

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

WYKTOR STACHELSKI

**ACIDENTES DE TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS:
DETERMINAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS EM UM TRECHO DA BR-280/SC**

Joinville

2016

WYKTOR STACHELSKI

**ACIDENTES DE TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS:
DETERMINAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS EM UM TRECHO DA BR-280/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Dr.^a Christiane Wenck Nogueira Fernandes

Joinville

2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, Vitorio e Silvia, pelos incansáveis esforços empregados para minha educação e bem-estar, muitas vezes deixando de lado seus próprios desejos e necessidades para que eu pudesse alcançar meus objetivos e anseios.

À minha melhor amiga, minha namorada, Karine, pelo apoio ao longo desta jornada, pelas conversas e desabafos nos momentos mais difíceis.

Ao meu primo, José Henrique, pelo companheirismo e paciência ao longo das viagens realizadas durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus avós maternos, Dorival e Circe e aos meus avós paternos, Domingos (*in memorian*) e Filomena (*in memorian*), por todo o carinho e pelo exemplo que são até hoje para mim.

Aos meus tios, Francisco e Luciane, por sempre me receberem de braços abertos a cada retorno para casa, pelo carinho e preocupação sempre demonstrados.

À Arteris e todos meus colegas de trabalho, em especial ao meu supervisor de estágio, Fernando da Luz, e meu antecessor, Fernando Cesar, por todo o ensinamento transmitido ao longo do estágio e pela oportunidade oferecida que deu início à minha carreira.

À minha orientadora, Christiane, por despertar em mim o interesse pela Engenharia de Tráfego, e também por todo o apoio e dedicação ao longo das disciplinas cursadas e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que já tive ao longo de toda minha vida, por todo o conhecimento compartilhado.

“Em 2009, a Organização Mundial da Saúde registrou 1,3 milhão de mortes por acidente de trânsito em 178 países. Segundo a OMS, se nenhuma ação mundial for empreendida, este número poderá chegar a 1,9 milhão de mortes até 2020.”

(ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos)

RESUMO

As estatísticas reunidas pela Polícia Rodoviária Federal evidenciam um aumento constante no número de acidentes e mortes em rodovias federais brasileiras. Este aumento está relacionado a fatores como a falta de manutenção nas estradas, desobediência das leis de trânsito pelos motoristas, crescimento da frota de veículos, entre outros. Com a ocorrência cada vez mais frequente desse tipo de evento, inúmeras famílias sofrem diariamente com a perda de entes queridos ou sequelas. Além dos danos físicos, os acidentes de trânsito geram também danos materiais que resultam em um custo significativo para as famílias atingidas, para a sociedade e para o governo. Neste sentido, neste trabalho serão abordadas as diferentes classificações para os acidentes de acordo com as normas técnicas brasileiras, bem como as possíveis causas para ocorrência dos mesmos. Será apresentado um estudo de caso onde serão determinados os pontos críticos em um trecho da BR-280/SC e, posteriormente, serão propostas melhorias para a redução no número de acidentes em tais pontos.

Palavras-chave: acidentes de trânsito, ações preventivas, pontos críticos, engenharia de tráfego.

ABSTRACT

Statistics gathered by the Polícia Rodoviária Federal shows a steady increase in the number of accidents and deaths in Brazilian federal highways. This increase is related to factors such as lack of maintenance on roads, disobedience of traffic laws by drivers, growth of the fleet vehicles, among others. With the increasingly occurrence of such event, countless families suffer with loss of loved ones or sequelaes. In addition to the physical damage, traffic accidents also generate property damage that result in significant cost to the affected families, to society and to the government. In this sense, this study will present the different classifications of accidents according to Brazilian technical standards, and the possible causes for their occurrence. It will be presented a case study of critical points in a stretch of the BR-280/SC road and later it will be proposed improvements to reduce the number of accidents at such points.

