;
- **Listagem das Seções Críticas:** é composta, basicamente, por dois blocos de dados, cujas chaves de acesso são: DRF, rodovia, código do trecho e referências quilométricas (limites do trecho e do segmento concentrador de acidentes);
- **Listagem de relação de acidentes em segmentos concentradores de acidentes:** são apresentados os desdobramentos dos segmentos concentradores de acidentes, constantes da listagem anterior, através dos códigos do DRF, da rodovia e do trecho; dos quilômetros das ocorrências; dos números das fichas de

acidentes e respectivos números de lote e sequencial; dos códigos do tipo de acidente e da gravidade.

Esses são alguns dos manuais existentes no Brasil, relacionados com o método para localização de pontos críticos. Tem-se, também, outros manuais como a análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes de grandes centros urbanos. Neste manual é considerado o ambiente urbano presente nas rodovias (DE MENESES, 2001).

França (2008) utilizou apenas a frequência de acidentes para localizar os pontos críticos em seu estudo. Já Silva, Macedo e Kohlman Rabbani (2016) utilizaram três taxas: a frequência de acidentes por quilômetro, a taxa de acidentes e a taxa crítica de acidentes. Teodoro, Alcântara e Barbosa (2014) utilizaram e compararam os métodos numéricos presentes no Programa PARE (taxa de acidentes, taxa de severidade de acidentes) e a técnica estatística espacial (Estimador de Intensidade de Kernel). O objeto de estudo foi uma via arterial urbana de Belo Horizonte-MG.

Além dos manuais nacionais, alguns manuais estrangeiros também são utilizados para a localização dos segmentos ou pontos críticos. Nos manuais estrangeiros, os pontos críticos são indicados como *black spot*, *hazardous spot* e *hot spot*.

2.5.7 Métodos Numéricos e Manuais Internacionais

Segundo o “Manual de Planejamento de Acessibilidades e Transportes: Segurança Rodoviária” (CCDRN, 2008), a investigação de acidentes apoia-se em um modelo onde o número de vítimas é proporcional a três fatores (exposição, risco e gravidade), como mostra a Equação 6.

$$Vítimas = Exposição \times Risco \times Gravidade = Exposição \times \frac{Acidentes}{Exposição} \times \frac{Vítimas}{Acidentes} \quad (6)$$

Em uma situação de tráfego, como a situação de circulação de um automóvel a uma determinada velocidade, ao longo de um trecho de rodovia com determinada característica geométrica básica, quer seja a execução de uma ultrapassagem, pode-se considerar um “risco intrínseco”. No entanto, cada situação ocorre em diferentes locais e estão envolvidas com diferentes utilizadores do sistema, fazendo-se uso de distintos modos de locomoção, gerando um nível de risco diferente, que poderá se designar como “risco real”. Assim, o “risco real”

associado a uma determinada situação de tráfego do tipo (i) pode ser caracterizado na forma da Equação 7.

$$RREAL_i = f(RIS_i; CON; VEÍ; INF; AMB) \quad (7)$$

Onde:

$RREAL_i$ - Risco real associado à situação do tipo i ;

RIS_i - Risco intrínseco associado à situação do tipo i ;

CON - Fator de ponderação da influência dos usuários envolvidos;

VEI – Fator de ponderação da influência dos veículos envolvidos;

INF - Fator de ponderação da influência da infraestrutura; e

AMB – Fator de ponderação da influência do ambiente envolvente.

Por outro lado, os níveis de acidentes ao longo de um período de tempo numa rede viária qualquer, associados a cada tipo de tráfego, dependem não só do “Risco Real” associado a cada situação, mas também da frequência desse tipo de situação, que tem por nome “Exposição ao Risco” expressado segundo a Equação 8.

$$SINIS_i = g(RREAL_i; EXP_i) \quad (8)$$

Onde:

$SINIS_i$ – Sinistralidade associada à situação do tipo i ;

EXP_i - Frequência de uma situação tipo i .

A Equação 9 mostra o somatório dos níveis de acidentes relativos a cada tipo de situação de tráfego que resultará em um “Nível Global de Acidentalidade” do sistema rodoviário que estiver em consideração.

$$\text{Nível Global de Acidentalidade} = \sum_{i=1}^n (SINIS_i) \quad (9)$$

Outro manual bastante conhecido e utilizado é o *Transportation and Traffic Engineering Handbook* (ITE, 1982), americano, que utiliza uma metodologia de análise dos acidentes dividida em duas áreas: o estudo individual e o detalhado dos acidentes com ocorrência em locais similares, os quais servem para diferentes propósitos. Para a quantificação dos trechos,

são necessárias três espécies de taxas: uma para junções e duas para seções da rodovia. O formato R_j é um simples número relacionado a milhões de usuários todavia, as seções da rodovia possuem comprimentos variáveis e diferentes exposições ao risco de acidentes. Assim, as taxas por seções da rodovia são importantes em termos de acidentes por milha ou quilômetro por ano R_m ou por milhão de milhas ou milhões de quilômetros viajados por ano na seção R_s . As equações para essas taxas são definidas de acordo com as Equações 10, 11 e 12, respectivamente.

$$R_j = \frac{2A \times 10^6}{T(V_1 + V_2 \dots V_n)} \quad (10)$$

$$R_m = \frac{365A}{TL} \quad (11)$$

$$R_s = \frac{A \times 10^6}{TVL} \quad (12)$$

Onde:

R_j = Taxa de envolvimento ou acidentes no cruzamento por milhões de veículos envolvidos;

A = Acidentes ocorridos em T dias;

T = Período (dias) em que os acidentes foram contados, usualmente 365 dias;

V = Velocidade média do tráfego na seção (veículos por dia);

V_1 = Média anual do tráfego em uma junção (n = número de junções);

R_m = acidentes por milha ou quilômetro por ano R_m ;

L = Comprimento das seções por milha (ou km) por ano;

R_s = Taxa de envolvimento ou de acidente por milhões de veículos milha ou km viajado.

Porém, segundo esta metodologia, a taxa não é indicada se o número de acidentes é pequeno. Na prática, nenhuma taxa baseada em três ou menos acidentes é confiável; o ideal é a existência de cinco ou mais acidentes para cálculo da taxa (ITE, 1982).

Vários manuais utilizam como método para o *black spot* a frequência de acidentes, taxas de acidentes e gravidade dos acidentes. Um manual que também utiliza essa técnica é o de PIARC – *Road Accident Investigation Guidelines for Road Engineers* (PIARC, 2007). Além

dessas taxas e frequências, o manual apresenta algumas taxas de acidentes também utilizadas no método, como mostra a Equação 13, onde a densidade do acidente (A_d) é calculada.

$$A_d = \frac{A}{L.T} \left(\frac{\text{Acidente}}{\text{Km por ano}} \right) \quad (13)$$

Onde:

A_d = densidade do acidente;

L = comprimento da seção a ser investigada (km);

A = número de acidentes que ocorreram no comprimento da seção “L”;

T = número de anos.

Esta taxa é tipicamente calculada anualmente. Em alguns países, os chamados mapas de frequência de acidentes são produzidos com base na densidade de acidentes para mostrar as partes mais perigosas da rede. O problema é que essa taxa não leva em conta o volume de tráfego. Portanto, tem um valor elevado em caso de alto volume de tráfego também. Outra taxa bem conhecida é aquela já exemplificada pela Equação 3.

A taxa da Equação 3 é baseada no conceito de que existe uma relação linear entre o número de acidentes e o volume de tráfego. Um volume de tráfego crescente, geralmente, contém um número maior de acidentes. Porém, quando o tráfego aumenta em 1%, o número de acidentes também aumenta, mas, geralmente, em menos de 1%. Isso, provavelmente, ocorre pelo fato do aumento do tráfego fazer com que a velocidade diminua e também faz com que o condutor tenha mais atenção (ELVIK; VAA, 2015).

Desde 2001, a Turquia dispõe de seu Manual de Pontos Negros. Uma das intervenções de segurança viária mais eficazes é eliminar os chamados pontos negros, isto é, remediar os locais propensos a acidentes ao longo das vias. Isso inclui as seguintes etapas: identificar os pontos negros, estudar os problemas (diagnóstico) em cada ponto, projetar contramedidas adequadas, estimar seus efeitos, definir prioridades, implementar e, finalmente, acompanhar e avaliar os resultados. O *Black Spot Manual* inclui todas essas etapas (SWE ROAD, 2001a, b).

2.5.8 Uso de SIG em estudos sobre pontos negros

A tarefa de análise da acidentalidade no trânsito se tornou bastante facilitada com a utilização de sistemas informatizados que incluem Sistema de Informação Geográfica-SIG

(*Geographic Information System-GIS*, em inglês), para o mapeamento dos acidentes no espaço, o que exige a existência de arquivo com mapa digitalizado da cidade ou rodovia (FERRAZ et al., 2012).

Em vários estudos são utilizadas as ferramentas SIG, como no caso de Andrade et al. (2013) e Batistão, Tachibana e Silva (2016). Eles usaram a ferramenta SIG para georreferenciar os locais com maior concentração de acidentes e, assim, identificar os pontos críticos. Porém, autores como Dereli e Erdogan (2017) fizeram uso dos métodos estatísticos espaciais baseados em alguns modelos (regressão de Poisson, regressão binomial negativa e método empírico bayesiano) e construíram um modelo no SIG para analisar todos os métodos utilizados.

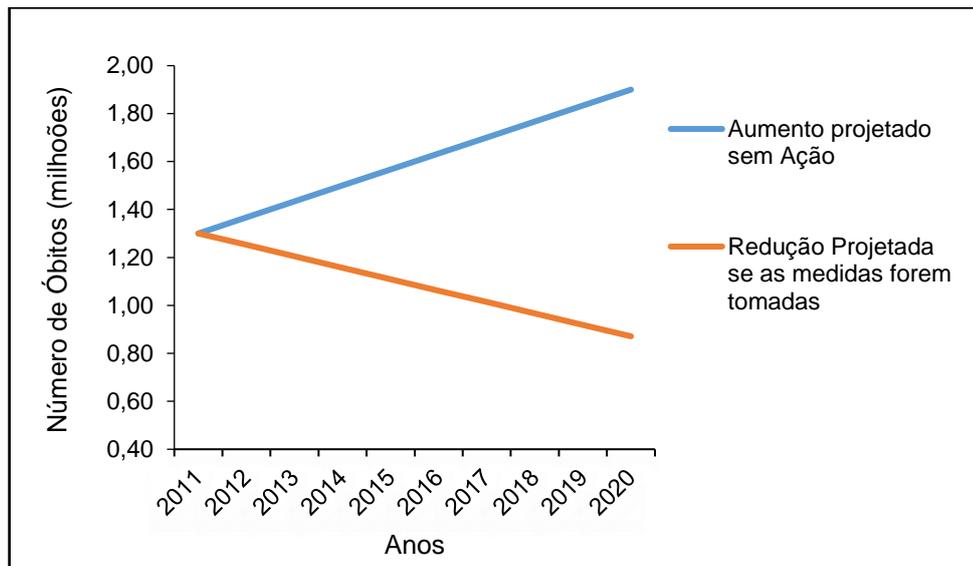
Chen (2012) elaborou um estudo no qual defende que tecnologias geoespaciais são de grande importância na determinação e construção de mapas com os pontos negros do sistema viário.

O estudo desenvolvido por Isen, Shibu e Saran (2013) identifica os pontos negros de acidentes em dois distritos da Índia, também usando o Sistema de Informação Geográfica. O estudo inclui a coleta de dados de acidentes secundários e prioriza os locais propensos a acidentes usando o método do índice de gravidade ponderada (WSI).

2.6 A Década de Ação para a Segurança Viária

Todos os anos, cerca de 1,3 milhão de pessoas morrem no trânsito, em nível mundial, representando uma média de mais de 3.000 mortes por dia. Noventa por cento das mortes no trânsito ocorrem em países em desenvolvimento. Os acidentes de trânsito estão entre as três principais causas de mortes para pessoas entre 5 e 44 anos de idade. Isto é, em parte, resultado de um aumento rápido na motorização, sem melhoria suficiente nas estratégias de segurança rodoviária. As consequências econômicas dos acidentes foram estimadas entre 1% e 3% do PIB de cada país, atingindo um total de mais de US\$ 500 bilhões (WHO, 2015).

Devido ao grande número de mortes no trânsito e seus custos referentes à economia de cada país, a Assembleia Geral das Nações Unidas, sob a coordenação da Organização Mundial da Saúde, em 2010, proclamou o período 2011-2020 como a Década de Ação para a Segurança Viária (WHO, 2011). Sua meta global é a de estabilizar e, em seguida, reduzir o nível previsto de mortes nas vias globais em cerca de 50%, poupando, assim, 5 milhões de mortes no trânsito, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Meta da Década de Ação pela segurança viária

Fonte: Adaptado de WHO (2015)

A Década proporcionou um prazo para ações e incentivos políticos, tanto em nível mundial como nacional. Os 178 países participantes da ação podiam usar a década como um estímulo para integrar a segurança rodoviária em seus programas de assistência. Conseqüentemente, os países em desenvolvimento podiam usar a década para acelerar a adoção de programas de segurança rodoviária, enquanto que os países desenvolvidos podiam usá-la para avançar na melhoria do desempenho da segurança rodoviária.

Para conseguir diminuir os números previstos de mortes no trânsito, alguns objetivos e metas foram estabelecidos pela Década de Ação pela Segurança Viária, tais como (WHO, 2011):

- Aderir e implementar plenamente os principais acordos e convenções relacionados com a segurança viária das Nações Unidas;
- Desenvolver e implementar estratégias e programas de segurança viária sustentável;
- Estabelecer um objetivo viável para a redução das mortes no trânsito até 2020, baseando-se nas metas regionais de acidentes;
- Fortalecimento da infraestrutura de gestão e capacidade de implementação e técnica das atividades de segurança viária em nível nacional, regional e global;
- Melhorar a qualidade da coleta de dados em níveis nacional, regional e mundial;

- Monitorar o progresso e o desempenho em uma série de indicadores predefinidos nos níveis nacional, regional e mundial;
- Incentivar o aumento do financiamento para a segurança viária e uma melhor utilização dos recursos existentes, nomeadamente através da garantia de um componente de segurança viária nos projetos de infraestruturas rodoviárias; e
- Capacitação em níveis nacional, regional e internacional para abordar a segurança viária.

A primeira Conferência Global foi realizada em Moscovo, em 2009, com o lema “*Tempo de agir*”; ela representou o início da Década Mundial de Ações para a Segurança do Trânsito 2011-2020, instituída pela ONU. Com a Carta de Moscovo, foi registrado um compromisso entre os 178 países para a redução pela metade do número de mortos e feridos no trânsito, até 2020. Na resolução, foi sugerido que na metade da década fossem organizadas reuniões envolvendo os Estados membros. No Brasil, em novembro de 2015, foi realizada a segunda conferência, em Brasília, com o lema “*Tempo de resultados*”. Foi a hora e a vez de cada país representante da Carta de Moscovo mostrar os avanços realizados nestes cinco primeiros anos no seu território (OLIVEIRA, 2016).

Em setembro de 2015, as Nações Unidas lançaram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que inclui os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que substituem os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). A segurança viária não estava incluída na agenda dos ODM, mas faz parte da nova Agenda de 2030. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas 169 metas visam equilibrar as dimensões econômicas, sociais e ambientais do desenvolvimento sustentável e estimular a ação nos próximos 15 anos nessas áreas críticas. Incluem dois objetivos relacionados com a segurança rodoviária, um no ODS 3 (no domínio da saúde) e um no ODS 11 (no transporte para cidades sustentáveis) (WHO, 2016).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 3 e 11 dizem que:

Meta de desenvolvimento sustentável 3: Garantir uma vida saudável e promover o bem-estar de todas as pessoas em todas as idades: (...). Até 2020, reduzirá para metade o número de mortes e lesões causadas por acidentes rodoviários.

Meta de desenvolvimento sustentável 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis: (...) Em 2030, permitir o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis e

sustentáveis para todos, melhorando a segurança rodoviária, nomeadamente através da expansão dos transportes públicos, com especial atenção às necessidades das pessoas vulneráveis, das mulheres, das crianças, das pessoas com deficiência e dos idosos (WHO, 2015).

Na Região das Américas, os acidentes de trânsito matam, em média, 154.089 pessoas por ano, representando 12% das mortes no trânsito em todo o mundo. A morte no trânsito tem aumentado na região das Américas. Em função disso, os países precisam acelerar o ritmo com que implementam medidas de segurança viária eficazes, para alcançar o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável adotado recentemente sobre a segurança viária, para reduzir pela metade o número de mortes no trânsito até 2020 (WHO, 2016).

Na América do Sul, países como Chile, Argentina, Paraguai e Uruguai possuem taxas de mortes por 100 mil habitantes menores que as do Brasil. Enquanto o Brasil registra 22 mortes por 100 mil habitantes, o Chile, a Argentina, o Paraguai e o Uruguai possuem, respectivamente, 9, 12, 16 e 17 mortes por 100 mil habitantes (WHO, 2015).

Com a Década de Ação pela Segurança Viária, o Brasil aderiu ao chamamento e convocou órgãos do governo, a iniciativa privada e a sociedade civil para desenvolver o Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a Década 2011-2020. O Plano constitui de medidas para a redução de mortes e lesões no trânsito, apoiadas por cinco pilares: fiscalização, educação, saúde, infraestrutura e segurança veicular (BRASIL, 2010).

No Brasil, não existem institutos amplos de pesquisas em segurança viária. Existem apenas algumas universidades que possuem departamentos de engenharia civil ou de transportes, sendo que alguns dos quais incluem segurança viária como tema de estudo e pesquisa, como é o caso do DECiv/UFSCar. Isso dificulta a meta que o Brasil deverá alcançar de redução em 50% nos acidentes de tráfego até o final da década de segurança viária (LUOMA; SIVAK, 2012).

Ao se avaliar o transcurso de cerca de 40% da Década de Ação para a Segurança Viária, constata-se que o Brasil não apresenta resultados positivos, já que os números de mortes apresentados nos anos de 2011 a 2014 não apresentam quedas consistentes. Os números de mortes no ano de 2011 foi de 43.256, e o de 2014, 43.780 (BRASIL, 2017).

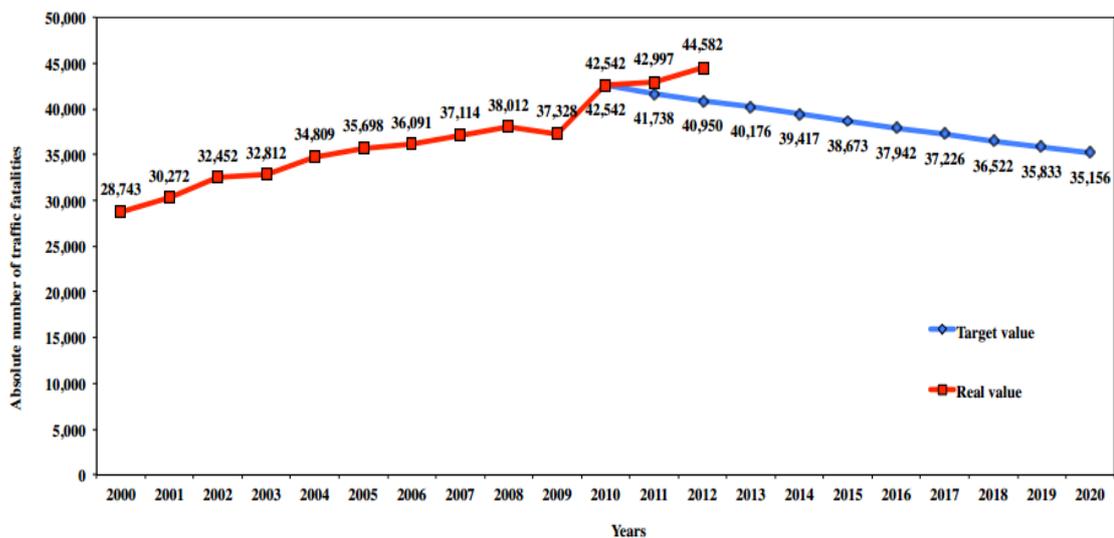
São muitos os desafios a serem enfrentados pelo Brasil com relação à Década, e alguns dos pontos negativos apontados por Oliveira (2016) são: a falta de divulgação de modo contínuo de campanhas educativas no trânsito; a falta da educação de trânsito ao longo de toda grade curricular do ensino fundamental e médio; a revisão do processo de habilitação, que muitas

vezes é falho na formação de motoristas; e envidar esforços em prol da fabricação de veículos que atendam os padrões mínimos de segurança estabelecidos pela OMS.

Verifica-se que, no Brasil, em nível institucional, existe uma falta de administração efetiva de segurança rodoviária, que diz respeito aos níveis nacional, estadual e local. O DENATRAN-Departamento Nacional de Trânsito, organização federal responsável pelo trânsito e sua segurança, não possui mão de obra suficientemente qualificada para a área de segurança viária. Além disso, parece que o governo e a sociedade não consideram a segurança uma prioridade e, conseqüentemente, as ações empregadas para segurança viária não estão bem integradas (LUOMA; SIVAK, 2012).

Ao se analisar os primeiros quatro anos da Década, fica evidente que o Brasil não vem obtendo melhorias nos números de mortes no trânsito, caminhando em direção contrária à meta global, já que seus números de mortes no trânsito não apresentaram redução. Segundo Bastos (2014), analisando dados de acidentes até 2012, o Brasil apresenta uma tendência de aumento nos números de mortes no trânsito desde 2000, como mostra a Figura 5. Ele detalha, também, o quanto os números de mortes deveriam diminuir para se atingir a meta de redução de 50% de mortes.

Figura 5 – Número de Mortes no trânsito no Brasil – Valor real e Meta



Fonte: Bastos (2014)

Conforme a Figura 5, para que o Brasil atinja a meta da Década de Ação para Segurança Viária, é necessário diminuir seu número de mortes no trânsito para próximo de 35 mil mortes, isso segundo a projeção de Bastos (2014). Assim, para que esta meta seja atingida, o Brasil

precisa implementar melhorias nos cinco pilares propostos pela Década: usuários mais seguros, infraestrutura e veículos mais seguros, atendimento à vítima e gestão da segurança viária.

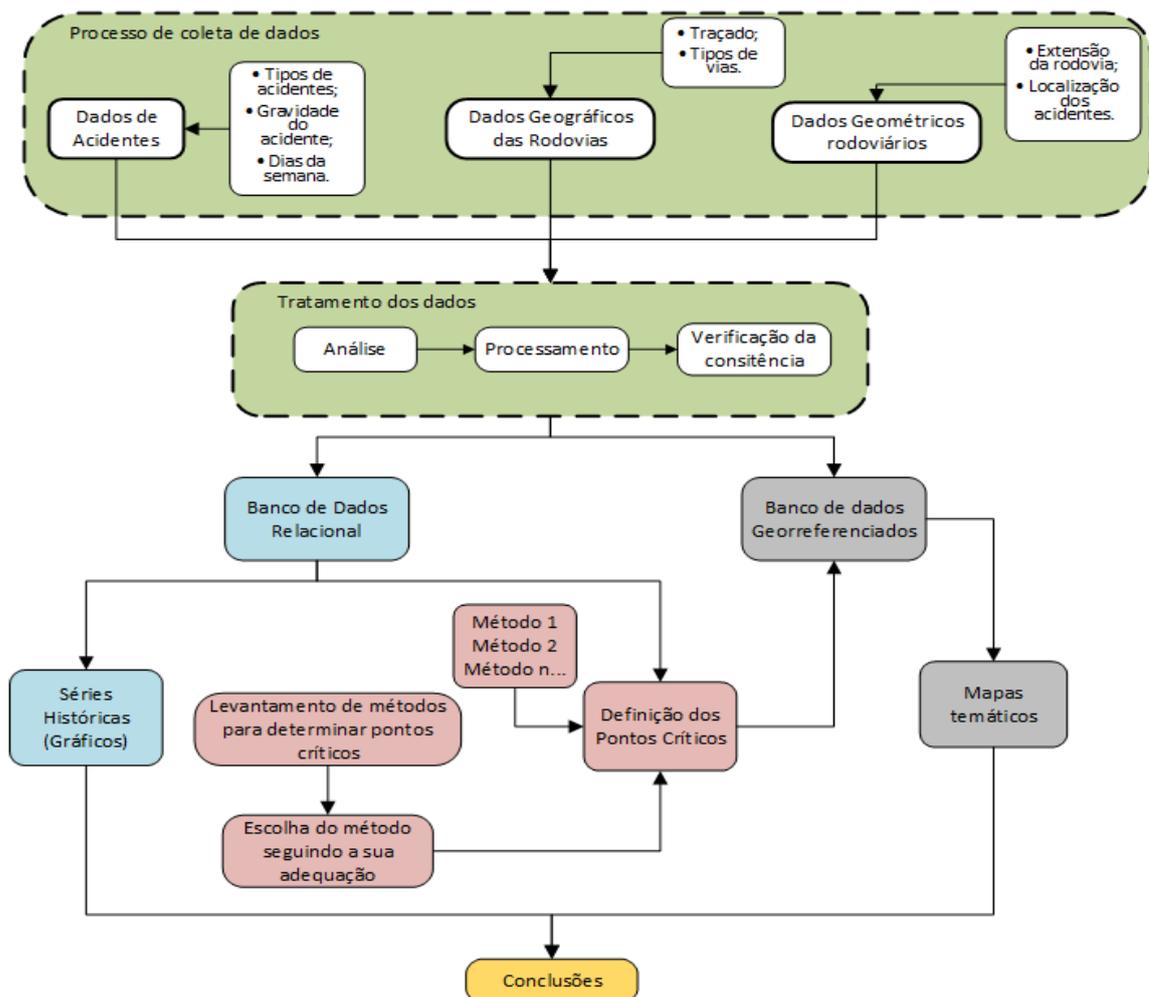
3. METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa, descrevendo e detalhando as suas etapas.