Palavras-chave: traffic accidents, preventive actions, critical points, traffic engineering.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Custos dos acidentes de trânsito em 2012.....	16
Quadro 2 – Exemplo da tabela de apoio utilizada para a aplicação da metodologia	35
Quadro 3 – Valores calculados para o km 127.....	38
Quadro 4 - Valores calculados para o km 128	40
Quadro 5 - Valores calculados para o km 129	42
Quadro 6 - Valores calculados para o km 130	44
Quadro 7 - Valores calculados para o km 131	46
Quadro 8 - Valores calculados para o km 133	48
Quadro 9 - Valores calculados para o km 153	50
Quadro 10 - Valores calculados para o km 166	52
Quadro 11 - Valores calculados para o km 167	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução anual da frota de veículos no Brasil.....	11
Gráfico 2 - Acidentes a cada 100m no km 127	37
Gráfico 3 - Acidentes por tipo no km 127.....	37
Gráfico 4 – Acidentes a cada 100m no km 128	39
Gráfico 5 - Acidentes por tipo no km 128.....	39
Gráfico 6 - Acidentes a cada 100m no km 129	41
Gráfico 7 - Acidentes por tipo no km 129.....	41
Gráfico 8 - Acidentes a cada 100m no km 130	43
Gráfico 9 - Acidentes por tipo no km 130.....	43
Gráfico 10 - Acidentes a cada 100m no km 131	45
Gráfico 11 - Acidentes por tipo no km 131	45
Gráfico 12 - Acidentes a cada 100m no km 133	47
Gráfico 13 - Acidentes por tipo no km 133.....	47
Gráfico 14 - Acidentes a cada 100m no km 153	49
Gráfico 15 - Acidentes por tipo no km 153.....	49
Gráfico 16 - Acidentes a cada 100m no km 166	51
Gráfico 17 – Acidentes por tipo no km 166	51
Gráfico 18 - Acidentes a cada 100m no km 167	53
Gráfico 19 - Acidentes por tipo no km 167.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração de Colisão Traseira	18
Figura 2 - Ilustração de colisão lateral	18
Figura 3 - Ilustração de Colisão transversal	19
Figura 4 - Ilustração de Colisão Frontal	19
Figura 5 - Ilustração de Choque Contra Objeto	19
Figura 6 - Ilustração de Capotamento	20
Figura 7 - Ilustração de Tombamento	20
Figura 8 - Ilustração de Engavetamento	21
Figura 10 - Taxa de acidentes envolvendo motoristas principiantes em função da distância percorrida por mês	25
Figura 10 - Segmento da BR-280/SC compreendido entre Mafra/SC e São Bento do Sul/SC	32
Figura 11 - Níveis de Mobilidade e Acessibilidade	34
Figura 12 - km 127	36
Figura 13 - km 128	38
Figura 14 - km 129	40
Figura 15 - km 130	42
Figura 16 - km 131	44
Figura 17 - km 133	46
Figura 18 - km 153	48
Figura 19 - km 166	50
Figura 20 - km 167	52
Figura 21 - Aplicação de LERV em curva horizontal - vista superior	57
Figura 22 - Aplicação de LERV em curva horizontal - vista frontal	57
Figura 23 - Trecho entre o km 122 e o km 138	58
Figura 24 - Trecho entre o km 139 e o km 159	59
Figura 25 – Trecho entre o km 160 e o km 168	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS	13
1.2. JUSTIFICATIVA	14
2. ACIDENTES DE TRÂNSITO	15
2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ACIDENTES	17
2.2 CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO FÍSICO DAS VÍTIMAS	22
2.3 FATORES GERADORES DE ACIDENTES	23
3. METODOLOGIA	27
3.1 MODELO PROPOSTO PELO MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E TRATAMENTO DE PONTOS NEGROS (DENATRAN, 1982)	27
3.2 MODELO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS CRÍTICOS EM UMA REDE DE RODOVIA (DNER, 1986)	29
3.3 COMBINAÇÃO DOS MÉTODOS PROPOSTOS POR DENATRAN (1982) E DNER (1986)	31
4. ESTUDO DE CASO	32
4.1 COLETA DOS DADOS	34
4.2 CARACTERÍSTICAS DO SEGMENTO EM ESTUDO	32
4.3 DEFINIÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS	35
5. PROPOSTA DE AÇÕES CORRETIVAS NOS PONTOS CRÍTICOS	55
5.1 PONTOS CRÍTICOS DO KM 127 AO KM 133 NA TRAVESSIA URBANA DE RIO NEGRINHO/SC	55
5.2 KM 153	56
5.3 KM 166 E KM 167	58
5.4 PROPOSTAS PARA O SEGMENTO EM ESTUDO	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	62
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICE A – TABELA COM CÁLCULOS PARA DETERMINAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS	66