3.1 Fases da Metodologia

A metodologia para o desenvolvimento desta pesquisa consiste em 6 fases, esquematizadas de maneira sintetizada na Figura 6, e devidamente descritas em seguida.

Figura 6 – Esquema das fases da metodologia utilizada



Fonte: Autor

3.2 Descrições das fases

1. **Processo de coleta de dados** - Os dados sobre a acidentalidade viária na região central do Estado de São Paulo, objeto de estudo desta pesquisa, são fornecidos pela Diretoria Regional 4 do Departamento de Estradas de Rodagem, sediada na cidade de Araraquara.

Estes dados são coletados, originalmente, pela Polícia Militar Rodoviária, através de Boletins de Ocorrência (BO), os quais irão se constituir num processo de elaboração de um banco de dados de acidentes, por parte da DR-4. Estes dados servem para estudos sobre a acidentalidade e gestão da malha viária sob sua jurisdição.

Os dados dos acidentes utilizados nesta pesquisa correspondem àqueles relacionados ao período de 2010 a 2014, que correspondem aos dados disponíveis que se encontram dentro do período da Década de Segurança no Trânsito da ONU. Na verdade, a Década tem seu início em 2011, porém para se analisar a evolução do primeiro ano em termos de acidentes, torna-se necessário coletar os dados do ano imediatamente anterior, ou seja, 2010.

Além dos dados de acidentes coletados, também foi empreendida uma conversa informal com o engenheiro responsável do DER, sr. José Henrique Martiniano, para se obter detalhes a respeito da aplicação dos conceitos da Década, ou seja, qual o nível de aderência do DR-4 em relação aos objetivos da Década de Ação para Segurança Viária.

Os dados de acidentes disponibilizados pelos relatórios do DER e utilizados neste estudo correspondem, além da quantidade de ocorrências, a existência de vítimas e a gravidade das vítimas. Adicionalmente, obtém-se os tipos de acidentes (colisão frontal, colisão lateral, capotamento etc.). A localização de cada acidente, também, está disponibilizada nos relatórios do DR-4, que fornecem o quilômetro da via onde ele ocorreu, como por exemplo: SP-225, km 120 mais setecentos metros. Nos relatórios, também, se obtém a informação da extensão total da malha rodoviária do DR-4 e se a pista é do tipo simples ou dupla.

2. **Tratamento dos dados** - Os dados fornecidos pela DR-4 do DER são disponibilizados em forma de relatórios impressos. Esses dados passam, então, por um processo de análise, verificação de consistência e, por fim, pode-se compor os bancos de dados utilizados nesta pesquisa (relacional e georreferenciado). Os dados que se apresentaram como suspeitos foram questionados junto ao DER para se dirimir dúvidas a respeito de sua veracidade.

3. **Banco de dados** - Após o tratamento dos dados, foram formados dois bancos de dados, o relacional e o georreferenciado. A série histórica feita a partir do banco de dados relacional serviu também para montar os gráficos, caracterizando os tipos de acidentes, o total de acidentes presente na malha rodoviária, a porcentagem de acidentes por espécie, o número

de acidentes segundo os dias da semana, o número de acidentes fatais, o número de acidentes pelos tipos de acidentes (colisão frontal, capotamento, colisão traseira etc.) e também o número de mortos no período (2010 a 2014). Há que se lembrar que 2014 foi o último ano para o qual se dispunha os dados de acidentes.

4. **Definição dos pontos críticos** - Um levantamento de métodos disponíveis para determinar os pontos críticos foi feito. Após a definição do método que foi utilizado, os pontos críticos da malha rodoviária do DR-4 foram calculados; os métodos foram escolhidos, pois já são métodos utilizados por órgãos rodoviários federais. Além disso, a seleção de locais críticos usando o método de classificação simples de contagem de acidentes é arbitrário, sendo somente quantitativo e não qualitativo, o que pode não ser adequado aos objetivos da pesquisa. Tabelas informando os pontos críticos foram construídas e mapas temáticos indicando a localização dos pontos críticos elaborados.

5. **Banco de dados georreferenciados** - A partir do banco de dados georreferenciados, foram elaborados mapas temáticos indicando os pontos críticos. Os mapas foram feitos utilizando o programa QGIS², em ambiente SIG-Sistema de Informações Geográficas.

6. **Comparação dos resultados de acidentalidade obtidos com aqueles apregoados pela Década de Ação** - neste ponto, procurou-se fazer análises comparativas entre os dados de acidentalidade viária reais registrados na malha regional sob a responsabilidade da DR 4/DER com os valores previstos e obtidos segundo as metas estabelecidas pela OMS/ONU.

7. **Aderência de ações do DR 4/DER aos objetivos da Década** - Através de uma conversa informal com o engenheiro responsável pela malha regional do DER, procurou-se conhecer o nível de aderência das ações implementadas pela Diretoria Regional 4 do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo com os objetivos traçados pela Década de Ações.

8. **Conclusões** - Nesta última etapa, pôde-se então verificar os resultados obtidos nas etapas anteriores. A análise visual dos mapas gerados é a primeira e imediata forma para a verificação dos dados obtidos, e os gráficos obtidos geram a possibilidade de uma análise estatística.

² <http://qgisbrasil.org/>

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados, com a caracterização da malha rodoviária (objeto de estudo), a caracterização dos acidentes na malha rodoviária do DR-4 e as análises relacionadas a esses resultados.

4.1 Caracterizações da malha rodoviária objeto de estudo

O Departamento de Estradas de Rodagem (DER) é o órgão executivo rodoviário dos Estados e sua função é administrar o sistema rodoviário estadual e sua integração com as rodovias municipais e federais, com o objetivo de atender aos usuários de transporte de pessoas e cargas. O DER paulista possui sua sede administrativa em São Paulo e cinco Superintendências Regionais que contam com o apoio de 14 escritórios regionais (Divisões Regionais), unidades descentralizadas das Superintendências. Cada divisão regional é dividida em Residências de Conservação (RC).

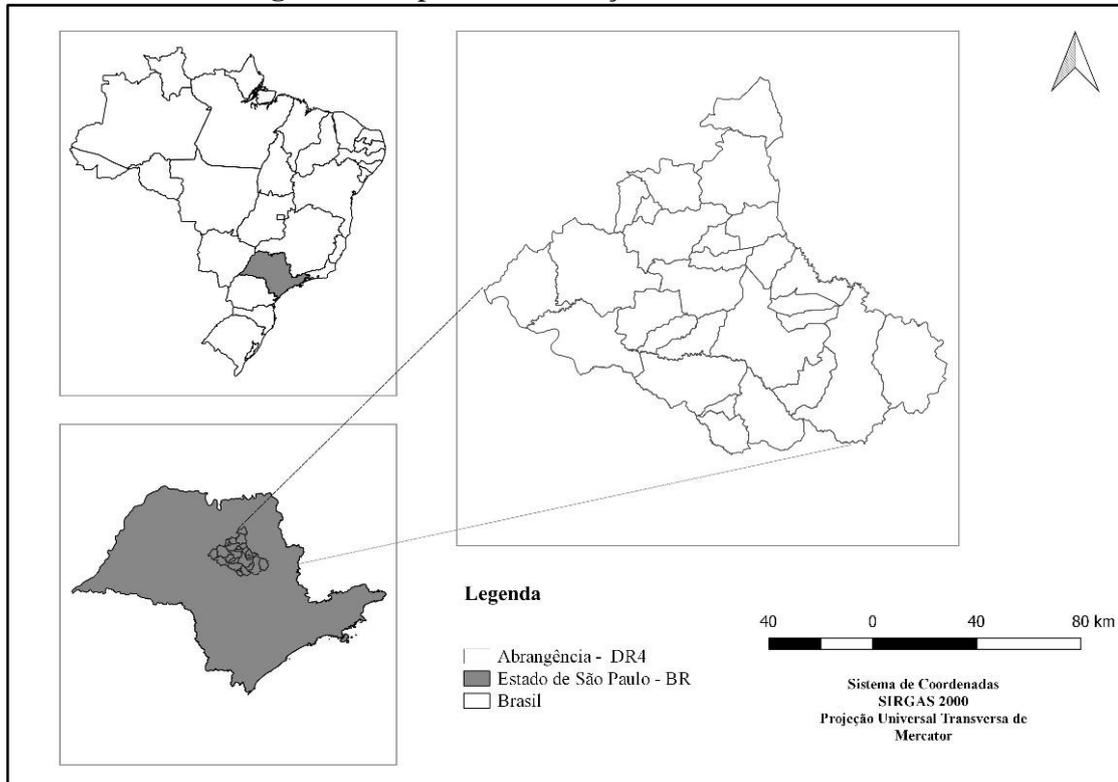
A malha rodoviária em estudo está sob a responsabilidade da DR-4 do DER-SP, sediada em Araraquara, e abrange vinte e oito municípios: Américo Brasiliense, Araraquara, Boa Esperança do Sul, Borborema, Cândido Rodrigues, Descalvado, Dobrada, Dourado, Fernando Prestes, Gavião Peixoto, Guariba, Ibaté, Ibitinga, Itápolis, Jaboticabal, Matão, Monte Alto, Motuca, Nova Europa, Pitangueiras, Ribeirão Bonito, Rincão, Santa Ernestina, Santa Lúcia, São Carlos, Tabatinga, Taquaritinga e Trabiçu. A área em destaque na Figura 7 apresenta a abrangência do território sob a responsabilidade da Divisão Regional 4 – Araraquara-SP.

As rodovias estaduais de São Paulo são identificadas pela sigla SP, seguida de seu código correspondente. São classificadas da seguinte forma:

- **Radiais:** são aquelas que estão alinhadas com o marco zero;
- **Transversais:** aquelas que ligam localidades do Estado, sem estarem alinhadas com o marco zero;
- **Marginais:** aquelas adjacentes às rodovias e construídas sobre a mesma faixa de domínio, com a finalidade de distribuir o tráfego lindeiro;
- **Acessos:** as que ligam cidades ou logradouros às rodovias;
- **Interligação:** trechos que ligam rodovias entre si; e

- **Dispositivos:** complementos rodoviários que permitem a conexão de rodovias entre si.

Figura 7–Mapa de Localização da área de Estudo



Fonte: Autor

Quanto à codificação das rodovias estaduais paulistas, é adotada a seguinte sistemática:

- **Radiais:** codificadas com números da série par, de 2 a 360, correspondentes, aproximadamente, ao azimute da linha que liga o marco zero (Praça da Sé, na Capital) ao meio da diretriz da rodovia;
- **Transversais:** codificadas com números da série ímpar, correspondentes, aproximadamente, à sua distância média ao marco zero;
- **Marginais:** codificadas com o mesmo código das rodovias que lhes deram origem, acrescidos após a sigla SP, da letra M, que indica marginal, e após o numeral, da letra D, para marginal direita e da letra E, para marginal esquerda;
- **Acessos:** codificados por dois conjuntos de numerais, separados por barra, representando, o primeiro, o indicativo do quilômetro da rodovia onde sai o

acesso e, o segundo, o código da rodovia que lhe dá origem, precedidos da sigla SPA;

- **Interligações:** codificados por dois conjuntos de numerais, separados por barra, representando, o primeiro, o indicativo do quilômetro da rodovia e, o segundo, o código da rodovia que lhe dá origem, precedidos da sigla SPI;
- **Dispositivos:** codificados por dois conjuntos de numerais, separados por barra, representando o primeiro, o indicativo do quilômetro da rodovia de localização do dispositivo e, o segundo, o código da rodovia que lhe dá origem, precedidos da sigla SPD.

Deste modo, a codificação das rodovias fica da seguinte maneira:

- **Rodovia Radial:** SP-XXX;
- **Rodovia Transversal:** SP-XXX;
- **Marginal Direita:** SPM-XXX-D;
- **Marginal Esquerda:** SPM-XXX-E;
- **Dispositivo:** SPD-XXX/XXX;
- **Interligação:** SPI-XXX/XXX.

As Residências de Conservação (RC) pertencentes à DR-4 são: Araraquara-SP (4.1), São Carlos-SP (4.2) e Jaboticabal-SP (4.3). A malha rodoviária regional sob responsabilidade da DR-4 apresenta uma extensão de 565,69 quilômetros. Desse total, 327,81 km são de rodovias transversais e radiais (tronco), 192,20 km são de rodovias de acesso e 45,68 km são dispositivos.

O Quadro 2 apresenta as rodovias transversais e radiais, chamadas de rodovias tronco, a descrição de cada trecho através do quilômetro inicial e o final, a extensão, a característica da pista e a qual residência de conservação que ela pertence. O Quadro 3 contém informações das características das rodovias de acesso e o Quadro 4 dispõe dos dispositivos.

Quadro 2– Características das rodovias radiais e transversais (SP) da DR-4

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INÍCIO km	FIM km	EXTENSÃO	PISTA	RC
SP 215	SP-310 - SP-255	146,70	209,90	63,20	simples	4.2
SP 253	Div. DR 8 - Jaboticabal	204,29	224,40	20,11	simples	4.3
SP 255	Araraquara - Rio Jacaré	83,20	95,16	11,96	simples	4.1
SP 255	SP-310-Div. DR3	95,16	124,02	28,86	simples	4.2
SP 257	SP-255-Américo Brasiliense-Rincão	4,00	19,50	15,50	simples	4.1
SP 304	Bariri-Borborema	352,32	406,70	54,38	simples	4.1
SP 305	Jaboticabal-Monte Alto	0,00	19,40	19,40	simples	4.3
SP 317	Ibitinga- Itápolis	0,00	22,00	22,00	simples	4.1
SP 319	SP-310-Taquaritinga	0,00	9,70	9,70	simples	4.3
SP 321	Div. DR 3- SP- 304	406,55	412,00	5,45	simples	4.1
SP 321	SP-310-Ibitinga	0,00	58,50	58,50	simples	4.1
SP 333	SP-304 - Div.DR 3	212,45	231,20	18,75	simples	4.1

Fonte: DR-4 (2016)

Quadro 3- Características das rodovias de acesso (SPA) da DR-4

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INÍCIO km	FIM km	EXTENSÃO	PISTA	RC
SPA 004/257	Penitenciária - Am. Brasiliense	0,00	4,50	4,50	simples	4.1
SPA 016/305	Acesso Monte Alto	0,00	0,39	0,39	simples	4.3
SPA 020/317	Acesso Itápolis	0,00	0,60	0,60	dupla	4.1
SPA 027/331	Acesso Nova Europa	0,00	3,00	3,00	simples	4.1
SPA 040/331	Acesso Tabatinga	0,00	3,20	3,20	simples	4.1
SPA 051/255	Acesso Rincão	0,00	12,16	12,16	simples	4.1
SPA 069/255	Acesso Américo Brasiliense	0,00	4,00	4,00	simples	4.1
SPA 074/255	Acesso Villares	0,00	4,40	4,40	simples	4.1
SPA 077/255	Acesso Araraquara - V. Xavier	0,00	2,20	2,20	simples	4.1
SPA 085/255	Acesso Araraquara - Campus	0,00	1,00	1,00	simples	4.1
SPA 106/255	Acesso Pedra Branca	0,00	7,13	7,13	simples	4.2
SPA 107/333	Acesso Barrinha	0,00	4,02	4,02	simples	4.3
SPA 111/215	Acesso Descalvado	0,00	3,55	3,55	simples	4.2
SPA 112/255	Acesso Boa Esp. do sul	0,00	1,05	1,05	dupla	4.2
SPA 112/333	Acesso Jaboticabal - Unesp	0,00	6,83	6,83	simples	4.3
SPA 114/255	Acesso Boa Esp. do sul	0,00	1,00	1,00	dupla	4.2

SPA 115/255	Acesso Trabiju	0,00	7,00	7,00	simples	4.2
SPA 117/215	Acesso Descalvado	0,00	3,33	3,33	simples	4.2
SPA 119/333	Acesso Jaboticabal	0,00	1,30	1,30	dupla	4.3
SPA 136/215	Acesso Capela Aparecida	0,00	1,10	1,10	simples	4.2
SPA 145/333	Acesso Taquaritinga	0,00	0,78	0,78	simples	4.3
SPA 147/215	Acesso São Carlos	0,00	2,40	2,40	simples	4.2
SPA 147/333	Acesso Taquaritinga	0,00	2,00	2,00	dupla	4.3
SPA 149/215	Acesso Broa	0,00	13,14	13,14	simples	4.2
SPA 160/333	Acesso Guararoba	0,00	1,23	1,23	simples	4.3
SPA 168/333	Acesso Nova América	0,00	0,40	0,40	simples	4.1
SPA 181/215	Acesso Rib. Bonito	0,00	1,90	1,90	simples	4.2
SPA 182/333	Acesso Itápolis	0,00	4,00	4,00	simples	4.1
SPA 196/215	Acesso Dourado	0,00	1,20	1,20	simples	4.2
SPA 209/333	Acesso Borborema	0,00	2,00	2,00	simples	4.1
SPA 268/310	Acesso Araraquara - Storino	0,00	2,85	2,85	dupla	4.1
SPA 271/310	Acesso Araraquara - E. Cruz	0,00	0,58	0,58	dupla	4.1
SPA 276/310	Acesso Araraquara - (Av. 36)	0,00	0,45	0,45	dupla	4.1
SPA 301/310	Acesso Matão	0,00	2,08	2,08	dupla	4.1
SPA 302/326	Acesso Matão	0,00	1,55	1,55	simples	4.1
SPA 312/326	Acesso Dobrada	0,00	6,55	6,55	simples	4.1
SPA 318/326	Acesso Santa Ernestina	0,00	7,15	7,15	simples	4.3
SPA 336/326	Acesso Corrego Rico	0,00	6,75	6,75	terra	4.3
SPA 341/310	Acesso Candido rodrigues	0,00	11,30	11,30	simples	4.3
SPA 341/326	Acesso Jaboticabal	0,00	1,86	1,86	simples	4.3
SPA 348/310	Acesso Fernando Prestes	0,00	14,50	14,50	simples	4.3
SPA 363/304	Acesso porto laranja azeda	0,00	13,44	13,44	simples	4.1
SPA 364/322	Acesso Pitangueiras	0,00	0,60	0,60	dupla	4.3
SPA 365/304	Acesso Ibitinga	0,00	2,90	2,90	dupla	4.1
SPA 375/322	Acesso Ibitiuva	0,00	3,00	3,00	simples	4.3
SPA 394/304	Acesso Borborema	0,00	0,73	0,73	simples	4.1
SPA 274/310	Ligação SP-310 com SP- 255	0,00	2,00	2,00	simples	4.1
SPA 328/326	Lig. SP 326 com SP-253 e ac. Guariba	0,00	17,10	17,10	simples	4.3

Fonte: DR - 4 (2016)

Quadro 4 – Características dos dispositivos (SPD) da DR-4

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INÍCIO km	FIM km	EXTENSÃO	PISTA	RC
SPD 348/310	Disp. Ac. Distrito de Agulha	0,00	0,50	0,50	simples	4.3
SPD 365/304	Disp. Ac. Distr. Indust. Ibitinga	0,00	0,20	0,20	simples	4.1

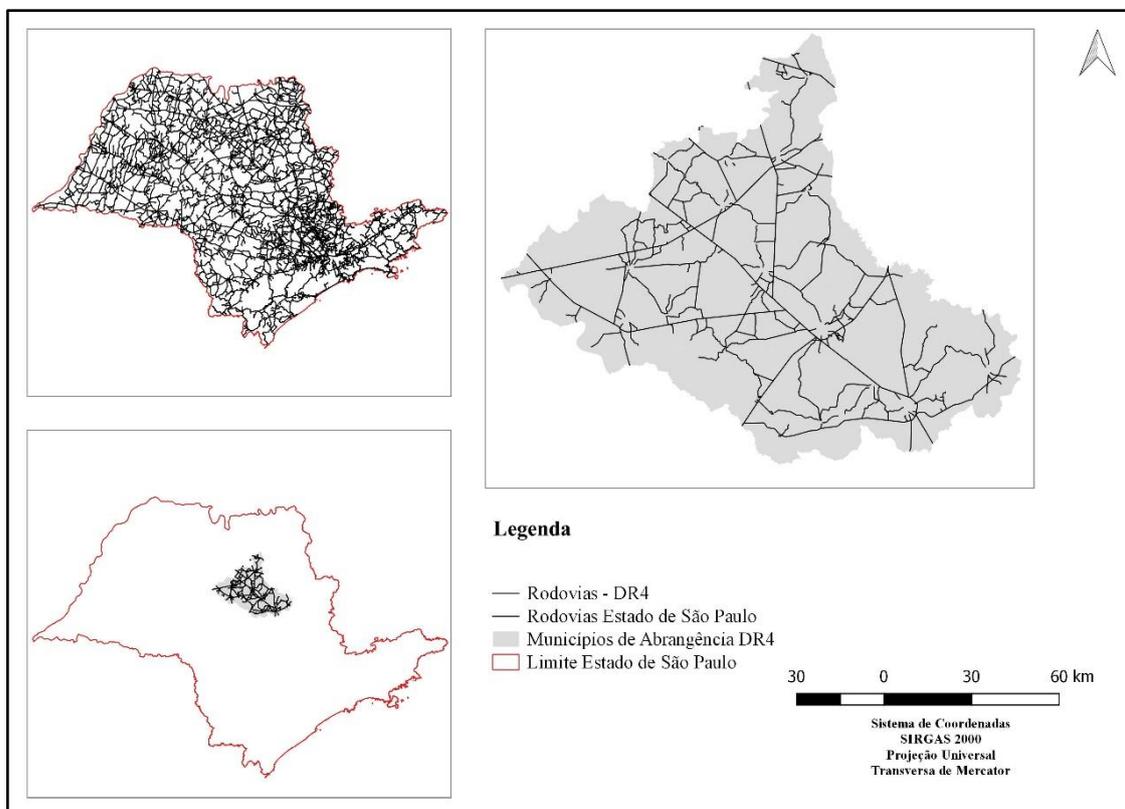
SPD 085/255	Disp. Ac. Campus Unesp	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 075/255	Disp. Km 3 da SP-076/255	0,00	2,00	2,00	simples	4.1
SPD 341/310	Disp. Ac. Jurupema/Vila Negri	0,00	0,50	0,50	simples	4.3
SPD 112/333	Disp. Acesso a Unesp (pelo Ac. A Jabot.	0,00	2,00	2,00	simples	4.3
SPD 328/326	Disp. Ac. Guariba	0,00	1,00	1,00	simples	4.3
SPD 328/326	Disp. Ac. Guariba	0,00	1,20	1,20	simples	4.3
SPD 328/326	Disp. Ac. Guariba	0,00	2,00	2,00	simples	4.3
SPD 000/305	Disp. Entr. Com SP- 326	0,00	1,20	1,20	simples	4.3
SPD 005/257	Disp. Ac. Am. Brasiliense	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 006/257	Disp. Ac. Am. Brasiliense	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 006/305	Disp. Ac. Ibitirama	0,00	0,70	0,70	simples	4.3
SPD 010/257	Disp. Ac. Santa Lúcia	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 011/257	Disp. Ac. Santa Lúcia	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 011/331	Disp. Ac. Embraer	0,00	0,70	0,70	simples	4.1
SPD 013/305	Disp. Ac. Monte Alto (Cargil)	0,00	0,70	0,70	simples	4,3
SPD 014/331	Disp. Ac. Gavião Peixoto	0,00	0,30	0,30	simples	4.1
SPD 015/305	Disp. Ac. Monte Alto	0,00	0,40	0,40	simples	4.3
SPD 016/305	Disp. Ac. Monte Alto	0,00	0,70	0,70	simples	4.3
SPD 017/305	Disp. Ac. Monte Alto	0,00	1,70	1,70	simples	4.3
SPD 018/305	Disp. Ac. Monte Alto	0,00	1,50	1,50	simples	4.3
SPD 019/305	Disp. Entr. Com SP- 323	0,00	1,70	1,70	simples	4.3
SPD 020/257	Disp. Ac. Rincão pela SP- 255	0,00	0,70	0,70	simples	4.1
SPD 020/317	Disp. Ac. Itápolis	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 022/317	Disp. Ac. Itápolis	0,00	0,50	0,50	simples	4.1
SPD 027/331	Disp. Ac. Nova Europa	0,00	1,00	1,00	simples	4.1
SPD 028/331	Disp. Entr. Com SPV 043	0,00	0,30	0,30	simples	4.1
SPD 040/331	Disp. Ac. Tabatinga	0,00	0,90	0,90	simples	4.1
SPD 085/255	Disp. Ac. Araraquara- Campus	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 086/255	Disp. Entroc SP 255/ Acesso Araraquara	0,00	0,50	0,50	simples	4.1
SPD 106/255	Disp. Ac. Pedra Branca	0,00	0,80	0,80	simples	4.2
SPD 112/255	Disp. Ac. B. Esp. Do Sul	0,00	0,70	0,70	simples	4.2
SPD 113/255	Disp. Ac. B. Esp. Do Sul	0,00	1,14	1,14	simples	4.2
SPD 114/255	Disp. Ac. B. E. Sul - Trabiju	0,00	1,20	1,20	simples	4.2
SPD 147/215	Disp. Ac. São Carlos	0,00	0,60	0,60	simples	4.2
SPD 149/215	Disp. Entr. Acesso Broa	0,00	1,31	1,31	simples	4.2
SPD 181/215	Disp. Ac. Rib. Bonito	0,00	1,61	1,61	simples	4.2
SPD 195/215	Disp. Ac. Dourado	0,00	0,83	0,83	simples	4.2
SPD 196/215	Disp. Ac. Dourado	0,00	1,50	1,50	simples	4.2

SPD 209/253	Disp. Entr. Acesso a Guariba	0,00	1,50	1,50	simples	4.3
SPD 210/215	Disp. Entr.com SP- 255	0,00	0,50	0,50	simples	4.2
SPD 363/304	Disp. Entr. Acesso Laranja Azeda	0,00	0,70	0,70	simples	4.1
SPD 365/304	Disp. Entr. Com SP-331	0,00	1,00	1,00	simples	4.1
SPD 368/304	Disp. Entr. SP- 317	0,00	0,70	0,70	simples	4.1
SPD 381/304	Disp. Entr. SP- 321	0,00	3,20	3,20	simples	4.1
SPD 394/304	Disp. Ac. Borborema	0,00	0,60	0,60	simples	4.1
SPD 395/304	Disp. Ac. Borborema	0,00	0,70	0,70	simples	4.1

Fonte: DR-4 (2016)

A Figura 8 mostra o mapa do Estado de São Paulo e as suas Rodovias pertencentes à malha rodoviária estadual paulista, ao alto e à esquerda. As rodovias da malha regional estudada, dentro do Estado de São Paulo, estão embaixo, à esquerda. Em destaque maior (à direita) na figura, está a área de estudo, contendo a representação espacial das rodovias dos tipos SP Tronco, Acesso e Dispositivo.

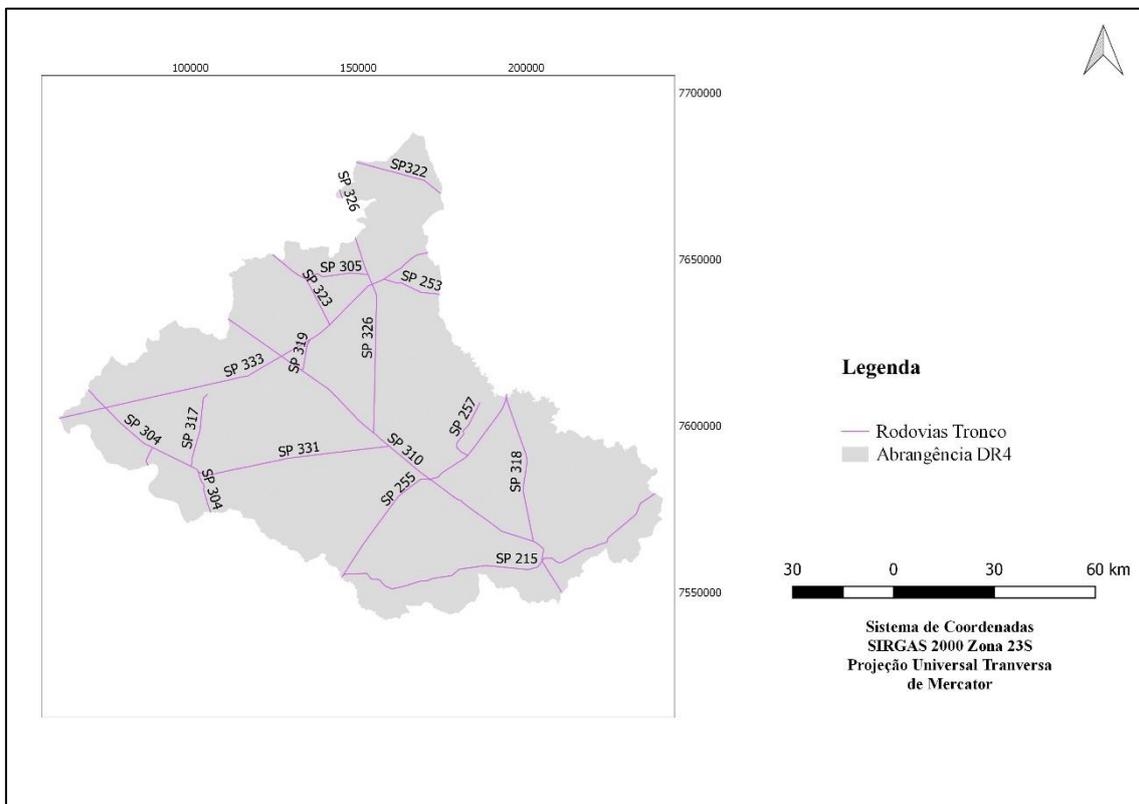
Figura 8 – Rodovias Estaduais do Estado de São Paulo com destaque para a malha rodoviária regional pertencente à DR-4.



Fonte: Autor

A Figura 9 mostra o mapa da abrangência da área do DR-4 e suas Rodovias Estaduais (SP) da malha regional. As Rodovias do Tipo Tronco estão marcadas na figura como: SP-322, SP-323, SP-326, SP-305, SP-253, SP-257, SP-215, SP-333, SP-304, SP-331, SP-310, SP-318, SP-319, SP-255, SP-317 e SP-321. As rodovias SP-322, SP-323, SP-326, SP-310 e SP-318 não são de responsabilidade do DR-4. Quando aparecem dois códigos associados a um trecho significa que neste trecho as rodovias são sobrepostas.

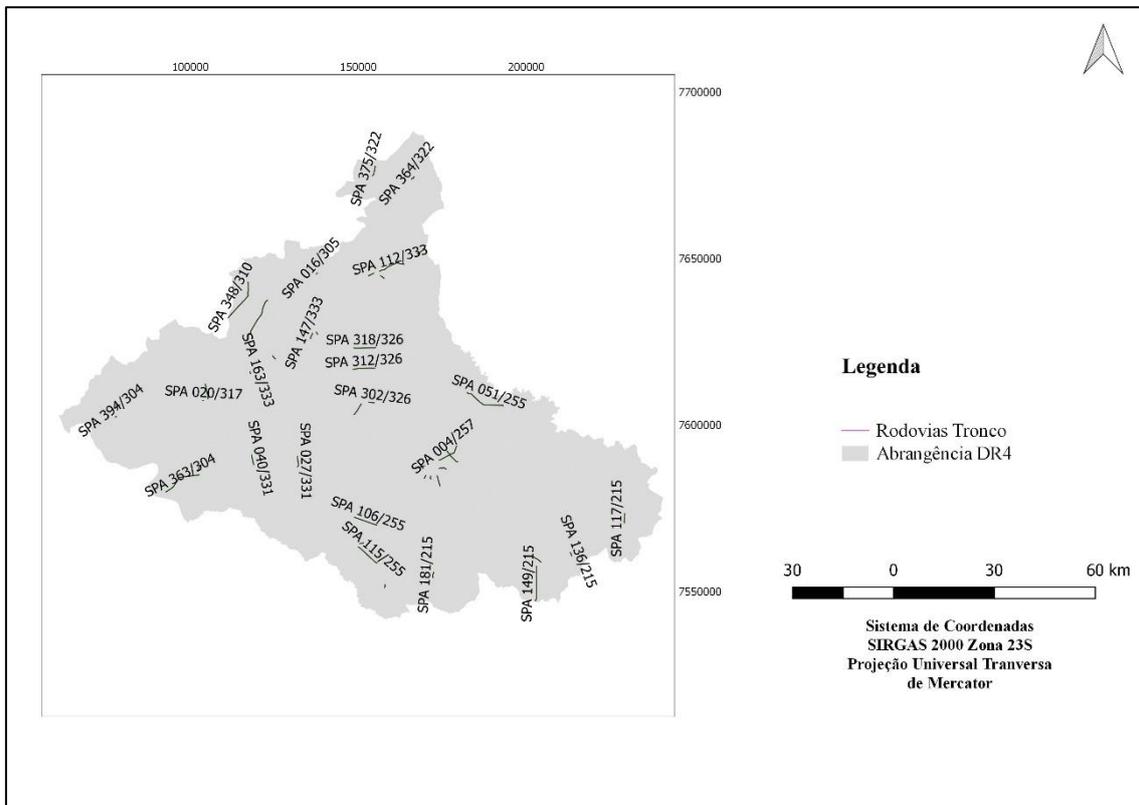
Figura 9 – Rodovias Tronco da Malha Rodoviária do DR-4



Fonte: Autor

A Figura 10, por sua vez, mostra também o mapa da abrangência da área do DR-4 e suas Rodovias Estaduais (SP). Rodovias do Tipo Acesso estão marcadas na figura como: SPA-375/322, SPA-364/322, SPA-348/310, SPA-016/305, SPA-112/333, SPA-47/333, SPA-163/333, SPA-147/333, SPA-318/326, SPA-312/326, SPA-302/326, SPA-020/317, SPA-394/304, SPA-363/304, SPA-040/331, SPA-027/331, SPA-004/257, SPA-051/255, SPA-106/255, SPA-115/255, SPA-181/215, SPA-149/215, SPA-136/215 e SPA-117/215.

Figura 10 – Rodovias de Acesso da Malha Rodoviária do DR-4



Fonte: Autor

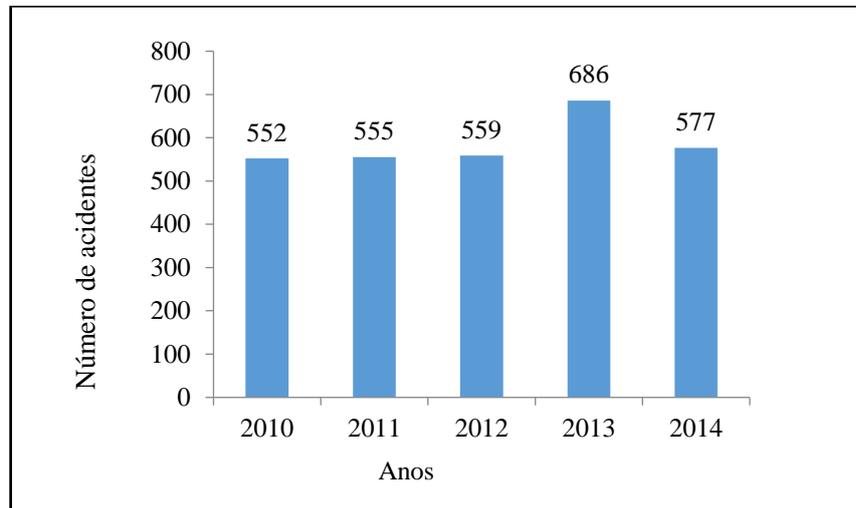
4.2 Caracterização da Acidentalidade na Malha Rodoviária Regional da DR-4

A malha rodoviária regional da DR-4 constitui-se de rodovias consideradas de baixo volume de tráfego. A maior parte de sua extensão apresenta rodovias radiais e transversais, com volume diário médio de tráfego (VDM) variando de 3.428 a 7.638 veículos. Isso entre as rodovias tronco, pois o VDM é ainda menor quando as rodovias são do tipo *de acesso* e *dispositivos*. Como exemplo, pode-se citar a rodovia de acesso SPA- 074/255, que apresenta um VDM de 1.500 veículos.

Por ser uma malha rodoviária de baixo volume de tráfego, a quantidade de acidentes que nela são registrados não é exageradamente alta, porém, observa-se pela Figura 11 que o **número de acidentes** apresentou certa tendência de elevação no período de 2010 a 2014.

Apresentou, também, um pico em 2013, com 686 acidentes. Este valor ficou bem acima da média da malha regional, no período, que foi de 586 acidentes.

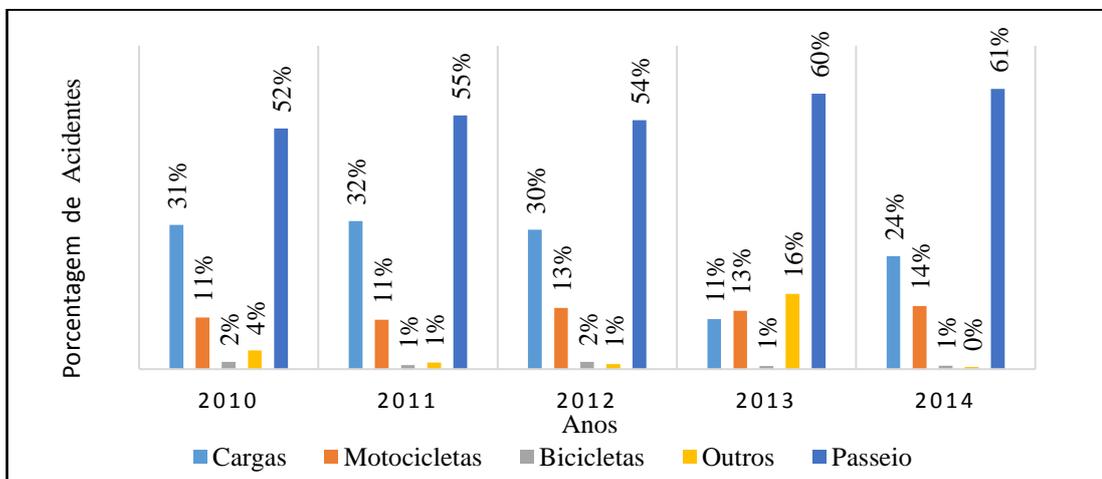
Figura 11 – Evolução de acidentes na malha rodoviária da DR-4, de 2010 a 2014



Fonte: Autor

Além do número total de acidentes que ocorreram a cada ano na malha rodoviária regional da DR-4, foram levantadas as quantidades de acidentes, separadas por **espécie de veículos** (veículos de carga, de passeio, motocicletas, bicicletas e outros). Caracterizados por espécies, verifica-se, através da Figura 12, que a porcentagem dos acidentes com veículos de passeio registrou um aumento de 16%, passando de 52% do total de acidentes, em 2010, para 61%, em 2014.

Figura 12- Porcentagens de acidentes por espécie de veículos (2010 a 2014)



Fonte: Autor

Já, as porcentagens de acidentes envolvendo motocicletas, ao contrário do que se poderia esperar, tomando-se como base as estatísticas nacionais de acidentalidade, tiveram apenas uma ligeira tendência de alta, passando de 11%, em 2010, para 14%, em 2014.

A proporção de acidentes envolvendo veículos de cargas, por sua vez, apesar de alguma flutuação nos valores das porcentagens, registrou certa tendência de queda para o período. Os demais veículos (bicicletas e outros) registraram flutuações conjuntamente, com participações entre 0 e 6% do total de acidentes registrados.

As quantidades de acidentes na malha também foram segmentadas segundo os **dias da semana** de sua ocorrência. Verifica-se, através da Figura 13, que o número de acidentes, em geral, é maior nos finais de semana (sextas, sábados e domingos). Nos demais dias de semana (segundas, terças, quartas, quintas), tem-se uma média de 64 acidentes, enquanto que nos finais de semana registrou-se uma média de 99 acidentes. A média nos finais de semana chega a ser 55% maior do que nos demais dias da semana.

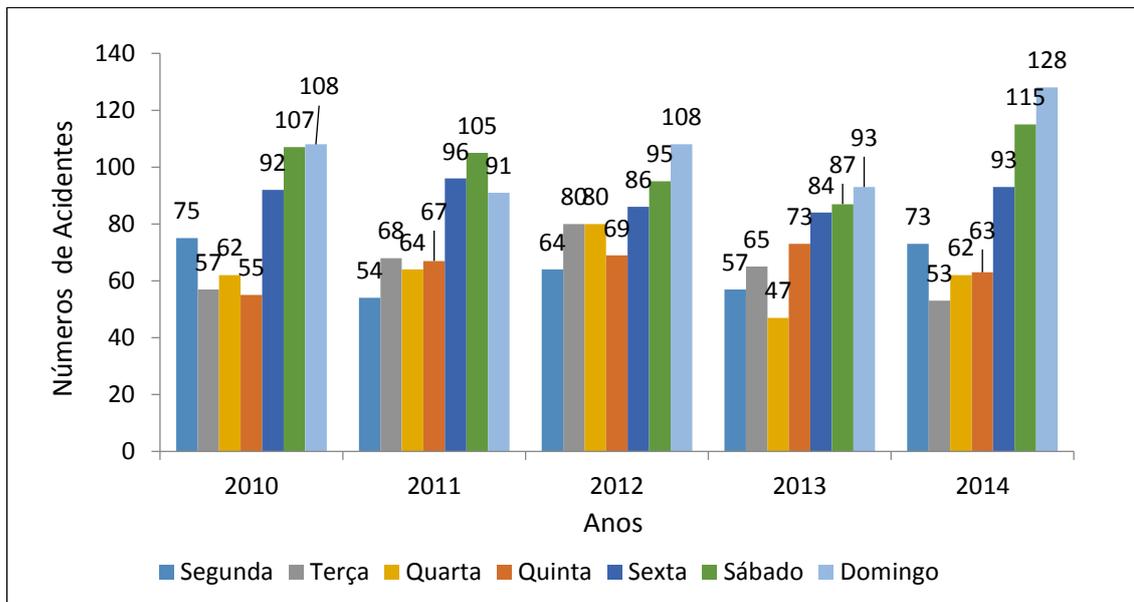
Os acidentes em finais de semana, geralmente, estão associados com bebidas, festas, e também com a presença de “motoristas de fins de semana”, pouco acostumados com o tráfego rodoviário. Tudo isto ajuda a elevar o número de acidentes, bem como a sua gravidade.

Analisando-se os dados da Figura 14, que mostra a quantidade de **acidentes fatais** na malha rodoviária da DR-4, constata-se que o número de acidentes fatais nos anos de 2010 a 2013 apresentou certa tendência de queda, com uma elevação em 2014 que, ao contrário do que aconteceu nos anos anteriores, cresceu 26% em relação a 2013, embora tenha ficado em um patamar inferior aos anos 2010 e 2011.

Outro dado de acidentes considerado neste estudo foi o **tipo de acidente**. A Figura 15 mostra que os tipos de acidentes que ocorreram na malha rodoviária regional da DR-4 foram o *choque com um obstáculo fixo*, seguido pela *colisão traseira* e a *colisão transversal*.

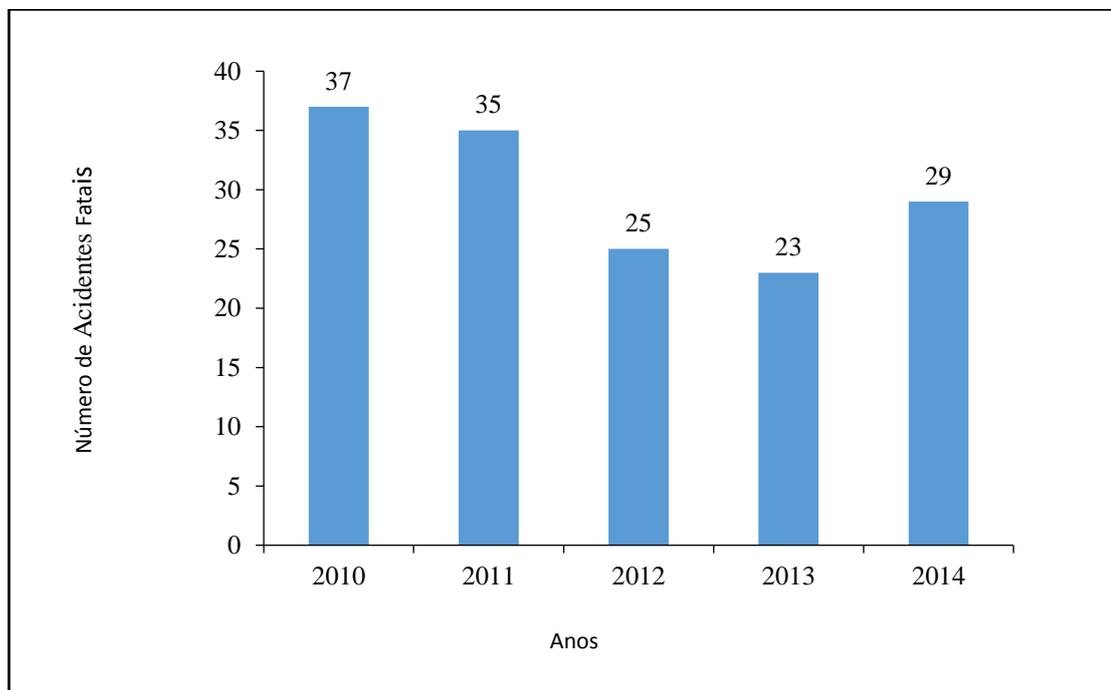
No ano de 2010, o número de acidentes com *choque em obstáculo fixo* correspondeu a 27% dos acidentes e, em 2011 a 25%, 2012 a 21%, 2013 a 24% e em 2014 a 18%.