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), é de responsabilidade da Polícia Rodoviária Federal (PRF) a coleta de dados estatísticos para a elaboração de estudos a respeito de acidentes de trânsito e suas causas em rodovias e estradas federais, para que desta forma seja possível indicar ações preventivas para evitar a ocorrência de novos acidentes.

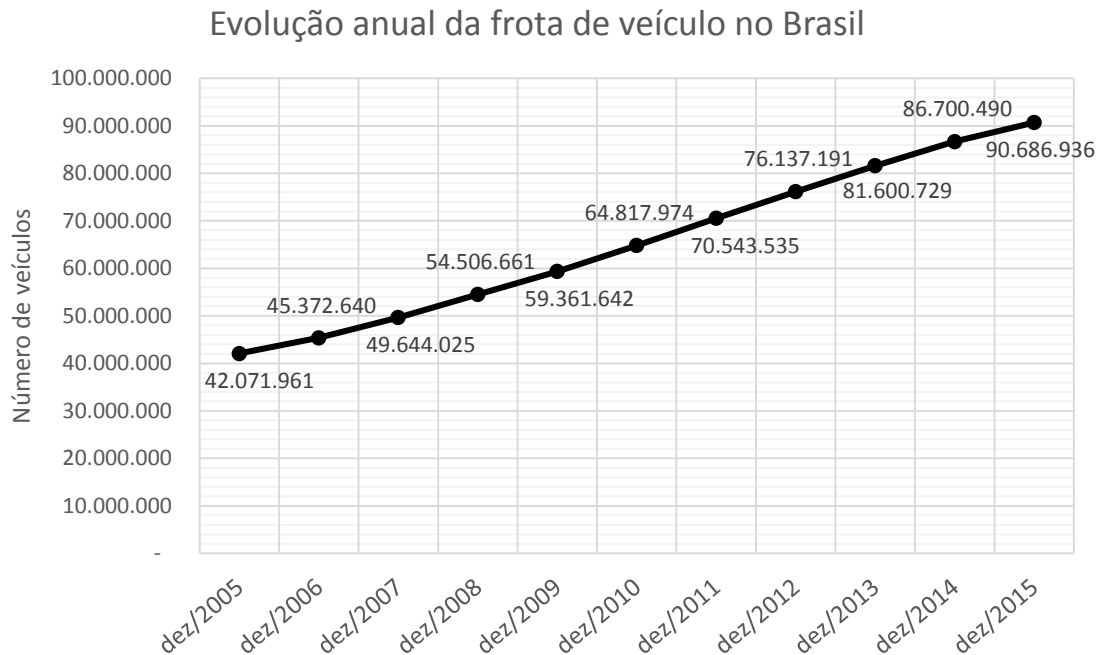
Ainda segundo o Código de Trânsito Brasileiro, além da coleta de dados, a PRF é responsável pela fiscalização nas rodovias federais para assegurar o cumprimento das normas de trânsito. Entretanto, embora eficiente, somente ações de fiscalização não são suficientes para atingir um percentual significativo de redução em acidentes de trânsito.

Desta forma, a PRF atua de forma conjunta com outros órgãos, como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e concessionárias responsáveis por administrar lotes leiloados de rodovias federais, com o intuito de desenvolver ações, como eventos, obras de manutenção, reparo e alterações da estrutura física da rodovia, para que desta forma seja possível reduzir ao máximo o número de acidentes.