Figura 13 – Números de acidentes, segundo os dias da semana, no período de 2010 a 2014

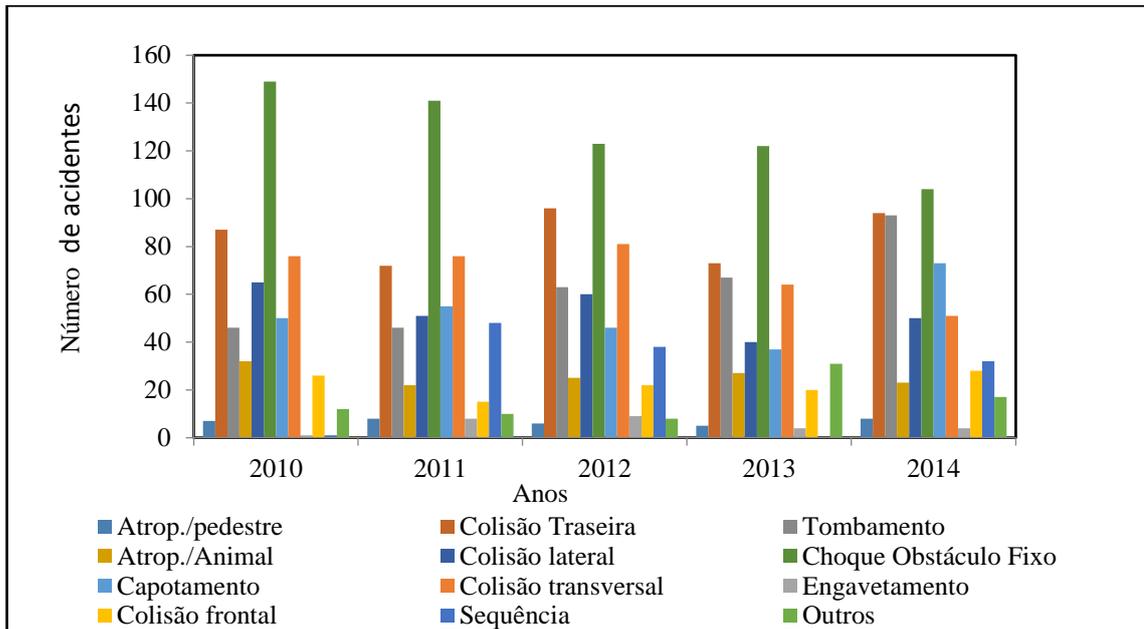


Fonte: Autor

Figura 14- Número de acidentes com vítimas fatais no período de 2010 a 2014

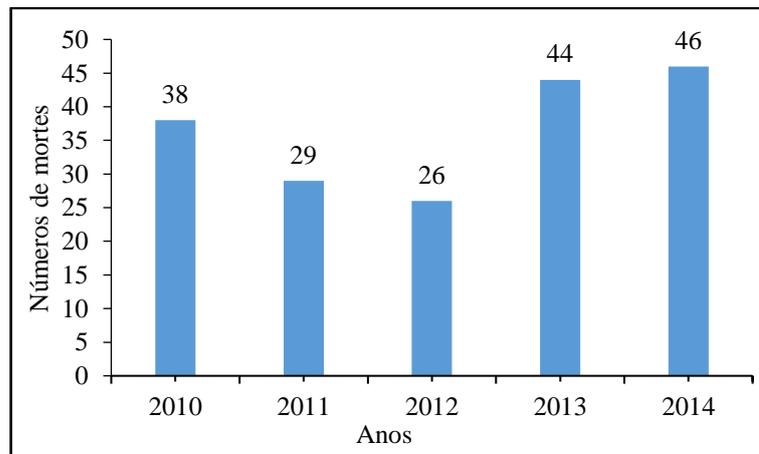


Fonte: Autor

Figura 15 – Número de acidentes, segundo o tipo, entre 2010 a 2014

Fonte: Autor

A Figura 16 traz o **número de mortes** ocorridas na malha rodoviária em estudo. Verifica-se que a série histórica de 2010 a 2014 não apresenta tendência clara de estabilização, tampouco tendência de redução, portanto, em desconformidade com as metas apregoadas pela Década de Ação, da OMS/ONU.

Figura 16 – Evolução do número de mortes na malha rodoviária da DR-4, entre 2010 e 2014

Fonte: DR-4 DER-SP (2017)

No período de 2010 a 2012 nota-se uma clara tendência de queda do número de mortes, partindo de 38 óbitos, em 2010, para 26 em 2012, representando uma queda de quase 32%. Porém, nos dois anos seguintes, registrou-se uma séria elevação de 77 do valor de 2014 em relação ao valor de 2012.

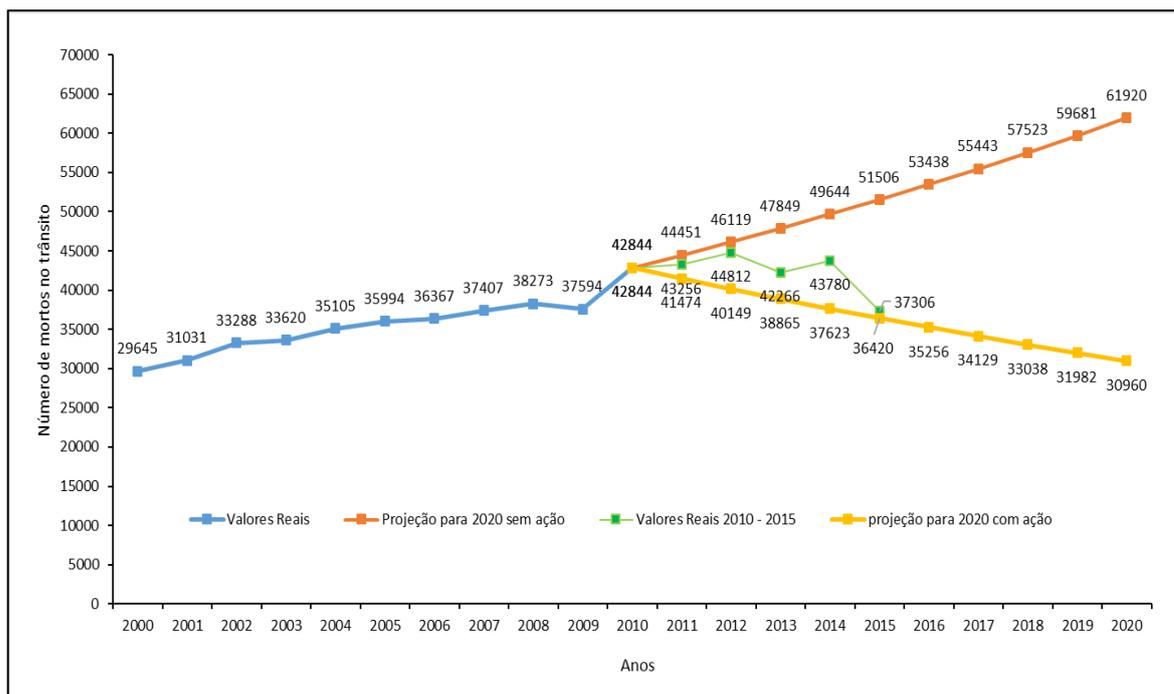
O número alto de mortes nos anos de 2013 e 2014, provavelmente, deve-se ao fato de que acidentes com veículos coletivos (ônibus e van) aconteceram, ocasionando muitas mortes em poucos acidentes. O que se pode inferir é que esta oscilação, provavelmente, ocorre muito mais devido a uma aleatoriedade na ocorrência desses acidentes fatais com coletivos do que propriamente devido a ações (ou falta delas) para a sua mitigação.

Com base nos objetivos da Década de Ação para a Segurança Viária (2011-2020), as mortes de trânsito terão que diminuir em 50% em relação ao valor projetado para 2020.

A Figura 17 mostra como nesses 4 primeiros anos de Década não houve diminuição do número de mortes no **trânsito brasileiro**. Uma previsão também foi feita para o período até o ano de 2020, com base nos anos de 2004 a 2014.

Tem-se que, pela Década, o número de mortes no trânsito nas ruas e rodovias ao longo do território nacional, no ano de 2020, teria que estar em um patamar abaixo de 31 mil mortes, ou mais precisamente, 30.960.

Figura 17 – Número de mortes no trânsito no Brasil – valores reais (2010 a 2015) e previsão (2011 a 2015), com ações para mitigar os óbitos no trânsito



Fonte: Autor

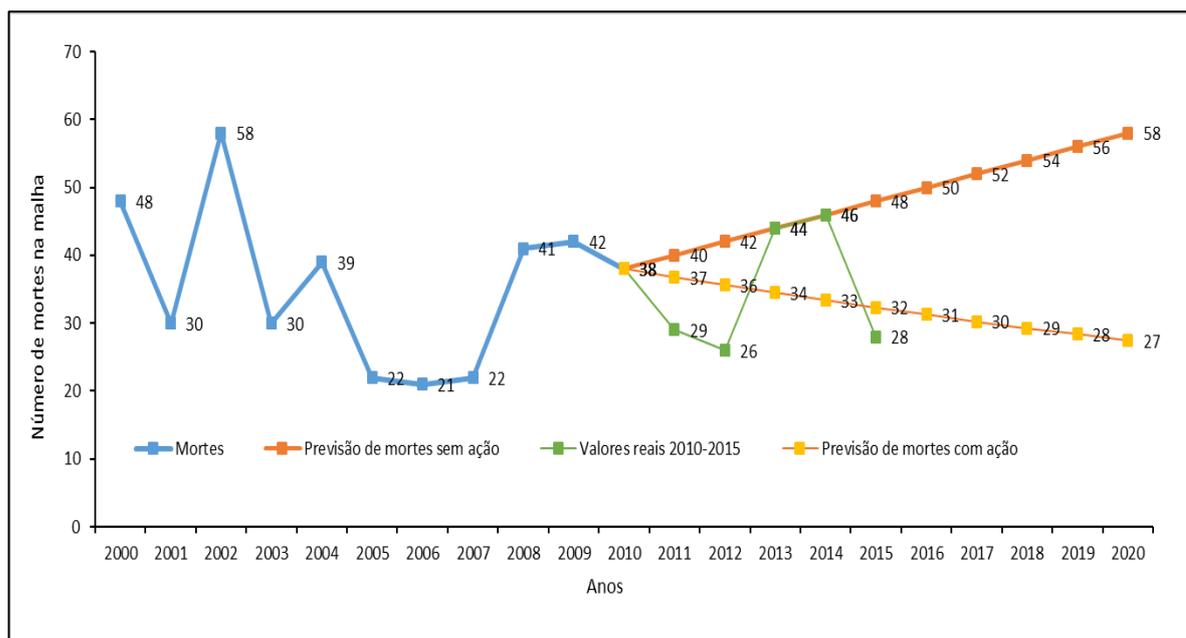
A Figura 18, por sua vez, mostra como os valores de mortes na malha rodoviária regional da DR-4 também acompanham uma tendência de crescimento em seus valores para o ano de 2020.

Para acompanhar a Década, o número de mortes em 2020 teria que ser de 27. As previsões foram feitas a partir dos dados de 2000 a 2010. Pela Figura 18 verifica-se que os números de mortes na malha regional decaíram no período de 2005 a 2007, voltando a crescer nos anos posteriores, de 2008 a 2010. Esse fato ocorre novamente no período de 2011 e 2012, no qual os números apresentam uma queda, voltando a crescer em 2013 e 2014. O número de mortes cai para 28, em 2015, o que mostra uma aleatoriedade nos números de mortes.

Enfim, a variabilidade do número de mortes na primeira metade da Década na malha regional aqui estudada mostra uma grande variação. Ora acima da meta (2011 e 2012), ora abaixo (2011, 2012 e 2015). Isto poderia sugerir que as possíveis ações implementadas pela DR-4/DER-SP não vem produzindo os resultados esperados.

Os dados obtidos na primeira metade da Década para a malha viária regional da região central do Estado de São Paulo, indicam que, possivelmente, não serão atingidas as metas estabelecidas pela Década de Ações pela Segurança no Trânsito. Talvez uma revisão nas ações e procedimentos deveria ser implementada com o intuito de ainda buscar os resultados desejados, ou seja, a redução no número de morte no trânsito pela metade.

Figura 18 – Número de mortos na malha rodoviária regional do DR-4 –valores reais (2011 a 2015) e previsão (2011 a 2020), com e sem ações para a melhoria de segurança no trânsito



Fonte: Autor

4.3 Resultados da Aplicação dos Métodos de Taxa de Acidentes e de Taxa de Severidade

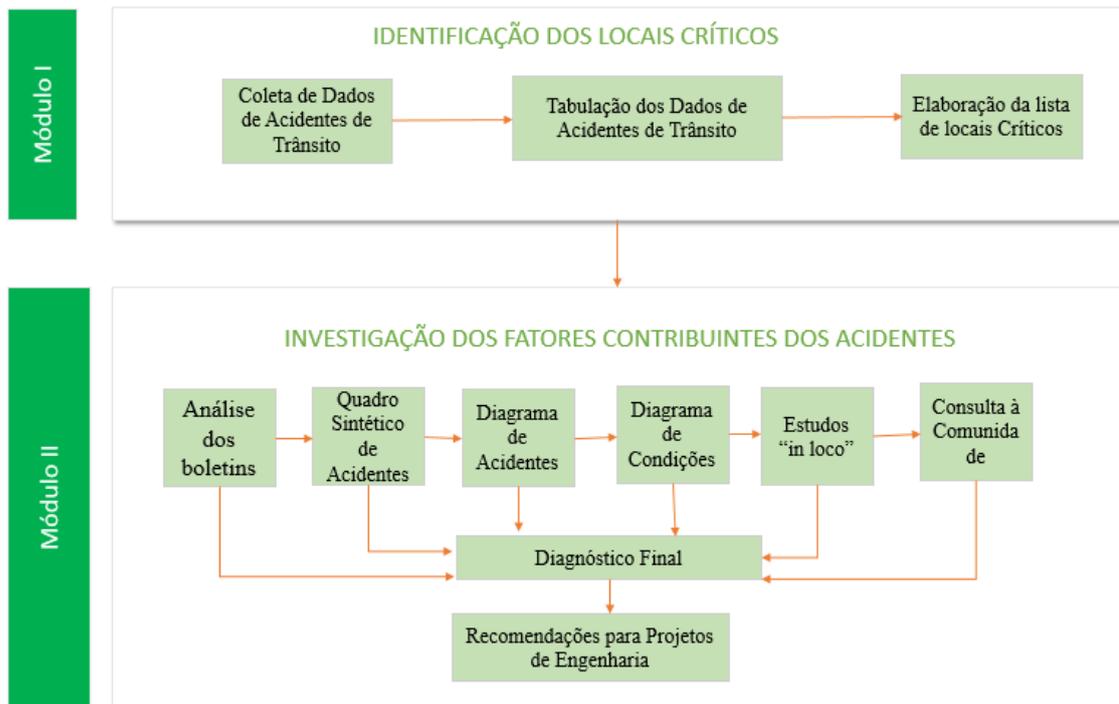
Dois métodos para identificação de pontos críticos foram utilizados: o da Taxa de Severidade e o da Taxa de Acidentes. Para determinação dos índices foram adotados os Métodos do PARE – Programa de Redução de Acidentes, do Ministério dos Transportes. Esses dois Métodos foram escolhidos, pois são métodos já utilizados e consagrados por órgãos rodoviários federais. Além disso, a seleção de locais verdadeiramente perigosos usando somente o método de classificação simples de contagens de acidentes pode ser insuficiente, ou seja, é só quantitativo e não qualitativo. Isto pode produzir um grande número de falsos positivos - devido à flutuação aleatória de acidentes ano a ano - levando à tentativa de remediação de problemas de segurança em locais relativamente seguros.

O procedimento do Programa PARE recomenda que, inicialmente, se faça a identificação dos locais críticos em termos de acidentes de trânsito, enfatizando-se sua severidade (Etapa ou Módulo I).

O passo seguinte consiste na identificação dos fatores que efetivamente contribuíram para os acidentes, ou seja, na investigação dos fatores contribuintes para a sua ocorrência, constituindo um diagnóstico dos problemas em cada local crítico. Após o conhecimento desses fatores, se busca o conjunto de medidas de engenharia, educação e operação que possam reduzir o risco ou a gravidade dos acidentes.

A identificação desenvolvida nesta Etapa I constitui o fundamento do estudo, explorando-se os dados disponíveis sobre as rodovias, sua demanda e sobre os acidentes rodoviários, em que, para efeito de identificação de locais críticos, a qualidade dos registros e a disponibilidade dos dados são determinantes. A Figura 19 ilustra o fluxograma previsto e desenvolvido pelo programa PARE.

Figura 19- Fluxograma da metodologia do Programa PARE



Fonte: Brasil (2002)

Segundo os procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito, os métodos que podem ser utilizados para a Identificação dos Locais Críticos compreendem quatro técnicas distintas:

- Número de Acidentes;
- Severidade de Acidentes;
- Taxa de Acidentes; e
- Taxa de Severidade.

No presente estudo, as técnicas escolhidas para se encontrar um ponto crítico em uma malha rodoviária foram os de *taxa de acidente* e a *taxa de severidade*. As duas taxas mostraram os pontos com maior número de acidentes por milhões de veículos x quilômetro ou por UPS por milhões de veículos x quilômetro.

Tais técnicas foram escolhidas porque possuem a vantagem de neutralizar a influência do volume veicular no nível de acidente. Além disso, para o uso desses métodos, os dados necessários são a quantidade de acidentes, sua gravidade e o volume de tráfego, dados considerados mais básicos e disponíveis pelo gestor da malha.

Em seguida, são apresentados os resultados para os trechos de rodovias que apresentaram as maiores *taxas de acidentes* e as *taxas de severidade* para cada um dos cinco anos do período em estudo, ou seja, de 2010 a 2014. As maiores taxas, simultaneamente, segundo os dois métodos, estão destacadas em negrito nas tabelas.

A Tabela 3 mostra os trechos de rodovias que apresentaram as maiores *taxas de acidentes* e *taxas de severidade* de toda a malha regional da DR-4, para 2010. Verifica-se, na Tabela 3, que apenas três pontos coincidiram em ter as maiores *taxas de severidade* e *taxas de acidentes*, simultaneamente: os pontos SPA-074/255 km 2, SPA-268/310 km 2 e SPA-077/255 km 1, os três locais com taxa de acidentes iguais a, respectivamente, 29,22, 12,79 e 10,96 acidentes por milhões x quilômetro (grafados em negrito na Tabela 3).

Os valores das *taxas de severidade* são maiores que os das *taxas de acidentes*, pois a *taxa de severidade* considera um peso (ponderação) para cada gravidade de acidente. Para acidentes com danos materiais considera-se peso 1; acidentes com feridos sem envolver pedestre, peso 4; acidentes com feridos envolvendo pedestres, peso 6; e acidentes com vítimas fatais, peso 13.

A Tabela 3 também mostra que alguns pontos considerados críticos, no ano de 2010, quando se considera a *taxa de severidade*, não aparecem como críticos quando calculados pelo método da *taxa de acidentes*, como são os casos dos pontos SP-257 km 6, SPA-149/215 km 11, SP-305 km 15, SPA-268/310 km 0, SP-305 km 16, SP-215 km 149 e SPA-074/255 km 3.

O mesmo acontece com aqueles pontos considerados críticos com as *taxas de acidentes* e não são relevantes quando calculados considerando a *taxa de severidade*. São esses os pontos críticos: SP-305 km 15, SPA-268/310 km 0, SP-215 km 146, SP-215 km 150, SPA-051/255 km 11, SPA-149/255 km 9 e SP-255 km 83.

Tabela 3 – Taxas de Severidade e de Acidentes do ano 2010

2010							
Posição	Local	km	Taxa de severidade	Posição	Local	km	Taxa de acidentes
1º	SPA 074/255	2	84,02	1º	SPA 074/255	2	29,22
2º	SPA 268/310	2	42,92	2º	SPA 268/310	2	12,79
3º	SP 257	6	33,98	3º	SP 305	15	11,35
4º	SPA 077/255	1	32,88	4º	SPA 077/255	1	10,96
5º	SPA 149/215	11	31,05	5º	SPA 268/310	0	10,05
6º	SP 305	15	30,50	6º	SP 215	146	9,27
7º	SPA 268/310	0	29,22	7º	SP215	150	8,11
8º	SP 305	16	24,82	8º	SPA 051/255	11	7,31
9º	SP 215	149	22,01	9º	SPA 149/215	9	7,31
10º	SPA 074/255	3	21,92	10º	SP 255	83	5,87

Fonte: Autor

Considerando-se, agora, a Tabela 4, constata-se que, novamente, para o ano de 2011, os pontos críticos que coincidem como relevantes, tanto para as *taxas de severidade e de acidentes*, são apenas três: a SPA-074/255 km 2, a SPA-268/310 km 2 e a SP-215 km 148.

Um destaque interessante é que, quando se calculou o ponto crítico pela *taxa de acidentes*, o ponto SP-215 km 148 ficou na oitava posição, enquanto que, quando calculado pela *taxa de severidade*, caiu uma posição, ficando em nono (em negrito na Tabela 4). Essa diferença é devido ao fato de que, no ano de 2011, o ponto SP-215 km 148 teve 10 acidentes, mas nenhuma vítima fatal.

Tabela 4 - Taxas de Severidade e de Acidentes do ano 2011

2011							
Posição	Local	km	Taxa de severidade	Posição	Local	km	Taxa de acidentes
1º	SPA 074/255	2	58,45	1º	SPA 074/255	2	20,09
2º	SPA 268/310	2	51,14	2º	SPA 268/310	2	15,53
3º	SPA 077/255	1	40,18	3º	SPA 074/255	0	12,79
4º	SPA 074/255	1	29,22	4º	SPA 074/255	3	9,13
5º	SP 257	8	27,51	5º	SPA 074/255	4	9,13
6º	SP 257	14	27,51	6º	SP 305	15	8,51
7º	SP 331	33	23,15	7º	SPA 268/310	0	8,22
8º	SP 257	7	22,66	8º	SP 215	148	8,11
9º	SP 215	148	22,01	9º	SP 257	4	8,09
10º	SP 305	18	20,57	10º	SP 304	380	8,08

Fonte: Autor

Como apresentado na Tabela 5 no ano de 2012, têm-se quatro pontos que aparecem tanto na coluna da *taxa de severidade* quanto na coluna *taxa de acidentes*, dentre os pontos com maiores valores de taxas calculadas. Esses quatro pontos aparecem em posições diferentes na Tabela, devido ao valor das taxas, tanto de acidentes quanto de severidade.

Apesar de o número de acidentes na SPA-268/310 km 2 ser 18, a SP- 149/215 km 0 teve 8 acidentes, sendo um deles com vítima fatal, o que fez com que o número de UPS de acidentes por milhões de veículos x quilômetro aumentasse.

Isso também explica a diferença na posição do local quando calculado pela *taxa de acidentes*, que não considera a gravidade do acidente. O local SPA 268/310 km 2 fica em primeiro lugar, enquanto que, quando calculado pela *taxa de severidade*, sua posição desce para segundo lugar.

Tabela 5 - Taxa de Severidade e Acidentes do ano 2012

2012							
Posição	Local	km	Taxa de severidade	Posição	Local	km	Taxa de acidentes
1º	SPA 149/215	0	58,45	1º	SPA 268/310	2	17,35
2º	SPA 268/310	2	43,84	2º	SPA 149/215	0	14,61
3º	SPA 004/257	3	38,36	3º	SPA 077/255	1	10,96
4º	SPA 341/310	0	36,53	4º	SP 215	149	9,27
5º	SPA 149/215	9	32,88	5º	SPA 149/215	11	9,13
6º	SPA 149/215	11	31,05	6º	SPA 149/215	2	9,13
7º	SP 215	149	30,12	7º	SPA 004/257	4	9,13
8º	SP 331	28	28,18	8º	SP 304	365	7,34
9º	SP 215	148	27,80	9º	SPA 268/310	0	7,31
10º	SP 257	18	27,51	10º	SPA 182/333	2	7,31

Fonte: Autor

Na Tabela 6, observa-se que o número de locais críticos coincidentes continua sendo 4, o mesmo número de pontos coincidentes do ano de 2012. Constata-se, neste ano de 2013, distintos locais críticos, dependendo do método usado.

Tabela 6 - Taxas de Severidade e de Acidentes do ano 2013

2013							
Posição	Local	km	Taxa de severidade	Posição	Local	km	Taxa de acidentes
1º	SPA 276/310	0	29,22	1º	SPA 271/310	0	16,44
2º	SPA 268/310	2	27,40	2º	SPA 276/310	0	14,61
3º	SPA 051/255	9	23,74	3º	SPA 004/257	1	9,13
4º	SPA 149/215	1	23,74	4º	SPA 268/310	2	8,22
5º	SPA 149/215	6	23,74	5º	SPA 149/215	4	7,31
6º	SP 305	16	21,99	6º	SPA 149/215	6	7,31
7º	SPA 271/310	0	21,92	7º	SPA 077/255	0	7,31
8º	SP 305	15	21,28	8º	SPA 051/255	7	7,31
9º	SPA 004/257	1	20,09	9º	SP 215	147	6,95
10º	SPA 051/255	7	18,26	10º	SP 305	15	6,38

Fonte: Autor

O ano de 2014 foi aquele que teve mais pontos críticos representativos, tanto no cálculo das *taxas de severidade* quanto no cálculo das *taxas de acidentes*, simultaneamente, ou seja, 8 pontos no total. Apenas os locais SP-257 km 3, SP-304 km 368, SP-215 km 149 e SPA-149/215 km 1 não foram representativos, simultaneamente, no cálculo das duas taxas.

Tabela 7- Taxa de Severidade e Acidentes do ano 2014

2014							
Posição	Local	km	Taxa de severidade	Posição	Local	km	Taxa de acidentes
1º	SPA 149/215	0	43,84	1º	SPA 149/215	0	16,44
2º	SPA 149/215	4	43,84	2º	SPA 074/255	2	14,61
3º	SPA 074/255	2	36,53	3º	SPA 149/215	4	10,96
4º	SPA 074/255	3	34,70	4º	SP 304	380	10,28
5º	SPA 004/257	0	31,05	5º	SP 215	149	9,27
6º	SP 257	3	29,31	6º	SPA 182/333	2	9,13
7º	SP 304	368	27,17	7º	SPA 004/257	0	9,13
8º	SP 304	380	27,17	8º	SPA 004/257	2	9,13
9º	SPA 004/257	2	25,57	9º	SPA 149/215	1	7,31
10º	SPA 182/333	2	25,57	10º	SPA 074/255	3	7,31

Fonte: Autor

Observa-se, pelas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7, que os valores das *taxas de acidentes* e das *taxas de severidade* decaíram com os anos. A taxa de severidade mais alta no ano de 2010 era de 84 UPS por milhões de veículos \times quilômetro, enquanto que no ano de 2014, a *taxa de severidade* mais alta foi de 43,84 UPS por milhões de veículos \times quilômetro.

O mesmo acontece para as *taxas de acidentes* que, no ano de 2010, apresentou como maior taxa a de 29,22 acidentes por milhões de veículos \times quilômetro e, no ano de 2014, apresentou como maior taxa a de 16,44 acidentes por milhões de veículos \times quilômetro.

4.3.1 Localização espacial dos trechos críticos

Após os cálculos da *Taxa de acidentes* e *Taxa de Severidade* foram construídos os mapas temáticos, que indicam e ilustram a localização espacial dos trechos críticos de cada ano, no período de 2010 a 2014, de acordo com cada método de cálculo das taxas.

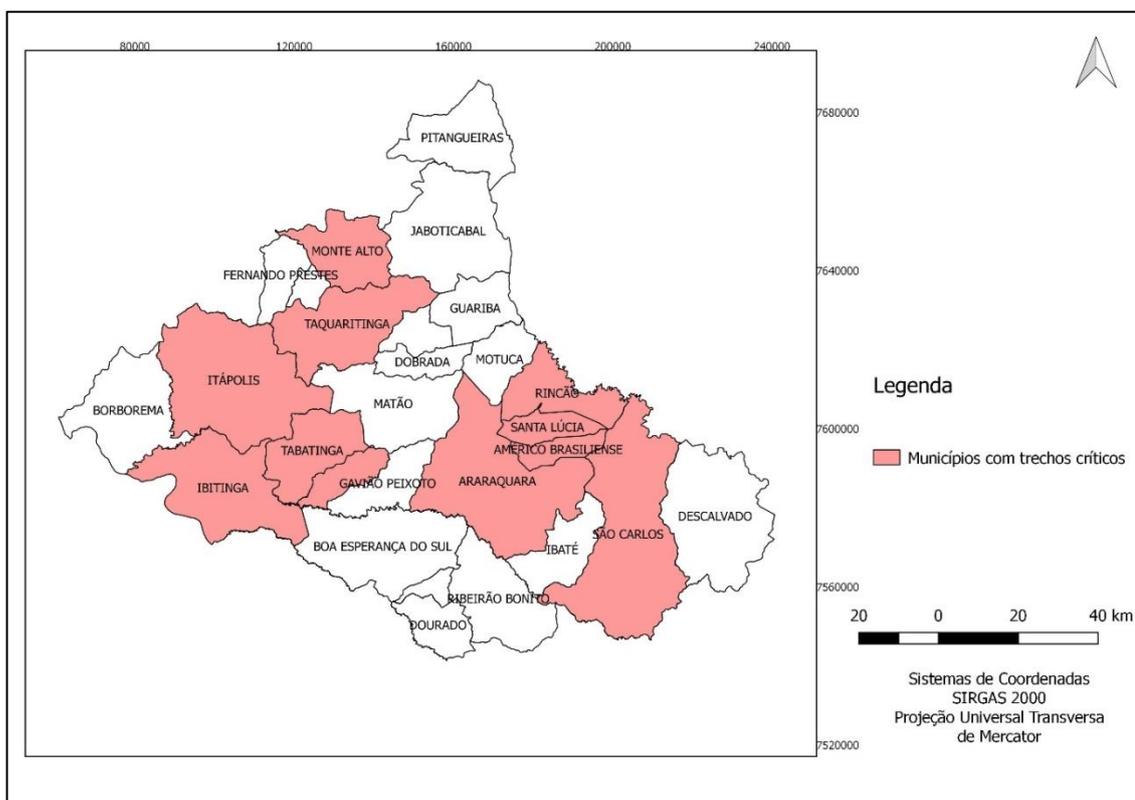
Dos 28 municípios que estão dentro da área de abrangência do DR-4, 11 apresentaram trechos críticos: Américo Brasiliense, Araraquara, Ibitinga, Itápolis, Monte Alto, Nova Europa, Rincão, Santa Lúcia, São Carlos, Tabatinga e Taquaritinga como mostra a Figura 19. Estes municípios estão destacados em rosa no mapa da Figura 19.

No ano de 2010, quando foi aplicada a *taxa de acidentes*, foram encontrados os 10 trechos de 1 km de extensão mais críticos: SPA-074/255 km 2, SPA-268/310 km 2, SP-305 km 15, SPA-077/255 km 1, SP-268/310 km 0, SP-215 km 146, SP-215 km 150, SPA-051/255 km 11, SPA-149/215 km 11, SPA-149/215 km 9 e SP-255 km 83, como mostra a Figura 20.

Dos dez trechos críticos, cinco deles estão concentrados na região de Araraquara-SP, ou seja, os trechos da SP-255 km 83, SPA-268/310 km 0 e 2, SPA-077/255 km 1 e SPA-074/255 km 2.

Outros 3 trechos críticos estão na região de São Carlos-SP: SP-215 km 150, SPA-149/215 km 9 e SP-215 km 146. O trecho SP-305 km 15 está localizado na região de Monte Alto e o trecho SPA-051/255 km 11 na região de Rincão.

Figura 19 – Mapa da região de abrangência do DR-4 e as regiões dos municípios que apresentaram trechos críticos (em cinza)

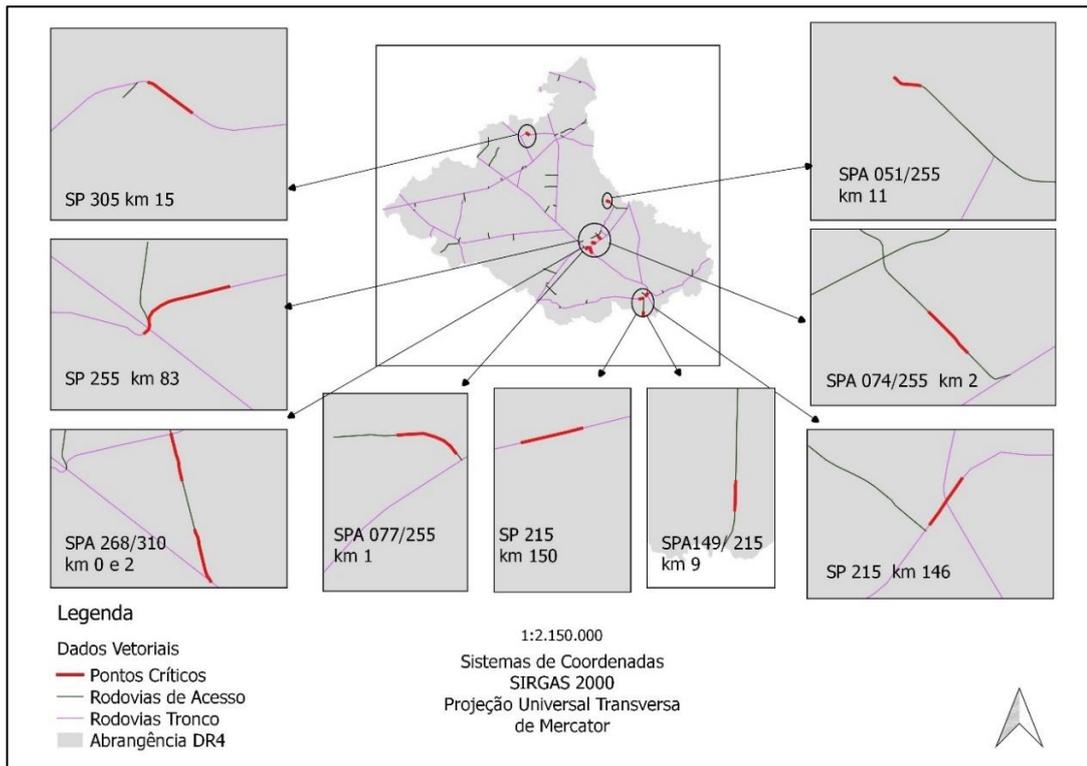


Fonte: Autor

Quando aplicada a taxa de severidade para o ano de 2010, são encontrados os trechos críticos: SPA-074/255 km 2, SPA-268/310 km 2, SP-257 km 6, SPA-077/255 km 1, SPA-149/215 km 11, SP-305 km 15, SPA-268/310 km 0, SP-305 km 16, SP-215 km 149, SPA-074/255 km 3, como mostra a Figura 21.

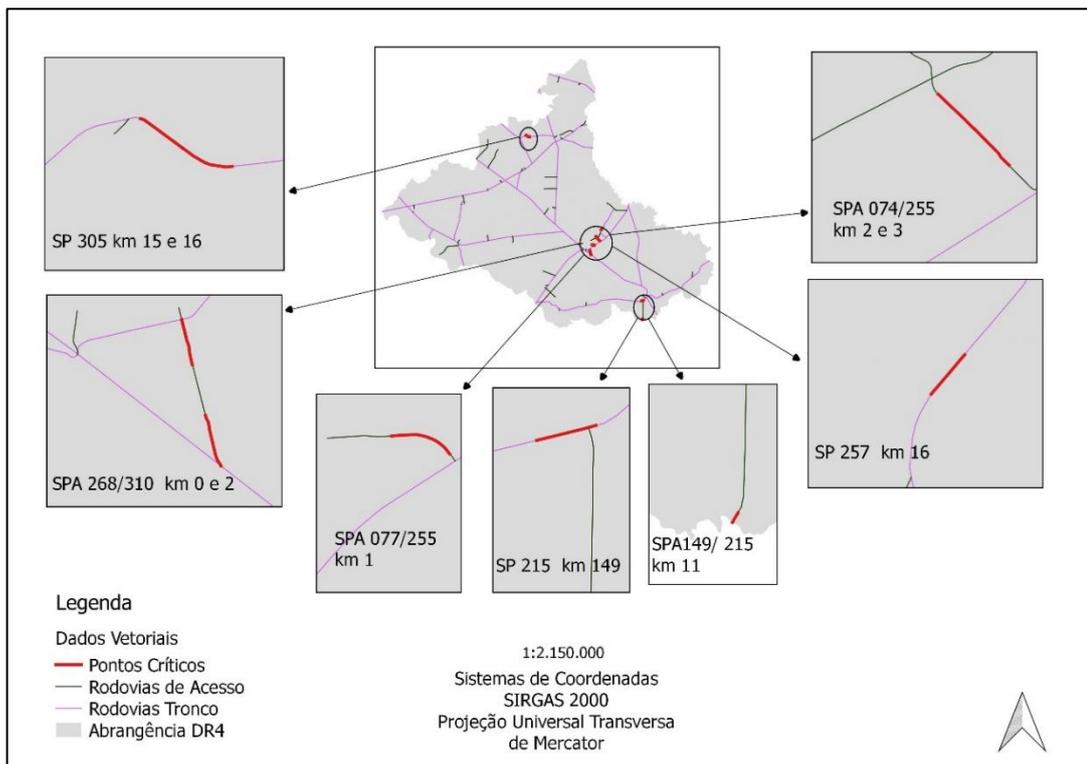
Seis trechos críticos estão localizados na região de Araraquara: SPA 268/310 km 0 e 2, SPA-074/255 km 2 e 3, SP-257 km 16 e SPA-077/255 km 1. Dois foram os trechos críticos localizados na região de São Carlos: SP-215 km 149 e SPA-149/215 m 11. Os quilômetros 15 e 16 da SP-305 estão na região de Monte Alto.

Figura 20 - Pontos Críticos da malha Rodoviária (Taxa de Acidentes 2010)



Fonte: Autor

Figura 21 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de severidade 2010)

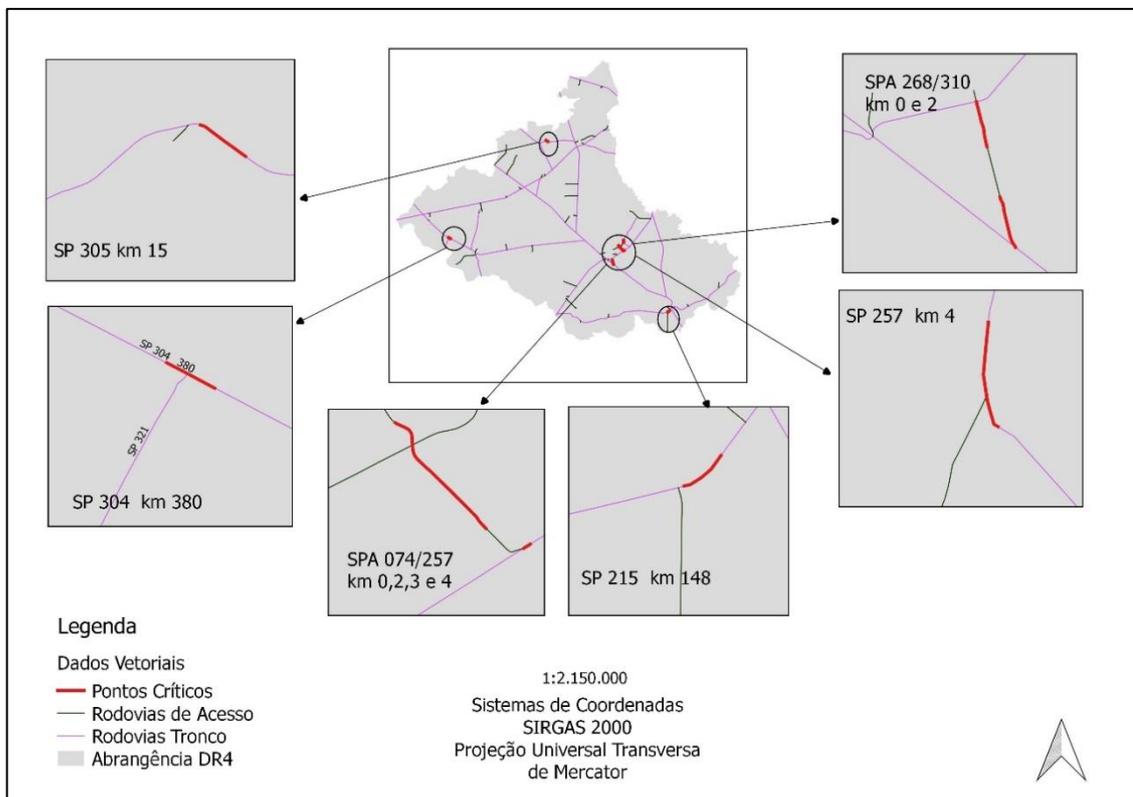


Fonte: Autor

A Figura 22, por sua vez, mostra os trechos críticos do ano de 2011, calculados pelo método de *taxa de acidentes*: SPA-074/255 km 2, SPA-268/310 km 2, SPA-074/255 km 0, SPA-074/255 km 3, SPA-074/255 km 4, SP-305 km 15, SP-268/310 km 0, SP-215 km 148, SP-257 km 4 e SP-304 km 380.

Sete dos dez trechos mais críticos estão localizados na região de Araraquara: SPA-074/257 km 0, 2, 3 e 4, SP-268/310 km 0 e 2 e SP-257 km 4. O km 380 da SP-304 encontra-se na região de Ibitinga.

Figura 22 – Pontos Críticos da malha rodoviária (Taxa de Acidentes 2011)



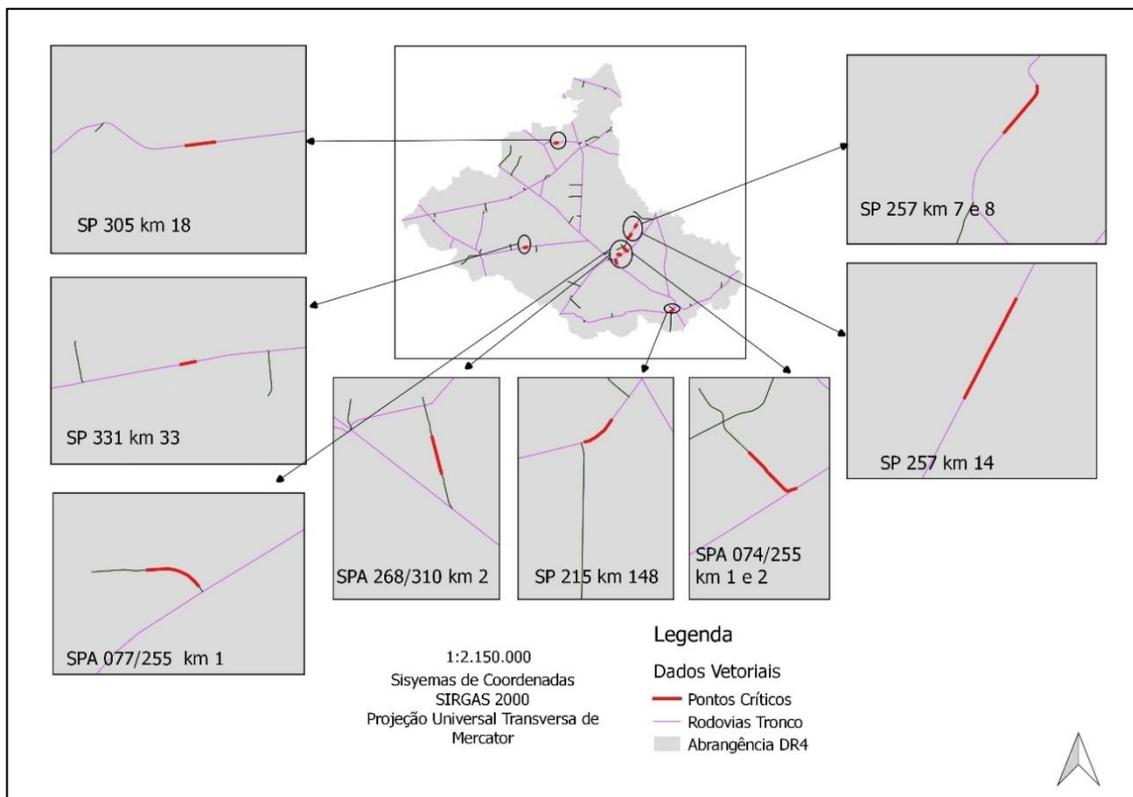
Fonte: Autor

Usando-se, agora, a *taxa de severidade* para os acidentes do ano de 2011, os trechos críticos são SPA-074/255 km 2, SPA-268/310 km 2, SPA-077/255 km 1, SPA-074/255 km 1, SP-257 km 8, SP-331 km 33, SP -257 km 7, SP-215 km 148 e SP-305 km 18, como mostra a Figura 23.

Quatro trechos estão localizados na região de Araraquara: SPA-077/255 km 1, SPA-268/310 km 2 e SPA-074/255 km 1 e 2. Três trechos críticos estão situados na região de Santa Lúcia: SP-257 km 7,8 e 14.

O trecho da SP-331 km 33 está localizado na região de Tabatinga, enquanto que o SP-305 km 18, na região de Monte Alto.

Figura 23 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2011)



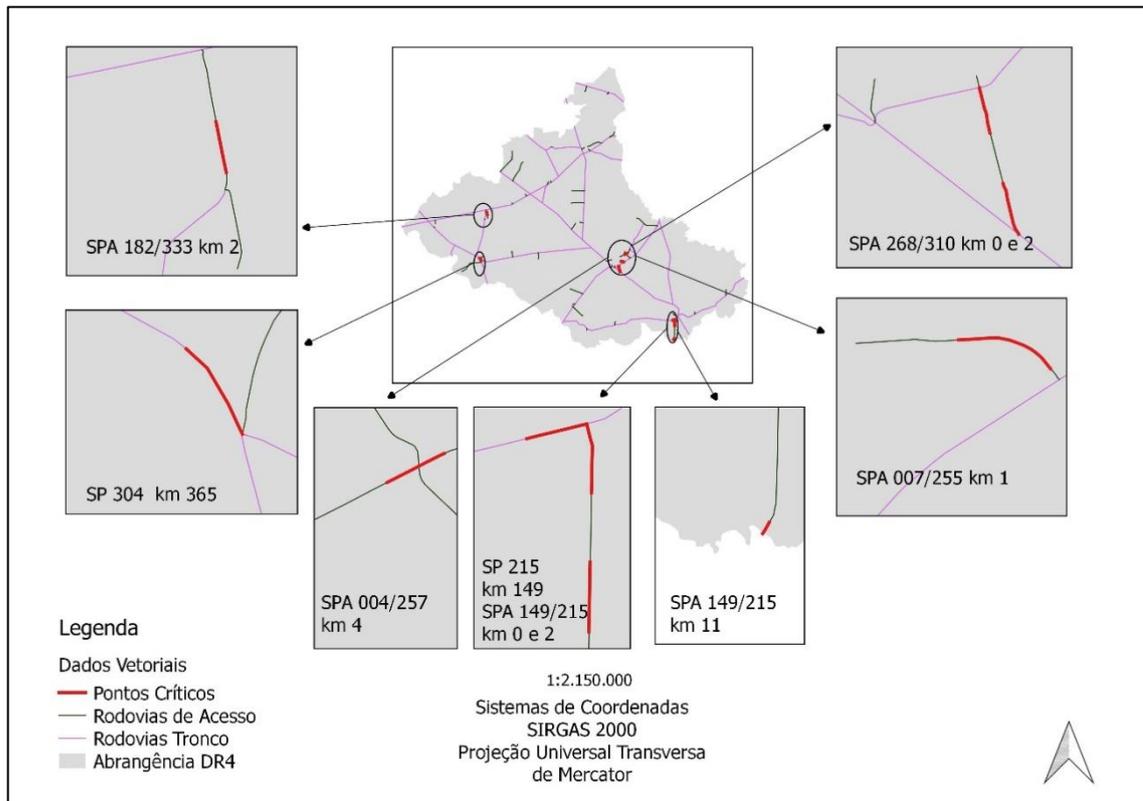
Fonte: Autor

Os trechos críticos calculados fazendo-se uso da *taxa de acidentes*, para o ano de 2012, são SPA-268/310 km 2, SPA-149/215 km 0, SPA-077/255 km 1, SP-215 km 149, SPA-149/215 km 11, SPA-149/215 km 2, SPA-004/257 km 4, SP-304 km 365, SPA-268/310 km 0 e SPA-182/333 km 2, como mostra a Figura 24.

Quatro trechos, SPA-004/257 km 4, SPA-268/310 km 0 e 2 e SPA-007/255 km 1, estão localizados na região de Araraquara. Os trechos SP-215 km 149, SPA-149/215 km 0, 2 e 11

estão situados na região de São Carlos. O trecho SPA-182/333 km 2 localiza-se na região de Itápolis, enquanto que o trecho SP-304 km 365 está na região de Ibitinga.

Figura 24 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Acidentes 2012)



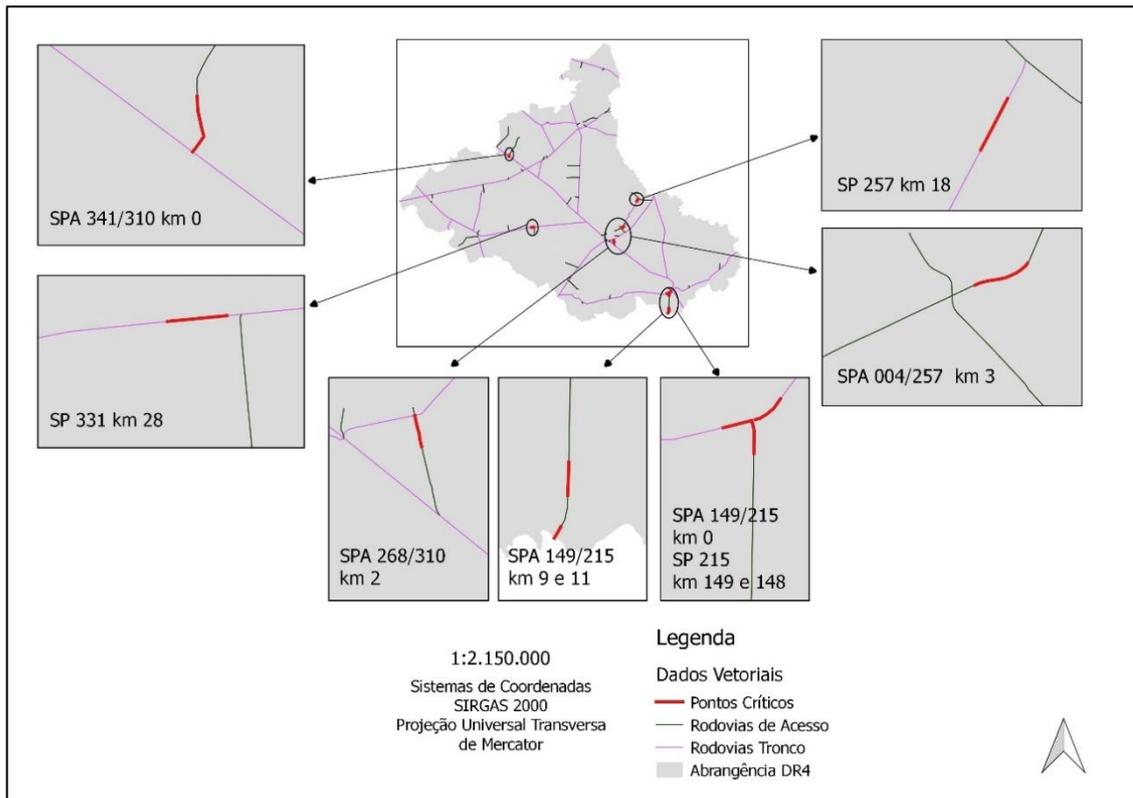
Fonte: Autor

A taxa de severidade para o ano de 2012 tem como trechos críticos SPA-149/215 km 0, SPA-268/310 km 2, SP-004/257 km 3, SPA-341/310 km 0, SPA-149/215 km 9, SPA-149/215 km 11, SP-215 km 149, SP-331 km 28, SP-215 km 28, SP-215 km 148 e SP-257 km 18, como mostra a Figura 25.