O crescimento no número de acidentes pode ser relacionado ao aumento constante da frota de veículos, visto que na medida em que o número de veículos em circulação aumenta, a probabilidade de ocorrência de um acidente aumenta proporcionalmente (MARIN; QUEIROZ, 2000).

Segundo a AgSolve (2013), a frota de automóveis aumentou cerca de 400% nos últimos dez anos no Brasil, e com isto o transporte individual acabou se tornando, ao invés de uma solução, como era pensado para o século XX, um problema nos grandes centros urbanos nos dias atuais.

Segundo dados do DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (2016), percebe-se que a frota total de veículos em circulação aumentou mais de 100% entre 2005 e 2015, tendo uma média de crescimento de 8,37% por ano. O Gráfico 1 demonstra tal crescimento.

Gráfico 1 - Evolução anual da frota de veículos no Brasil

Fonte: Adaptado de DENATRAN (2016)

Com a ocorrência cada vez mais frequente de acidentes, inúmeras famílias sofrem diariamente com a perda de entes ou com danos irreversíveis quanto à mobilidade física do indivíduo.

Os acidentes de trânsito diariamente tiram a vida de muitas pessoas, causando perdas irreversíveis às suas famílias e à sociedade brasileira, bem como ocupando leitos hospitalares com os feridos com um custo mais elevado para o poder público e que poderiam servir para tratamentos de doenças comuns (MOTTA, 2009, p. 12).

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015), não se pode mensurar o dano sofrido por uma vítima de acidente de trânsito e seus familiares, porém, através de metodologias específicas de cálculo, pode-se estimar o custo desse tipo de ocorrência nos aspectos econômico-financeiros.

Com a finalidade de suavizar tal aumento, a Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU, 2010), editou uma resolução onde foi definido que o período entre os anos de 2011 e 2020 será a Década de Ação pela Segurança no Trânsito. No documento constam ações a serem tomadas em diversos países com o intuito de reduzir o número de acidentes de trânsito, que vinham ganhando destaque como causa no número de mortes por todo o mundo.

A meta proposta pela ONU é de atingir um índice de redução de 50% quanto ao número de vítimas fatais decorrentes de acidentes de trânsito no país. Para isto, em conjunto

com outros órgãos governamentais e não governamentais, o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2010) lançou o Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a Década 2011-2020, que propõe um conjunto de ações a serem executadas e metas a serem atingidas.

Visto isso e atrelando a experiência do autor no ambiente rodoviário ao longo da disciplina de Estágio Obrigatório no curso de Engenharia de Transportes e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina, onde percebeu-se a constante necessidade de desenvolvimento de estudos no ambiente rodoviário para que se alcance uma redução no número de acidentes e mortes nas rodovias, despertou-se o interesse no desenvolvimento deste trabalho.

Neste sentido, realizou-se um estudo de caso em um segmento de rodovia federal onde utilizou-se a combinação de métodos propostos por DENATRAN (1982) e DNER (1986) para a determinação de pontos críticos, e, posteriormente, foram propostas melhorias para estes locais de acordo com DNER (1998).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Determinar os pontos críticos de um trecho da BR-280/SC e propor soluções de melhorias a fim de se reduzir o número de acidentes e, principalmente, a severidade dos mesmos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Apontar os principais condicionantes para o acontecimento de acidentes rodoviários;
- Analisar estatísticas de acidentes em rodovias federais com o objetivo de se identificar padrões nos tipos de acidentes;
- Identificar pontos críticos no trecho compreendido entre os quilômetros 122 e 168 da BR-280/SC;
- Propor melhorias no sistema viário que possam auxiliar na redução do número e principalmente na severidade dos acidentes ocorridos no trecho em estudo.

1.2. JUSTIFICATIVA

No ano de 1998, os acidentes de trânsito foram responsáveis pelo maior número de internações hospitalares. Já as mortes decorrentes de acidentes de trânsito ocuparam o terceiro lugar no quadro geral de óbitos, ficando atrás apenas de doenças cardiovasculares e violência urbana. Isso comprova que os acidentes de trânsito compõem um grave problema de saúde e de segurança pública, exigindo que ações efetivas sejam tomadas no sentido de minimizar seu número e severidade (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002).