Na região de Araraquara, o trecho SPA-268/310 km 2 apresenta-se como crítico; o trecho SPA-004/257 km 3 está na região de Américo Brasiliense, e o trecho SP-257 km 18, na região de Rincão.

Cinco trechos estão localizados na região de São Carlos, são eles: SPA-149/215 km 0, 9 e 11, SP-215 km 148 e 149. A SP-331 km 28 está na região de Nova Europa e a SPA-341/310 km 0 está na região de Taquaritinga.

Figura 25 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2012)

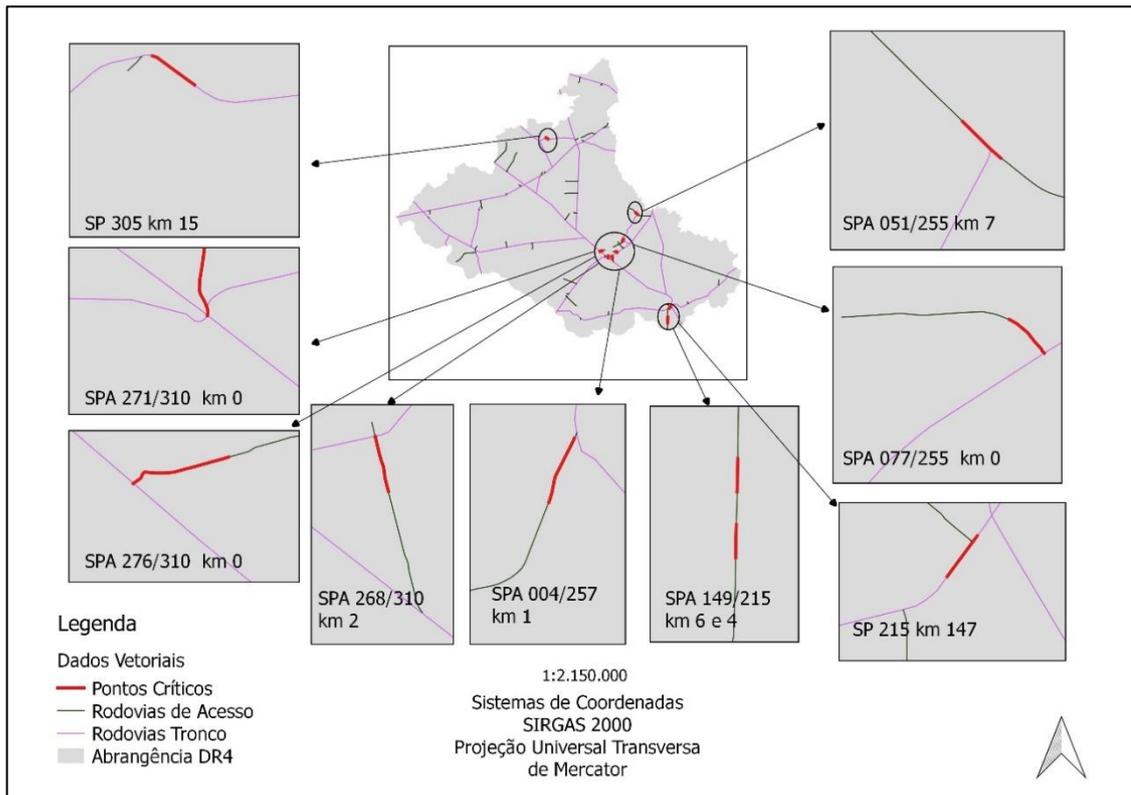


Fonte: Autor

A Figura 26 ilustra a localização dos trechos críticos de 2013 pela *taxa de acidentes*: SPA-271/310 km 0, SPA-276/310 km 0, SPA-004/257 km 1, SPA-268/310 km 2, SPA-149/215 km 4, SPA-149/215 km 6, SPA-077/255 km 0, SPA-051/255 km 7, SP-215 km 147 e SP-305 km 15.

Quatro trechos estão na região de Araraquara SPA-271/310 km 0, SPA-276/310 km 0, SPA-077/255 km 0 e SPA-268/310 km 2. Um trecho na região de Américo Brasiliense, o SPA-004/257 km 1, um na região de Rincão SPA-051/255 km 7, um na região de Monte Alto SP-305 km 15 e três trechos na região de São Carlos, SPA-149/215 km 6 e 4, SP-215 km 147.

Figura 26 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de acidentes 2013)

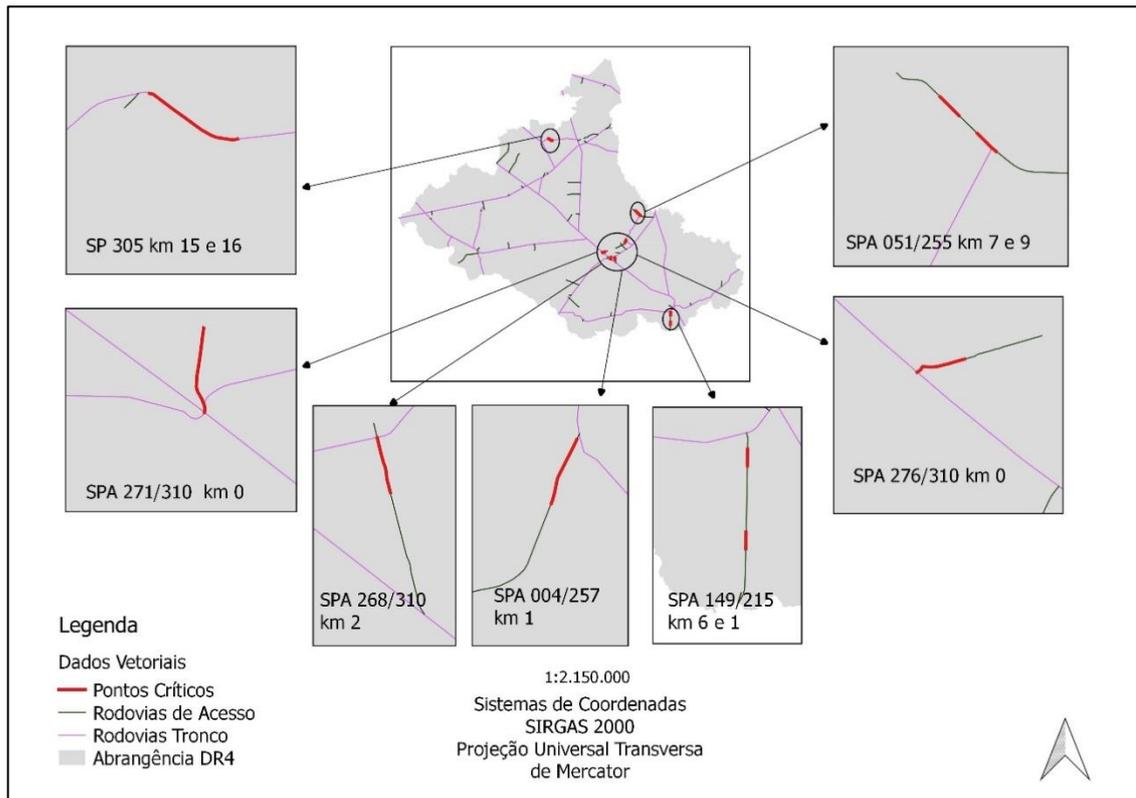


Fonte: Autor

Pela *taxa de severidade* de 2013, os trechos críticos apresentados são: SPA-276/310 km 0, SPA-268/310 km 2, SPA-051/255 km 9, SPA-149/215 km 1, SPA-149/215 km 6, SP-305 km 16, SPA-271/310 km 16, SPA-271/310 km 0, SP-305 km 15, SPA-004/257 km 1 e SPA-051/255 km 7, como apresenta a Figura 27.

Três trechos estão na área de Araraquara, SPA-271/310 km 0, SPA-276/310 km 0 e SPA-268/310 km 2. Um trecho em Américo Brasiliense SPA-004/257 km 1. Dois em Rincão SPA-051/255 km 7 e 9. Dois trechos em São Carlos SPA-149/215 km 1 e 6. Dois deles estão situados em Monte Alto: SP-305 km 15 e 16.

Figura 27 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2013)



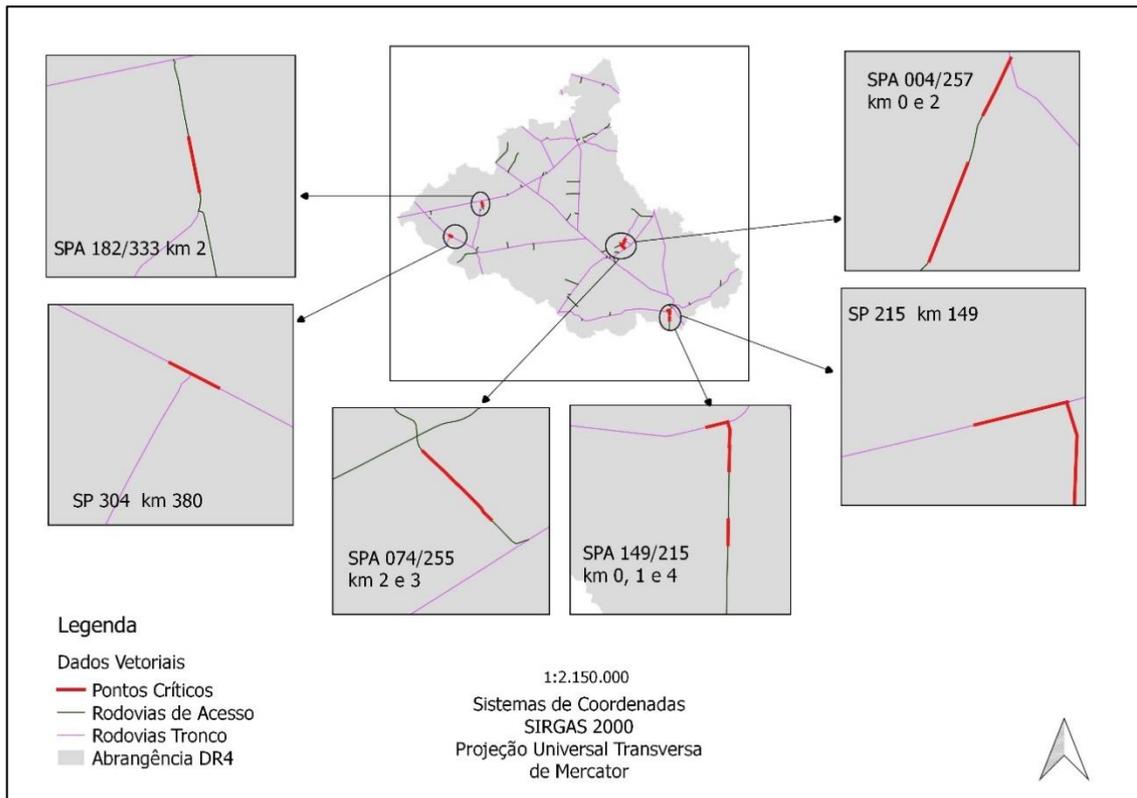
Fonte: Autor

A Figura 28 traz a localização dos trechos críticos obtidos pelo método da taxa de acidentes, para o ano de 2014: SPA-149/215 km 0, SPA-074/255 km 2, SPA-149/215 km 4, SP-304 km 380, SP-215 km 149, SPA-182/333 km 2, SPA-004/257 km 0, SPA-004/257 km 2, SPA-149/215 km 1 e SPA-074/255 km 3.

Quatro pontos estão na região de São Carlos: SP-215 km 149, SPA-149/215 km 0, 1 e 4. Dois em Araraquara, ou seja, SPA-074/255 km 2 e 3.

Dois trechos se localizam em Américo Brasiliense: SPA-0004/257 km 0 e 2. Um em Itápolis, SPA-182/333 km 2 e um em Ibitinga, SP-304 km 2.

Figura 28 – Pontos Críticos da Malha rodoviária (Taxa de acidentes 2014)

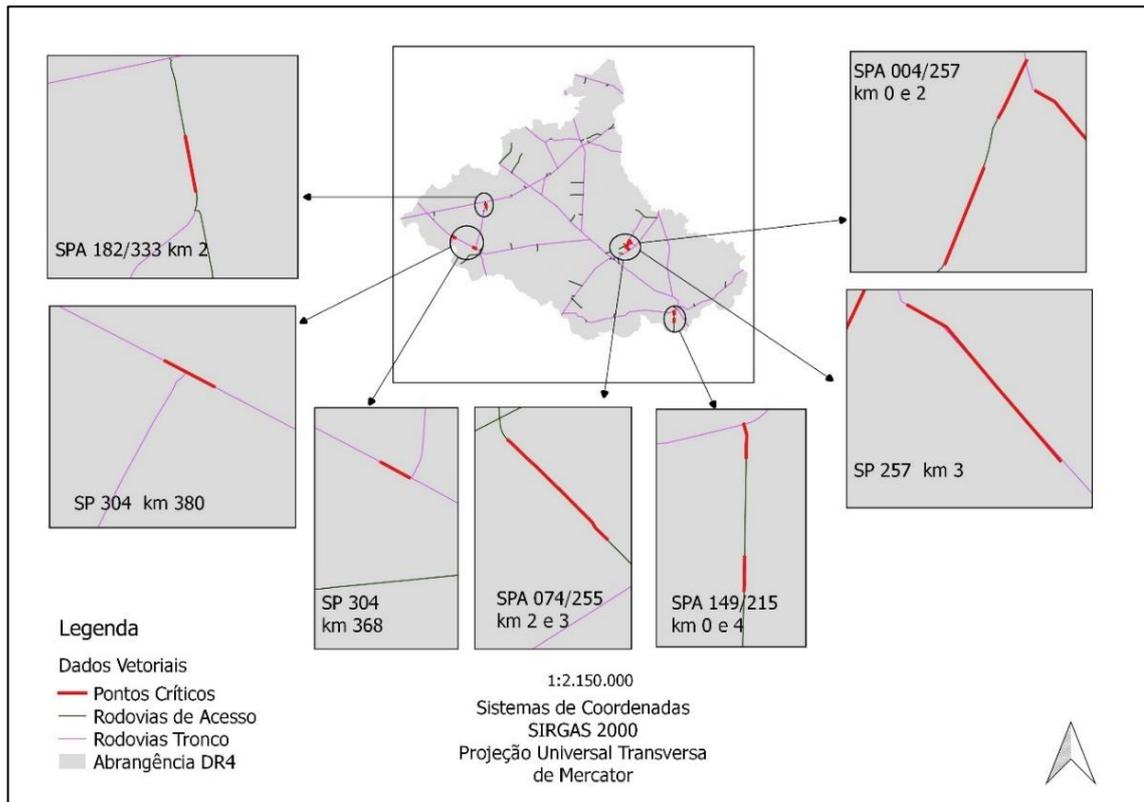


Fonte: Autor

Com o uso do método da *taxa de severidade*, para o ano de 2014, encontram-se os seguintes trechos críticos: SPA-149/215 km 0, SPA-149/215 km 4, SPA-074/255 km 2, SPA-074/255 km 3, SPA-004/257 km 0, SP-257 km 3, SP-304 km 368, SP-304 km 380, SPA-004/257 km 2 e SPA-182/333 km 2, como mostra Figura 29.

Tem-se ainda dois trechos em Araraquara SPA-074/255 km 2 e 3, e três trechos em Américo Brasiliense: SPA-004/257 km 0 e 2 e SP-257 km 3. Dois trechos localizados em São Carlos, SPA-149/215 km 0 e 4; além de dois situados em Ibitinga, SP-304 km 368 e 380, e um trecho em Itápolis SPA-182/333 km 2.

Figura 29 – Pontos Críticos da Malha Rodoviária (Taxa de Severidade 2014)



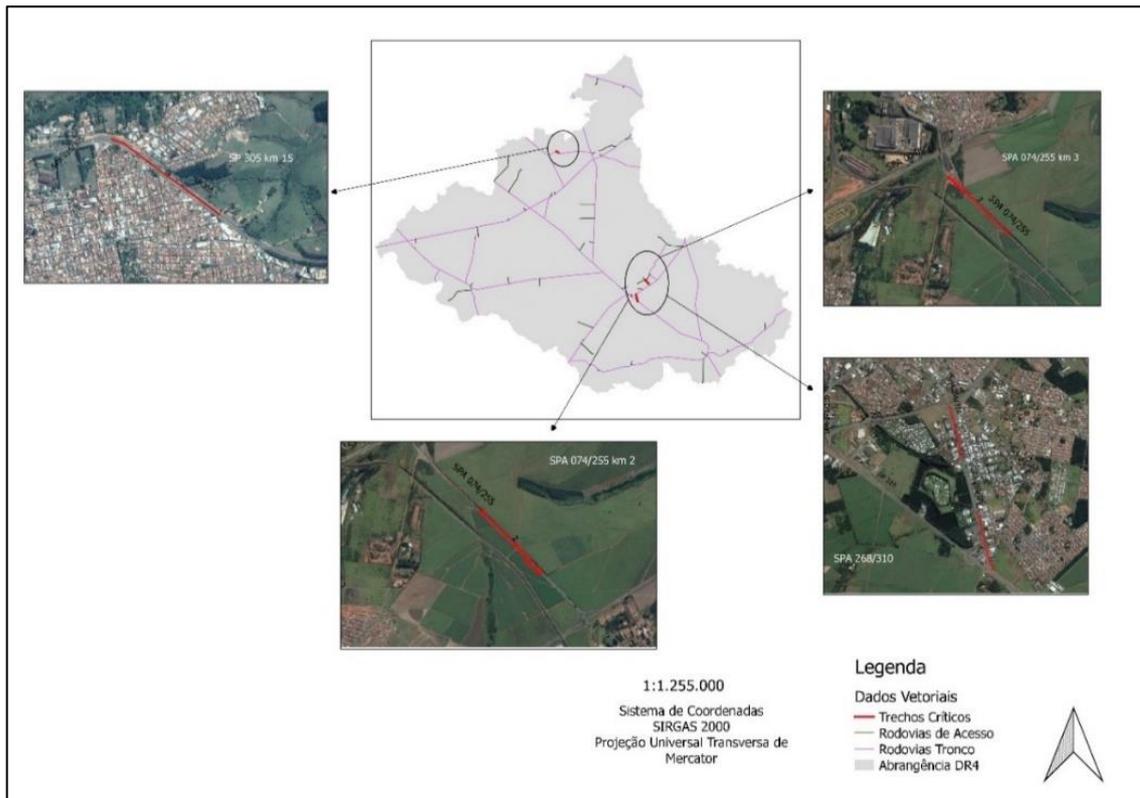
Fonte: Autor

As Figuras 20, 22, 24, 26 e 28 mostram a localização dos trechos críticos calculados, de acordo com o método das **taxas de acidentes**, para os anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014, respectivamente.

Verifica-se, analisando-se essas figuras, que alguns trechos críticos aparecem mais de três vezes ao longo dos cinco anos; esses trechos estão representados na Figura 30 e localizam-se na região de Monte Alto (SP-305 km 15) e Araraquara (SPA-268/310 km 0 e 2 e SPA-074/255 km 3 e 2).

As figuras 30 e 31 também apresentam imagens de satélite relacionadas com os trechos considerados mais críticos. Isto permite conhecer o tipo de ocupação do solo no entorno dos trechos. Nota-se pela Figura 30 que três dos cinco trechos estão em localizados em áreas urbanas: SP-305 km 15 e SP-268/310 km 0 e 2. Além disso, nota-se também que os trechos críticos estão localizados em trechos retilíneos, e não em curvas.

Figura 30 - Trechos críticos pela taxa de acidentes do período 2010-2014



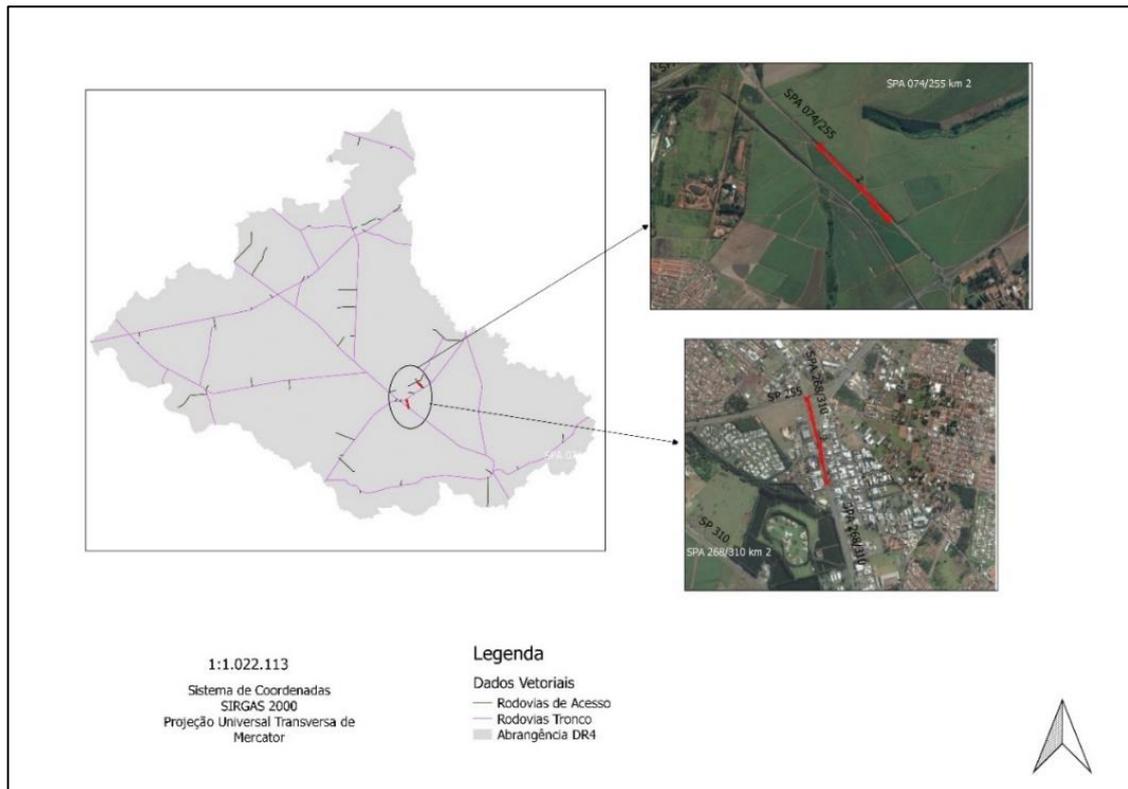
Fonte: Autor

Pelo cálculo da **taxa de severidade**, apenas dois trechos apresentam-se mais de 3 vezes; os dois estão localizados na região de Araraquara (SPA-268/310 km 2 e SPA-074/310 km 2), como mostra a Figura 31. A Figura também identifica que os dois trechos em destaques estão localizados em área urbana e rural. O trecho SP-074/255 km 2 está em um meio rural e o trecho SP-268/310 km 2, em meio urbano. Quanto a sua geometria, nota-se que ambos são trechos retilíneos.