Segundo DNIT (2010), pesquisas constataram que cerca de 85% dos acidentes possuem como principal fator causador erros dos motoristas, o que poderia levar à conclusão que pouco o engenheiro rodoviário pode fazer para que a segurança viária fosse aprimorada. Porém, um ambiente rodoviário bem projetado, que incorpore medidas de segurança, pode reduzir o potencial de erro e, conseqüentemente, o número de acidentes.

Neste sentido, a motivação para a elaboração deste trabalho se deu pelo fato do tema ser de importância global e os conhecimentos adquiridos ao longo da formação acadêmica possibilitarem o desenvolvimento de estudos que possam aprimorar a segurança viária.

Portanto, este trabalho justifica-se, tanto academicamente como socialmente, por trazer um estudo onde são analisados acidentes de trânsito em um segmento de rodovia e em seguida são propostas ações corretivas que permitem auxiliar na redução do número e da severidade dos acidentes neste local.

2. ACIDENTES DE TRÂNSITO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define acidente como algo que independe do desejo do homem, causado por força externa, alheia, que atua subitamente e deixa ferimento no corpo e na mente. Dessa forma, o acidente de trânsito pode ser definido como o acontecimento supracitado envolvendo pelo menos um veículo que circula pela via de trânsito, podendo ele ser motorizado ou não (GOLD, 1998).

“O termo *acidente* é comumente aceito como uma ocorrência que envolve um ou mais veículos de transporte em uma colisão que resulta em danos materiais, ferimentos ou morte” (HOEL; GARBER; SADEK, 2011, p. 466). Ainda segundo os autores, estima-se que cerca de 1,2 milhão de pessoas morrem e 50 milhões são feridas em acidentes de trânsito por todo o mundo, nos Estados Unidos, que possuem um vasto sistema de transporte que serve de exemplo para todo o mundo, mais de 40 mil pessoas morrem por ano devido a acidentes em veículos automotores.

Com uma definição semelhante à de Hoel et al. (2011), Coca et al. (2012) mencionam que um acidente de trânsito é considerado um evento que envolve um ou mais veículos, sendo eles motorizados ou não, que estejam em movimento por uma via e que gerem ferimentos a pessoas ou também danos materiais a veículos ou demais elementos presentes no ambiente viário (postes, edificações, sinais de trânsito, etc.).

A NBR 10697:1989 (ABNT, 1989) define acidentes de trânsito como eventos que não são premeditados e que resultam em danos em veículos ou na sua carga e/ou ferimentos em pessoas e/ou animais, onde pelo menos um dos envolvidos está em movimento em vias abertas ou em áreas abertas ao público.

Levando em consideração as referências supracitadas, sempre que o termo acidente for citado neste trabalho, entender-se-á como uma ocorrência em uma via de trânsito que envolva ao menos um veículo, motorizado ou não, que tenha colidido contra outro elemento presente na via, e tenha gerado danos físicos a indivíduos ou danos materiais.

Como já mencionado, os acidentes de trânsito geram custos econômicos e financeiros às famílias das vítimas, aos governos e à sociedade (IPEA, 2015). Esses custos podem ser associados às pessoas, aos veículos, a questões institucionais ou então à via e ao meio ambiente

do local onde ocorreu o acidente. Os custos associados às pessoas são relacionados ao atendimento de vítimas e à perda de produção do indivíduo como, por exemplo, custos do atendimento pré-hospitalar, hospitalar, pós-hospitalar, de remoção/translado na questão de atendimento e custos de perda de produção e gastos previdenciários referentes à interrupção das atividades produtivas do indivíduo (IPEA, 2006).

Dados do IPEA (2006) ainda demonstram que os custos associados aos veículos se referem à necessidade de remoção do mesmo e de conserto, enquanto que os custos institucionais são associados a processos judiciais e ao atendimento policial. Já os custos à via e ao meio ambiente surgem da necessidade de reconstrução de elementos presentes no ambiente viário.