Quando analisados os tipos de acidentes nos dez trechos mais críticos, calculados pela *taxa de severidade*, no ano de 2010, obteve-se um perfil de 36% deles de colisão transversal, seguido de 19% de choque com obstáculo fixo, 16% tombamento e 10% colisão traseira.

No ano de 2011, os dez trechos críticos tiveram como perfil 40 % de acidentes do tipo colisão transversal, 17% de tombamento, 9% de choque com osbstáculo fixo e 8% de colisão traseira. Já no ano de 2012 obteve-se o número de 27% de colisão transversal, 17% de colisão lateral e 12% de capotamento, choque com obstáculo fixo e colisão traseira.

Figura 31 – Trecho crítico calculado pela taxa de severidade do período de 2010 – 2014



Fonte: Autor

Para o ano de 2013, foram 28% de colisão transversal, 26 % de choque com obstáculo fixo, 15% tombamento e 13% colisão traseira. Já, o ano de 2014 apresentou 26% de colisão transversal, 18% tombamento e 12% colisão traseira e choque obstáculo fixo.

Ao longo do período temporal de 5 anos, aqui considerados, os acidentes do tipo colisão transversal foram os que tiveram maior representatividade. Inicia-se o período de tempo, no ano de 2010, com 36% dos acidentes do tipo colisão transversal e, no ano de 2011, houve um pequeno aumento de 4%; no ano seguinte, 2012, os números de colisão lateral diminuem (27%), porém, continuam sendo a maioria.

No ano de 2013, o número de colisões laterais aumentou em 1% em relação ao ano anterior (2012) e, finalmente, no ano de 2014, tem-se a porcentagem de 26% de acidentes do tipo colisão lateral, diminuindo em 2% em relação ao ano de 2013.

Já, ao se analisar os dez trechos críticos calculados pela **taxa de acidentes**, obteve-se a seguinte característica: no ano de 2010, 35% dos acidentes foram do tipo colisão transversal, seguido de 20% com choque com obstáculo fixo, 12% colisão lateral e 10% tombamento.

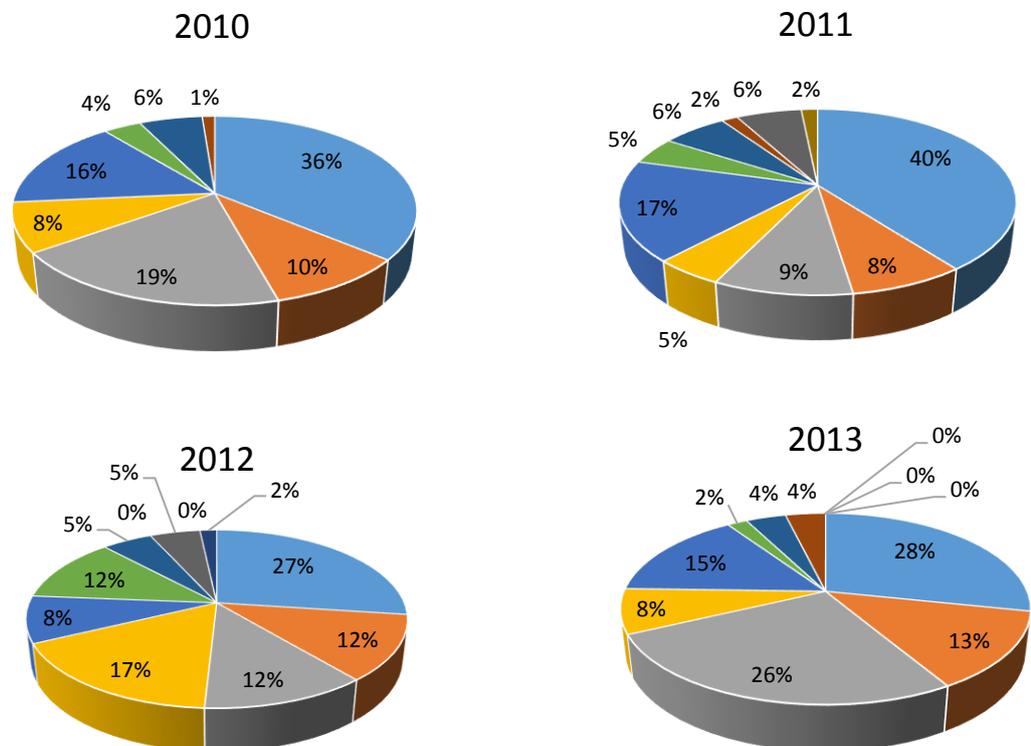
Em 2011, foram 49% de colisão transversal, 15% de choque com obstáculo fixo, 12% com colisão lateral e 7% com colisão traseira. Em 2012, 27% dos acidentes foram de colisão transversal, 17% com colisão traseira, 15% com colisão lateral e 12% tombamento.

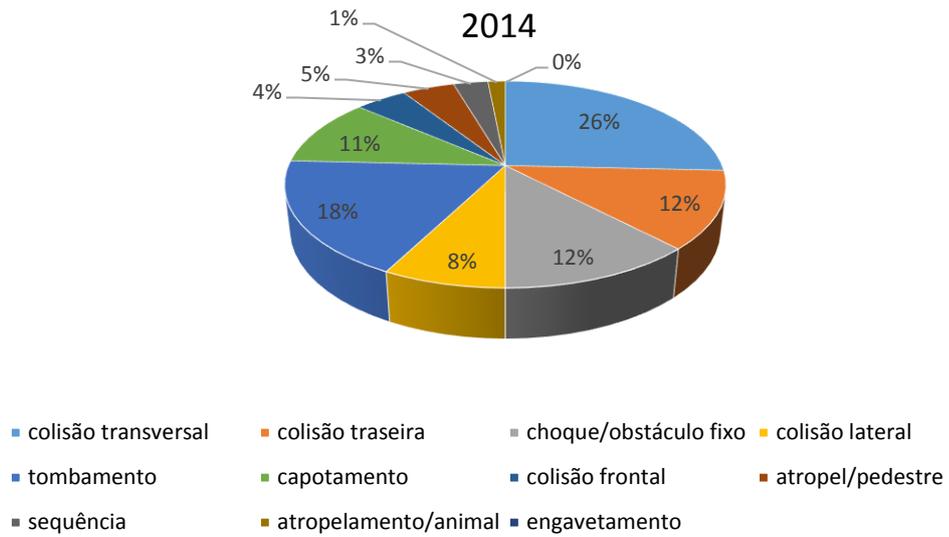
Em 2013, o número de acidentes do tipo colisão transversal sobe para 29%, porém, o número de choque com obstáculo fixo sobe para 30%, e 16% de tombamento. O ano de 2014 apresentou os números de 23% de colisão transversal, 18% de choque com obstáculo fixo e tombamento, e 15% de colisão traseira.

As Figuras 32 e 33 mostram os tipos de acidentes que mais aconteceram durante o período de 2010 a 2014 nos dez pontos críticos da malha rodoviária pertencente ao DR-4.

Observa-se que, quando os pontos críticos são identificados pela *taxa de severidade* (Figura 32), a maior parte dos acidentes é do tipo colisão transversal; quando calculados pela *taxa de acidentes*, com exceção do ano de 2013, também ocorreram mais acidentes do tipo tombamento.

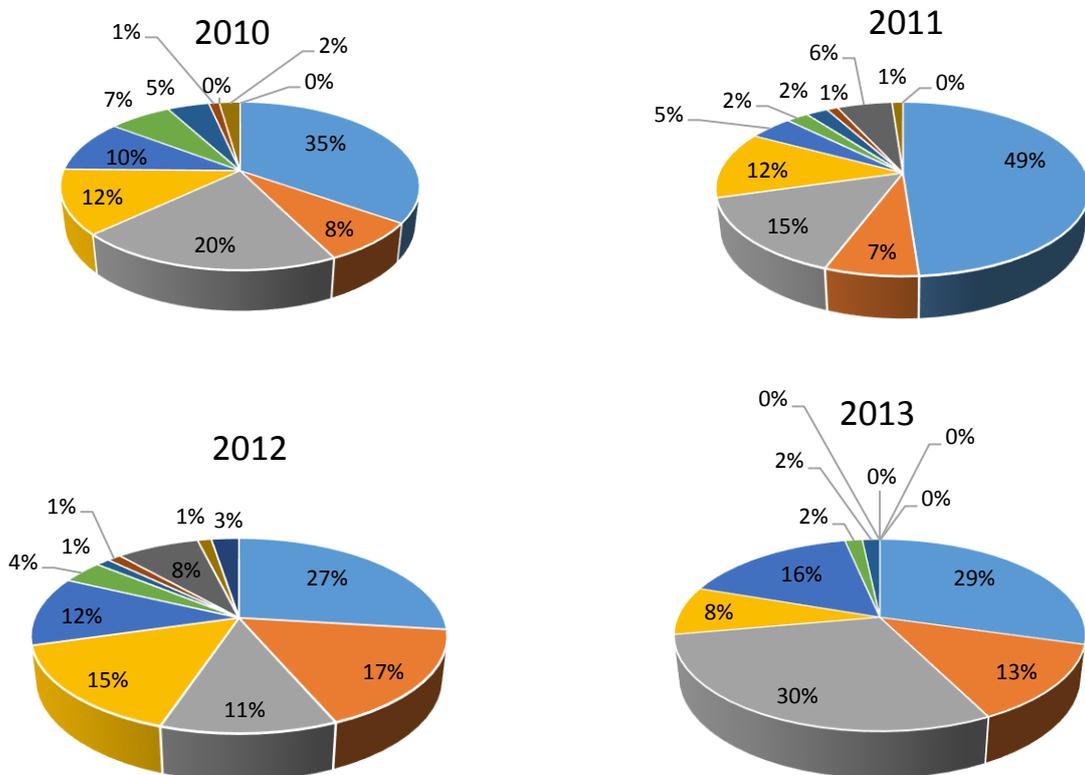
Figura 32 - Tipos de acidentes com a taxa de severidade para o período de 2010 - 2014

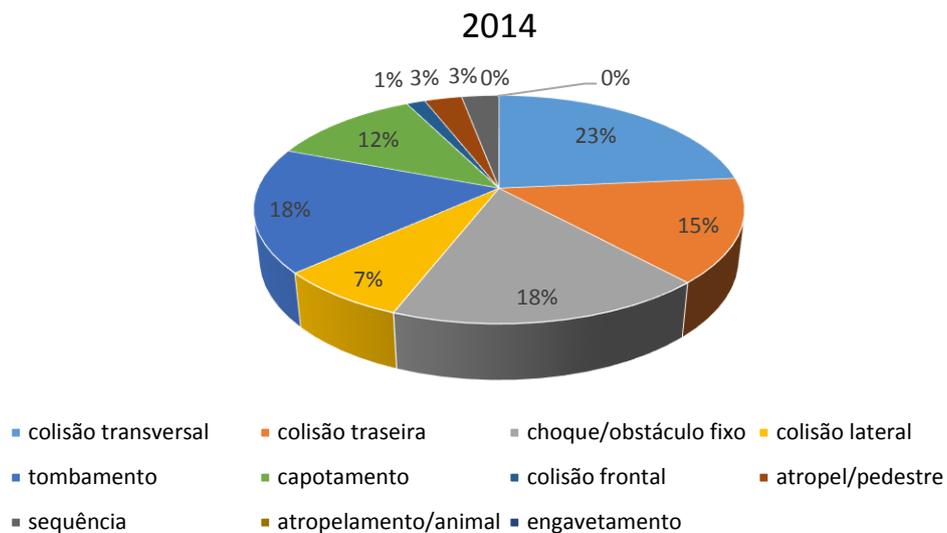




Fonte: Autor

Figura 33 – Tipos de acidentes com taxa de acidentes para o período de 2010 - 2014





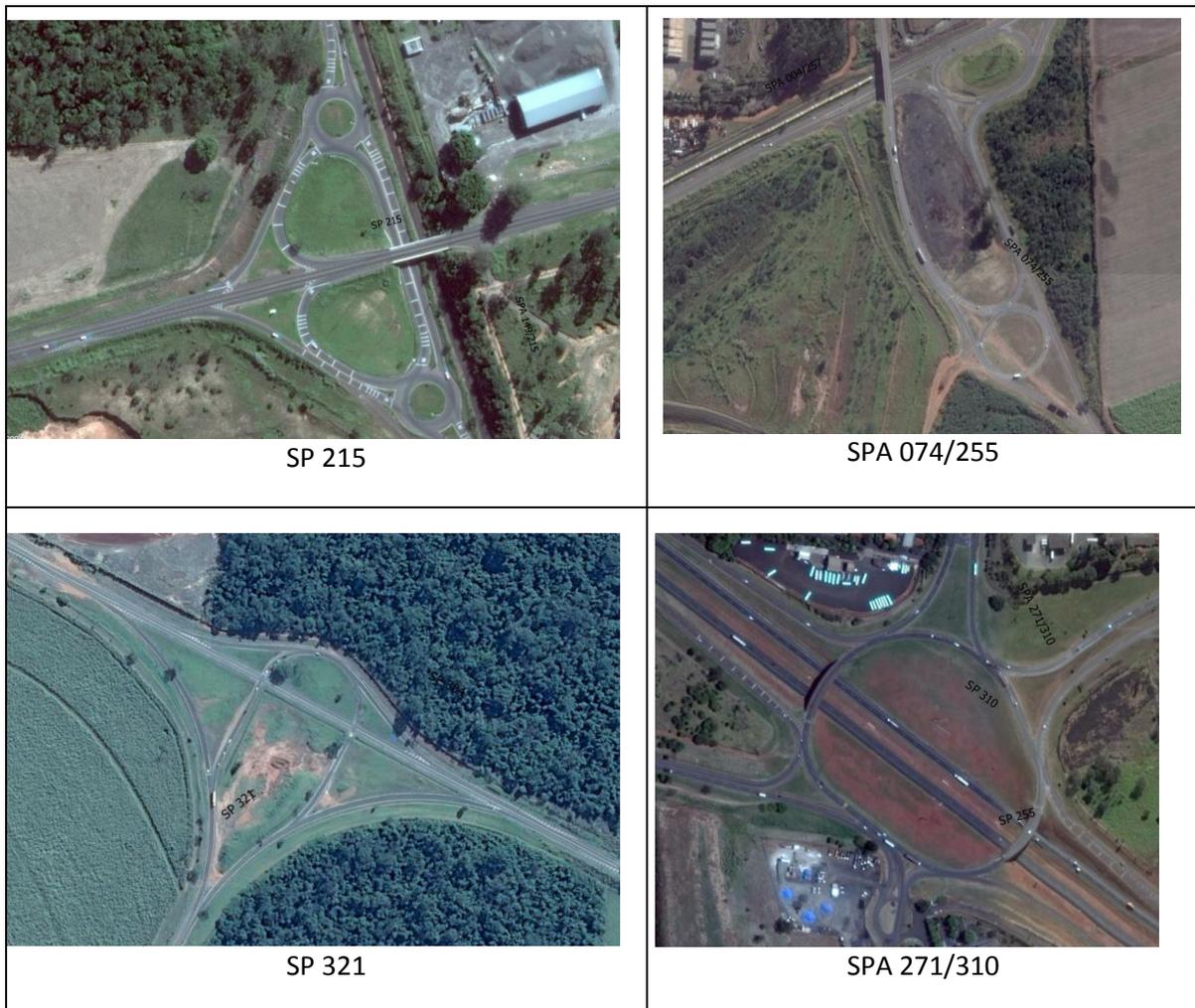
Fonte: Autor

Os acidentes caracterizados como acidentes de colisão transversal ocorreram em locais como os apresentados na Figura 34. A Figura apresenta um dos dispositivos da SPA-074/255, SP-215, SP-321 e SPA-271/310. Este dispositivo faz com que o veículo diminua a sua velocidade para adentrar, porém, se não for cuidadoso ao adentrar o dispositivo, pode provocar um acidente do tipo colisão transversal.

O objetivo geral desta pesquisa foi o de analisar o nível de segurança viária, através da evolução da acidentalidade viária da malha rodoviária regional, sob responsabilidade da Diretoria Regional-4, e compará-la com os objetivos estabelecidos pela Década de Ação pela Segurança no Trânsito. Além das metas de estabilização e redução do número de mortes no trânsito até 2020, a Organização Mundial de Saúde/Organização das Nações Unidas, propôs algumas ações como aspecto orientador para se atingir a meta geral.

Para verificar minimamente o nível de adesão da gestão da malha rodoviária regional sob a responsabilidade da Diretoria Regional 4 do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo, procedeu-se uma conversa informal junto ao engenheiro responsável pela malha a respeito do nível de atendimento das ações da DR 4 em relação ao previsto pela OMS/ONU, cujos resultados estão disponibilizados no Quadro 5.

Figura 34 – Dispositivos das Rodovias SP 215, SPA 074/255, SP 321 e SPA 271/310



Fonte: Autor

Quadro 5 – Comparação entre as ações previstas pela Década de Ação para Segurança no Trânsito da OMS/ONU e a aderência manifestada pela DR-4

Ações previstas pela Década	Nível de aderência da DR-4
Aderir e implementar plenamente os principais acordos e convenções relacionados com a segurança rodoviária das Nações Unidas.	Até o ano de 2015, nenhum acordo foi aderido.
Desenvolver e implementar estratégias e programas de segurança rodoviária sustentável.	Desde o ano 2000 foram implementadas as UBAs.
Estabelecer um objetivo viável para a redução das mortes rodoviárias até 2020, baseando-se nas metas regionais de acidentes.	Algumas implementações foram feitas, como construção de rotatórias, aumento de radares e reforços na sinalização horizontal e vertical.

Fortalecimento da infraestrutura de gestão e capacidade de implementação e técnica das atividades de segurança rodoviária a nível nacional, regional e global.	Nada foi feito em relação ao fortalecimento da gestão das atividades de segurança.
Melhorar a qualidade da coleta de dados em níveis nacional, regional e mundial.	Os dados de acidentes foram recolhidos através da polícia estadual e, a partir do ano 2013, foi feito pelas UBAs.
Monitorar o progresso e o desempenho em uma série de indicadores predefinidos nos níveis nacional, regional e mundial.	Os índices estatísticos são publicados em um relatório, para análise do engenheiro responsável.
Incentivar o aumento do financiamento para a segurança rodoviária e uma melhor utilização dos recursos existentes, nomeadamente através da garantia de um componente de segurança rodoviária nos projetos de infraestruturas rodoviárias.	Nenhum incentivo ao aumento do financiamento para a segurança rodoviária foi feito.
Capacitação em níveis nacional, regional e internacional para abordar a segurança rodoviária.	Nenhuma capacitação foi feita até o ano de 2015.

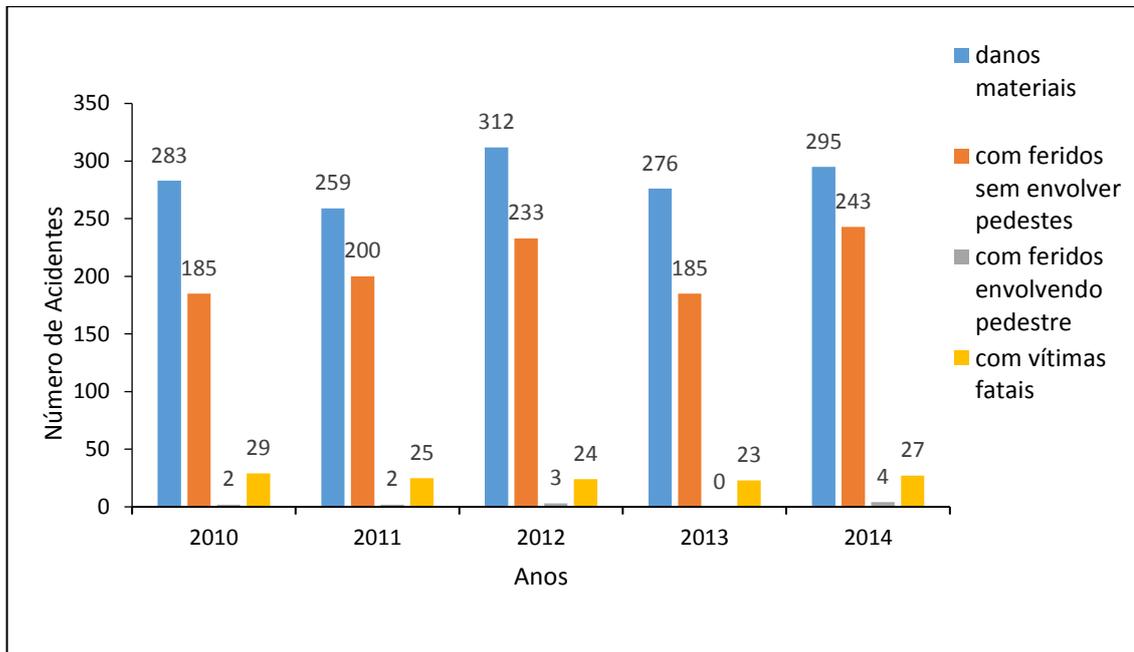
Fonte: Autor (2017)

Por fim, a Figura 35 mostra o número de acidentes ocorridos na malha regional, de acordo com o tipo de acidente, no período dos 5 anos analisados. Verifica-se que, no período de 2010 a 2014, registrou-se, como seria de se esperar, números mais altos de acidentes com *danos materiais* em relação aos demais. Em seguida, ficaram os acidentes com *feridos sem envolvimento de pedestres*; depois, acidentes que resultaram *vítimas fatais* e, por último, estão os acidentes com *feridos envolvendo pedestres*.

De maneira geral, levando-se em conta os diversos tipos de acidentes, não foi possível caracterizar uma tendência que fosse mais explícita para qualquer um dos tipos de acidente. Registrou-se, sim, uma variabilidade clara.

Pode-se, ainda, constatar, que em 2014 houve números bastante elevados de acidentes que resultaram em feridos sem envolver pedestres, 243, maior valor registrado para o tipo, e acidentes que resultaram vítimas fatais, 4, também o maior valor do período e tipo de acidente.

Figura 35 – Números de acidentes de acordo com sua gravidade no período de 2010-2014, na malha rodoviária da DR 4



Fonte: Autor

4.3.2 Análise dos resultados

Com os dados de acidentes de trânsito registrados na malha rodoviária regional gerenciada pela DR-4/DER, e devidamente disponibilizados para esta pesquisa, construiu-se dois bancos de dados, sendo um relacional e outro georreferenciado.

O banco de dados georreferenciado foi construído em plataforma SIG fazendo-se uso do programa QGIS. Com ele pode-se produzir os mapas temáticos dos trechos críticos da malha rodoviária pertencente ao DR-4. A representação dos trechos críticos foi o primeiro passo para se analisar esses trechos.

Foram levantados métodos para a identificação dos pontos críticos e decidiu-se pela utilização de dois métodos para posterior comparação, ou seja, utilizou-se o método da *taxa de acidentes* e o método da *taxa de severidade*. Os dois métodos foram adotados, principalmente, pelo fato de que, ambos utilizam do volume médio diário de veículos (VDM), o que permite fazer-se comparações entre trechos ou pontos com diferentes volumes diários médios. Outro

aspecto que foi fundamental na escolha dos métodos foi o fato de que eles já são utilizados por órgãos rodoviários federais.

Como foi observado dos dados contidos nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7, os valores, tanto das *taxas de acidentes* como das *taxas de severidade*, apresentaram alguma tendência de decaimento com o passar dos cinco anos de estudo, assim como os valores das *taxas de severidade*, que levam em conta a gravidade dos acidentes.

Isso pode significar que, apesar do número de acidentes total na malha rodoviária regional não apresentar uma tendência explícita de queda no número de acidentes, a gravidade dos acidentes diminuiu, apesar do número de mortes ter aumentado nos anos de 2013 e 2014.

Esse aumento, no entanto, pode ter ocorrido pelo fato de terem sido registrados, nestes dois anos, dois acidentes com veículos coletivos, que por suas características levavam uma quantidade bem maior de passageiros do que em veículos individuais (carro, moto, caminhão etc.). No geral, a gravidade dos acidentes decaiu no período de 2010 a 2014, porém, registrando-se mais acidentes que resultaram somente danos materiais e menos acidentes com vítimas fatais, como mostra a Figura 35.

Os métodos utilizados para a localização dos pontos críticos apresentaram bons resultados e são coerentes com o que se esperava. O que os diferenciou, em relação a outros métodos disponíveis, foi a consideração da gravidade dos acidentes, com a atribuição de pesos (caso do método da taxa de severidade). Esse método leva em consideração a gravidade do acidente e, portanto, caracteriza aquele ponto crítico como grave devido a um acidente fatal ou não fatal.

Os dois métodos cumprem bem sua função, localizar o trecho crítico, e cabe ao aplicador do método escolher qual o método mais se aproxima de seu objetivo. Muitas vezes, o método da taxa de severidade irá apontar um trecho crítico como sendo aquele que possui um acidente fatal, enquanto que o método da taxa de acidentes mostrará aquele trecho que mais teve acidentes, sejam eles fatais ou não. Ou seja, muitas vezes os responsáveis optam pelo método da taxa de acidentes, já que ele indica qual trecho possui mais acidentes leves para assim aplicar medidas mitigadoras.

Os dados de acidentes (qualitativos e quantitativos) foram analisados e tratados para formar dois bancos de dados, o relacional e o georreferenciado. Fazendo-se uso dos dados desses dois bancos foi possível fazer uma análise sobre a acidentalidade na malha rodoviária.

A malha rodoviária em questão possui volumes relativamente baixos de tráfego, com VDMs variando de 1500 a 7500 veículos; mesmo assim, possui consideráveis números de acidentes. Toda malha rodoviária estudada possui pista simples e acostamento. Em alguns trechos possui a terceira faixa. A partir dessas informações foram gerados mapas, que permitiram produzir a visualização dos pontos críticos de acordo com os dois métodos.

As imagens obtidas por satélite do Google dos trechos críticos possibilitam a oportunidade de análise visual para apoiar as devidas decisões, após associar ao trecho os elementos analisados (rodovia, tipo de acidente, dia da semana etc.).

Pela Figura 30 observa-se que os trechos considerados mais críticos foram aqueles localizados próximos às áreas urbanas. A incidência desses pontos críticos nessas áreas urbanas é relativamente comum, e é nessas áreas que também aconteceram os acidentes com pedestres; apesar de serem baixos, obteve-se acidentes envolvendo pedestres próximos as áreas urbanas. Além disso, em todo o período analisado (2010-2014) constatou-se que os trechos críticos tiveram na sua maioria como tipos de acidentes a colisão transversal. Esses acidentes, muitas vezes descritos como veículos que adentram rotatórias sem os devidos cuidados, acabam colidindo transversalmente.

Em vista do objetivo geral desta pesquisa, que era o de analisar o nível de segurança viária através da sua accidentalidade, e compará-la com os objetivos estabelecidos pela Década de ação para segurança viária, concluiu-se que apenas algumas metas foram alcançadas, como a implementação das UBAs e construção de rotatórias, aumento de radares e reforços na sinalização horizontal e vertical. Assim, tem-se que o objetivo maior da Década, que é o de diminuir em 50% o número de mortes e feridos no trânsito, não está sendo cumprida.

5. CONCLUSÕES

O objetivo geral desta pesquisa foi o de analisar o nível de segurança no trânsito através da evolução da sua acidentalidade viária da malha rodoviária regional, sob responsabilidade da Diretoria Regional 4 do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo, localizada na região central do Estado. Posteriormente, compará-la com os objetivos estabelecidos pela Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020, lançada oficialmente, em 2011, pela Organização das Nações Unidas e coordenada pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Como objetivo subjacente, tem-se o de verificar a aderência das ações de gestão implementadas pela DR-4, tendo-se em vista as propostas da Década de Segurança.

Para isso foi feita a caracterização da malha rodoviária responsável pelo DR-4, que possui uma extensão de 565,69 quilômetros. Desse total, 327,81 km são de rodovias transversais e radiais (tronco), 192,20 km são de rodovias de acesso e 45,68 km são dispositivos. Todos os trechos de pistas analisados são do tipo simples e abrange 28 municípios.

Assim, foram aplicados dois métodos para a localização dos pontos críticos para o período de 2010 – 2014, para que fosse analisada a evolução da acidentalidade nesses pontos. Os trechos críticos obtidos, fazendo-se uso da *taxa de severidade*, mostraram que em todos os anos a maior parte dos acidentes foi do tipo de colisão transversal. Por outro lado, usando-se o método da *taxa de acidentes*, em todos os anos, a colisão transversal também foi o maior tipo de acidente registrado.

Este fato sugere que essas colisões transversais prevalentes envolvam veículos atravessando a pista, indicando que problemas de sinalização e/ou geometria da via possam estar ocorrendo. Também pode ocorrer problemas de visibilidade no momento de cruzar uma pista ou mesmo a rodovia, quer seja por haver a presença de elementos que impeçam a visão do condutor na hora de cruzar a pista (árvores, placas de sinalização etc.) ou mesmo a incidência do sol, geralmente, no início da manhã ou no final da tarde.

Os acidentes que resultaram em danos materiais foram os mais recorrentes, seguido pelos acidentes com feridos sem o envolvimento de pedestres, pelos acidentes envolvendo pedestres e, por fim, os acidentes com vítimas fatais. Os dois primeiros tipos de acidentes estão de acordo com aquilo que se poderia esperar de uma malha rodoviária regional. Não há como não se destacar o número de acidentes que produziram vítimas fatais, ou seja, cento e vinte e

oito acidentes para o período 2010 a 2014. Isto sugere que medidas severas e urgentes precisam ser implementadas para a sua redução, considerando que esta malha regional possui um volume diário médio de veículos (VDM) relativamente baixo.

Em parte do período analisado, de 2010 a 2013, até pode-se registrar uma pequena redução no número de acidentes com vítimas fatais: 29, 25, 24 e 23, respectivamente, para os anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. No entanto, mesmo que tenha havido uma tendência de redução ocorrida neste período, mesmo de maneira tímida, em 2014, o número voltou a se elevar, atingido 27 acidentes com vítimas fatais. Quando se considera os acidentes envolvendo os pedestres, eles são em proporções bem menores, o que indica, possivelmente, a baixa presença dos mesmos circulando pelas rodovias da malha regional.

Uma conversa, ainda que em nível informal, foi empreendida, junto ao engenheiro do DR-4, para se conhecer os tipos de ações que foram implementadas pela DR-4/DER-SP, em atendimento aos objetivos propostos pela Década de Segurança. Verificou-se que o atendimento foi apenas parcial, o que pode indicar o não atingimento das metas quantitativas de redução das vítimas fatais em acidentes até o final da Década, em 2020.

Os dados desta conversa, sintetizados no Quadro 5, precisam ser analisados com muita cautela, pois foram obtidos de maneira informal, como já frisado anteriormente, para que se pudesse conhecer, ainda que de forma não metodológica, as principais ações de gestão da DR-4. Isto permitiu fazer uma análise de aderência às ações e objetivos traçados pela Década de Segurança. Em vista disso, sugere-se que, em novas pesquisa, esta etapa possa ser abordada com mais precisão metodológica para a obtenção de resultados e conclusões mais robustas.

A DR-4 propôs algumas mudanças nas rodovias para que houvesse a diminuição de acidentes, tais como a reposição das tachas refletivas, implantação ou restauração das cercas, que evitaria a entrada de animais na área de domínio da malha e a abertura de acessos clandestinos, a implantação de programa para apreensão e destinação de animais, e campanhas educativas alertando os usuários.

Quanto a esses pontos, algumas ações foram realizadas na malha regional rodoviária para se atingir os objetivos da Década de Ações para Segurança Viária. Uma delas foi a criação das Unidades Básicas de Atendimento (UBAs), que tem como missão operar as rodovias sob a jurisdição do DER/SP. A UBA foi instituída em 2000 e, ao longo dos últimos 10 anos, novas UBAs foram sendo implantadas. Adicionalmente, 57 Residências de Conservação foram

transformadas em efetivas unidades de atendimento, levando atendimento aos usuários de toda a malha rodoviária que demande a intervenção da operação rodoviária, não só em casos extremos de acidentes com vítimas, mas também naqueles de simples defeito mecânico.

As UBAs agem com o objetivo da utilização plena da capacidade da rodovia, a fluidez do tráfego, segurança e conforto. Elas também providenciam a eliminação de irregularidades do pavimento ou da sinalização, e outras interferências nas rodovias.

Assim, deste modo, elevou-se a qualidade do socorro às vítimas no local do acidente e ampliou-se as equipes de socorro. Outro objetivo que foi implementado, o aumento de radares de controle de velocidade em alguns pontos das rodovias com alto índice de acidentes e a construção de rotatórias não vazadas, assim como reforço das sinalizações horizontais e verticais. Estas ações podem ter efetivamente ajudado a reduzir o número de acidentes com óbitos no período de 2010 a 2013.

Vários pontos críticos ou negros foram identificados, ano a ano, na malha regional, fazendo-se uso dos dois métodos adotados neste estudo, *taxa de acidentes* e *taxas de severidade*. Ambos consideram a variação do volume de tráfego nos trechos distintos, o que permite comparar as taxas de acidentes entre si. Não ficaram registrados pontos negros recorrentes ao longo do período estudado, ou seja, que se repetiam consistentemente a cada ano, embora em alguns deles aparecesse na lista dos dez pontos críticos de diferentes anos. De qualquer forma, os resultados apontaram para indícios claros de que a gestão da malha regional deva abordá-los em seus estudos visando a correção de fatores que venham a facilitar ou induzir situações favoráveis à ocorrência de acidentes.

Não ficou claro um tipo mais específico de geometria dos pontos negros levantados e considerados críticos em cada ano. Diferentes geometrias produziram pontos negros ao longo do período.

Enfim, embora fosse possível alcançar alguns resultados considerados positivos na malha em termos de redução de acidentes, como por exemplo, os acidentes com vítimas fatais, os resultados obtidos ao longo do período estudado não sugerem de forma consistente e robusta fiel tendência de redução. Com a abordagem aqui empregada, os dados utilizados e a metodologia proposta, não fica claramente definido o atingimento, ainda que parcial, das metas propostas pela Década nesta malha regional.

Sugere-se que a gestão da malha regional possa utilizar os resultados aqui obtidos para promover alterações na malha regional, sejam elas relacionadas com a geometria da via, sua

sinalização, manutenção da pista e no entorno etc., para corrigir os rumos da gestão, com a finalidade de se obter maior aderência dos resultados registrados na malha com os previstos na Década.

Em função dos objetivos propostos por este trabalho, considera-se que os mesmos foram plenamente atingidos. Sugere-se que este estudo tenha continuidade para se verificar os resultados a serem atingidos até o final da Década. Afinal, melhores resultados devem ser perseguidos ainda que o período da Década se encerre ou mesmo que o mesmo nível de resultados seja diferente e abaixo aos previstos na Década.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. **Highway Safety Manual 2010**. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., 2010.

ABNT. **Pesquisa de acidentes de tráfego – Terminologia NBR 10697**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **Sistemas de Gestão da Segurança Viária (SV) – Requisitos com orientação para uso NBR ISO 39001**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2015.

ALIAN, S.; BAKER, R. G. V.; WOOD, S. Rural casualty crashes on the kings highway: A new approach for road safety studies. **Accident Analysis and Prevention**, n. 95, p. 8-19, 2016.

AMADOR-JIMENEZ, L.; AFGHARI, A. P. Road Safety and Pavement Management: a case study of Tanzania. **The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, v. 10, n. 2, 2015, p. 132-140.

ANDRADE, C. A.; LOPES, A. de O.; RIBEIRO, M. K.; FONSECA, W. Identificação de segmentos críticos em acidentes de trânsito na Rodovia DF-002: geoprocessamento de dados do Instituto de Criminalista da Polícia Civil do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 2, p. 16-23, 2013.

BACCHIERI, G; BARROS, A. Acidentes de Trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados. **Revista de Saúde Pública**, Brasil, 2011.

BASTOS, J. T. **Análise estratégica da segurança viária no Brasil**: pesquisa de índices e indicadores. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2014.

BATISTÃO, M. D. C.; TACHIBANA, V. M.; SILVA, J. F. C. Mapeamento de trechos rodoviários críticos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 4, p. 863-877, 2016.

BAÚ, G. O Modelo de Gestão do Prêmio ANTP de Qualidade. In: ANTP. **Excelência na gestão do transporte e trânsito**. Série Cadernos Técnicos, vol. 10, São Paulo: ANTP, p. 40-58, 2013.

BEN-BASSAT, T.; SHINAR, D. Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior. **Accident Analysis and Prevention**, n. 43, p. 2142-2152, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano nacional de redução de acidentes e segurança viária para a década 2011-2020**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Datasus**. Ministério da Saúde. Brasília 2017. Disponível em: < <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def> >. Acesso em: 20 de maio de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Procedimentos Para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito**. Programa PARE de Redução de Acidentes. Ministério dos Transportes. Brasília – DF: MT. 2002

BRENAC, T. Safety at Curves and Road Geometry Standards in Some European Countries. **Transportation Research Record**, v. 1.523, n. 12, p. 99-106, 1996.

BUDDHAVARAPU, P.; BANERJEE, A.; PROZZI, J. A. Influence of pavement condition on horizontal curve safety. **Accident Analysis and Prevention**, n. 52, p. 9-18, 2013.

BUDDHAVARAPU, P.; SMIT, F. A.; PROZZI, J. A.; A fully Bayesian before-after analysis of permeable friction course (PFC) pavement wet weather safety. **Accident Analysis and Prevention**, n. 80, p. 89-96, 2015.

CARLSON, P. J. Can traffic signs be too bright on low-volume roads? **Transportation Research Record**, n. 2.472, p. 101-108, 2015.

CCDRN. **Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária: Segurança Rodoviária**. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. v. 11, Portugal, 2008.

CHEN, H. Black Spot Determination of Traffic Accident Locations and Its Spatial Association Characteristic Analysis Based on GIS. **Journal of Geographic Information System**, v. 4, p. 608-617. 2012.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2014**. Relatório Gerencial. Confederação Nacional do Transporte. CNT/SEST/SENAT. Brasília, 2014.

COAKLEY, R.; RICHARD, S.; NEUMAN, T. Relationship between geometric design features and performance. **Transportation Research Record**, n. 2588, p. 80-88, 2016.

COSTA, M.; SIMONE, A.; VIGNALI, V.; LANTIERI, C.; BUCCHI, A.; DONDI, G. Looking behavior for vertical road signs. **Transportation Research Part F**, n. 23, p. 147-155, 2014.

COSTA, da S. G. J.; BOAVENTURA, M. L.; DANTAS, N. H. Qualidade da malha rodoviária, custos econômicos associados e determinantes dos acidentes de trânsito no Brasil: avaliação e proposição de política. **Revista de Políticas Públicas**. 2015.

_____. **Pesquisa CNT de rodovias 2015**: relatório gerencial. Confederação Nacional do Transporte. CNT/SEST/SENAT. Brasília, 2015.

_____. **Pesquisa CNT de rodovias 2016**: relatório gerencial. Confederação Nacional do Transporte. CNT/SEST/SENAT. Brasília, 2016.

DENATRAN. **Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros**. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília: Ministério da Justiça, 2ª edição, 1987.

DER-SP. Departamento de Estradas de Rodagem. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Contatos/DivisoesRegionais.aspx>> Acesso em: 27 mai. 2016.

DERELI, M. A.; ERDOGAN, S. A new model for determining the traffic accident black spots using GIS-aided spatial statistical methods. **Transportation Research Part A**, n. 103, p. 106-117, 2017.

DNER. **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: DCTec, 1998

DNIT. **Elaboração de ações preventivas e corretivas de segurança rodoviária, por meio de identificação e mapeamento dos segmentos críticos da malha viária**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Santa Catarina, 2009.

DE MENESES, F. A. B. **Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos**. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

DPVAT. Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre. Disponível em: <<https://www.seguradoralider.com.br/Seguro-DPVAT/Sobre-o-Seguro-DPVAT>>. Acesso em: 09 mar. 2017.

DR-4. Relatórios sobre Acidentalidade Viária na Diretoria Regional 4 do Departamento de Estradas de Rodagem. Araraquara: DR-4. 2016

ELVIK, R. A survey of operational definitions of hazardous road locations insome European countries. **Accident Analyses and Prevention**, v. 40, n. 6, 2008.

ELVIK, R. **State-of-the-Art Approaches to Road Accident Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks**. Institute of Transport Economics, Oslo, Norway, 2007.

ELVIK, R.; VAA, T. **O manual de medidas de segurança viária**. Fundación Mapfre. Madri. 2015.

FERRAZ, A. C. P.; RAIA Jr.; A. A.; BEZERRA, B. S. **Segurança no Trânsito**. 1ª edição. São Carlos: São Francisco, 2008.

FERRAZ, A. C. P.; RAIA Jr.; A. A.; BEZERRA, B. S.; BASTOS, T.; RODRIGUES, K. **Segurança Viária**. São Carlos: Suprema, 2012.

FRANÇA, A. M. **Diagnóstico dos acidentes de trânsito nas rodovias estaduais de Santa Catarina utilizando um sistema de informação geográfica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

GARCIA, D. S. P. **Método para a análise da consistência geométrica de rodovias brasileiras de pista simples**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GOLD, P. A. **Segurança de trânsito - Aplicações de engenharia para reduzir acidentes**. Banco Interamericano de Desenvolvimento, Washington D.C., EUA, 1998.

GROSS, F.; ECCLES, K.; NABORS, D. Low-Volume roads and road safety audits: lessons learned. **Journal of the Transportation Research Board**, n. 2.213, p. 37-45, 2011.

HUTCHINSON, T. P. Tackling accident black spots head on. **Traffic Engineering and Control**, v. 52, n. 10, 2011, p. 387-392.

ISEN, L.; SHIBU, A.; SARAN, M. S. Identification and Analysis of Accident Black Spots Using Geographic Information System. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**. v. 2, Special Issue 1, December 2013, p. 131-139.

IPEA. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras caracterização, tendências e custos para a sociedade**. Brasília, 2015.

ISHIZAKA, E. I.; BARANDAS, C. C., YSHIBA, J. K., SIMÕES, F. A. E. Análise de Pontos Críticos de Acidentes de Trânsito em Severidade. **Ingeniería de Transporte**, Vol. 13, n. 3, p. 5-11, 2008

ITE. **Transportation and Traffic Engineering Handbook**. Institute of Transportation Engineers. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1982.

KHAN, G.; BILL, A. R.; CHITTURI, M.; NOYCE, D. A. Horizontal curves, signs, and safety. **Transportation Research Record**, n. 2.279, p. 124-131, 2012.

KOYUNCU, M.; AMADO, S. Effects of stimulus type, duration and location on priming of road signs: Implications for driving. **Transportation Research Part F**, n. 11, p. 108-125, 2008.

LINDENMANN, H. P. New findings regarding the significance of pavement skid resistance for road safety on Swiss freeways. **Journal of Safety Research**, n. 37, p. 395-400, 2006.

LI, Y.; LIU, C.; DING, L. Impact of pavement conditions on crash severity. **Accident Analysis and Prevention**, n. 59, p. 399-406, 2013.

LUOMA, J.; SIVAK, M. **Road safety management in Brazil, Russia, India and China**. 2012. The University of Michigan, Transportation Research Institute. Disponível em <<http://deebblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/89427/102786.pdf>> Acesso em : 16 fev. 2017.

METZ, B.; KRÜGER, H. P. Do supplementary signs distract the driver? **Transportation Research Part F**, n. 23, p. 1-14, 2014.

NODARI, C. T. **Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviários Rurais de Pista Simples**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2003.

NOGUEIRA, S. I.; RIBEIRO, P. J. G.; RODRIGUES, D. S. Classificação da rede viária em função da sinistralidade em ambiente SIG. XXVII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES. **Anais...** Belém, 2013.

OECD. **Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach**. The Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris: OECD/ITF, 2008.

OGDEN, K. W. **Engineering Road Safety: A Practitioner's Guide**. Federal Office of Road Safety, Canberra, Australia, 1994.

O'FLAHERTY, C. A. Accident Prevention, Investigation and Reduction. In: O'Flaherty, C. A. (Ed.) **Transport Planning and Traffic Engineering**. Amsterdam and others: Elsevier/Butterworth-Heinemann. 2006, p. 261-269.

OLIVEIRA, F. A. M. **ONU Década de Ações para a Segurança no Trânsito 2011-2020**, Câmara dos Deputados, Brasília, 2016.

OPPE, S. Detection and Analysis of Black Spots With Even Small Accident Figures. Paper presented to **Seminar on Short-Term and Area-Wide Evaluation of Safety Measures**, Amsterdam, The Netherlands, 19-21 April 1982, p. 75-84.

PEÑA, C. C. **Análise da Segurança Viária em Interseções nas Rodovias Federais de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2011.

PEREIRA, C. A.; SOARES, J. B.; PONTES FILHO, I. D. S.; BRANCO, V. T. F. C.; Análise da Aderência Pneu-Pavimento em Pontos de Ocorrência de Acidentes. **Revista Transporte**, v. 20, n. 2, p. 65-74, 2012.

PIARC. **Road Safety Manual**: Road accident investigation guidelines for road engineers. Technical Committee On Road Safety. Paris: Route Market. 2007.

RAIA Jr., A. A. Transportes. In: **Brasil em Números**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: IBGE, vol. 21, 2013, p. 260-277.

ROBLES, D. G.; RAIA Jr.; A. A. Correlação entre Conflitos e Acidentes Usando a Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego. XXII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, **Anais...** Fortaleza: ANPET. 2008.

ROBLES, D. G. **Estudo da correlação entre conflitos e acidentes usando a técnica de análise de conflitos de tráfego**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação Engenharia Urbana. UFSCar, São Carlos. 2007.

ROSEY, F.; AUBERLET, J. M. Trajectory Variability: Road Geometry Difficulty Indicator. **Safety Science**, n. 50, p. 1818-1828, 2012.

SALVADOR, D. M.; GOLDNER, L. G. Análise da Segurança Viária em Rodovias Estaduais Patrulhadas de Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 10º, **Anais...** Joinville, 2005.

SCHMITZ, A.; GOLDNER, L. G. Concepção de um Sistema de Informação Geográfica para Segmentos Críticos de Rodovia-Estudo de Caso da BR-285. **Ingeniería de Transporte**, Vol. 15, n. 2, 2011, p. 26-31.

SCHMITZ, A. **Proposta Metodológica Baseada em GIS para Análise dos Segmentos Críticos de Rodovia – Estudo de Caso na BR-285/RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

SCHIRMER, G. L. M.; CAUS, A. L. Diagnóstico de Traçado Horizontal e Desempenho de Segurança de Trecho Rural da Rodovia BR-262. CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, XXVIII, **Anais...** Curitiba: ANPET, 2014.

SILVA, A. N. R. **Pesquisa Origem-Destino de São Carlos**. Relatório. São Carlos, 2008.

SILVA, A. H. M.; BERNUCCI, L. L. B.; ARANHA, A. L.; SUZUKI, C. Y.; CHAVES, J. M. Avaliação da Redução de Acidentes em Pavimentos com Microrrevestimento a Frio. CONGRESSO BRASILEIRO DE RODOVIAS E CONCESSÕES, VII, **Anais...** Foz do Iguaçu: CBR & CBRASVIAS. 2011.

SILVA, L. A. **Sistema de Gerência de Pavimentos do DER/SP**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas. 2008.

SILVA, T. A. N; MACEDO, M. R. O. B. C. M; KOHLMAN RABBANI, E. R. Aplicação de Métodos de Identificação de Blackspots Usando SIG. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Vol. 2, n. 1, p.451-471, 2016.

SWE ROAD. **Black Spot Manual**. General Directorate of Highways, Road Improvement and Traffic Safety Project, Traffic Safety Project, Traffic Safety Consultancy Services, Ankara, 2001a.

SWE ROAD. **National Traffic Safety Program for Turkey**. General Directorate of Highways, Road Improvement and Traffic Safety Project, Traffic Safety Project, Traffic Safety Consultancy Services, Ankara, 2001b.

TAWAR, S., DASS, S. Identification of Accident Black Spots on NH-65 (Chaudhriwas, Hisar to Hisar City). **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, Vol. 4 Issue 2, p. 848-852, 2017.

TEODORO, B. A.; ALCÂNTARA, A. F.; BARBOSA M. H. Comparação entre Dois Métodos para Identificação de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito. CONGRESSO DE PESQUISA EM TRANSPORTES, XXVIII, **Anais...** Curitiba: ANPET, 2014.

VASCONCELLOS, E. Desenvolvimento Econômico e Segurança no Trânsito: precisamos morrer antes de aprender? **Revista dos Transportes Públicos**, n. 142, p. 7-18, 2016.

WHO. **Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020**. World Health Organization. Geneva, Switzerland, 2011.

WHO. **Global Status Report on Road Safety 2015**. World Health Organization. Geneva, Switzerland, 2015.

WHO. **Segurança no Trânsito nas Américas 2016**. Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Mundial da Saúde, Washington-D.C., 2016.