O Quadro 1 apresenta uma estimativa de custos dos acidentes de trânsito ocorridos no Brasil em 2012 feita por Coca et al. (2012), onde foi levado em consideração os dados de IPEA (2006) tomando como base a variação de índices de preços ao consumidor amplo (IPCA) segundo o IBGE (2012).

Quadro 1 - Custos dos acidentes de trânsito em 2012.

Discriminação	Rodovias	Cidades	País
Acidente sem vítimas (R\$)	23.866,00	5.461,00	-
Acidente com vítimas não fatais (R\$)	121.925,00	29.231,00	-
Acidente com vítimas fatais (R\$)	592.873,00	241.320,00	-
Todos os tipos de acidente (R\$)	83.445,00	14.704,00	-
Total anual (bilhões de R\$/ano)	39,50	12,65	52,15

Fonte: Adaptado de Coca et al. (2012, p.24).

Cardoso (2006) cita que em contraposição aos acidentes surge a segurança viária, que serve como forma de medição de quão seguro e protegido o sistema viário está quanto à ocorrência de acidentes e suas consequências. Por isso, a segurança viária deve ser avaliada na forma de índices, como número de acidentes por milhões de quilômetros viajados, por exemplo.

A Associação Brasileira de Concessionária de Rodovias (ABCR) publica um Relatório Anual contendo uma série de índices que ajudam a avaliar a segurança viária em trechos de rodovias administrados por concessões associadas à ABCR. Segundo o Relatório de 2014 (ABCR, 2014), no ano foram registrados mais de 121.547 acidentes de trânsito em rodovias federais e estaduais administradas por 54 concessionárias associadas.

Embora o número publicado pela ABCR demonstre o quão inseguro encontra-se o ambiente rodoviário brasileiro, ele não pode ser levado em consideração para todo o Brasil, visto que o número disponibilizado pela associação é referente apenas às regiões onde a administração e operação do trecho são feitas por concessionárias.

Nas rodovias fiscalizadas pela PRF, no ano de 2014, ocorreram 169.163 acidentes de trânsito, onde 4% deles foram com vítimas fatais, 37% com vítimas feridas e os 59% foram acidentes onde não houve feridos. Dentre os acidentes com vítimas fatais, 23% estão relacionados ao excesso de velocidade ou ultrapassagem indevida (IPEA, 2015).

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ACIDENTES

Segundo Cardoso (2006) para formular modelos de previsão de acidentes, que por sua vez auxiliam na tomada de decisões para realizar ações preventivas aos mesmos, é necessário realizar uma estratificação em relação aos tipos de acidentes, sendo que a classificação pode ser estendida quanto à gravidade.

2.1.1 Classificação dos Acidentes quanto aos tipos

De acordo com Coca et al. (2012) a classificação dos acidentes de acordo com seu tipo deve ser capaz de separar os acidentes com diferentes características, a fim de se identificar as causas prováveis do acontecimento de cada tipo, para que futuramente se torne possível definir ações a serem implementadas para reduzir a accidentalidade.

Segundo a NBR 10697:1989 (ABNT, 1989), os acidentes podem ser classificados em colisões, abalroamentos, choques, acidentes com pedestres, tombamentos, capotagens, engavetamentos, quedas e outros. Por sua vez, cada tipo de acidente pode ter sua subdivisão para tornar ainda mais clara a cinemática do ocorrido. A seguir serão descritos os tipos de acidentes de acordo com a norma supracitada.

a) Colisões

São acidentes onde um veículo que está em movimento sofre impacto com um outro veículo também em movimento.

Coca et al. (2012) cita que as colisões têm como característica principal o envolvimento de pelo menos dois veículos, sendo subdividida em colisões traseiras, laterais,

transversais ou frontais. Na colisão traseira, os veículos envolvidos trafegam na mesma direção e sentido, como mostra a Figura 1. Geralmente ocorre devido ao veículo da frente frear bruscamente ou estar se movendo a uma velocidade muito baixa, e então o segundo veículo que está a uma velocidade maior não tem tempo hábil para frear e evitar a colisão.

Figura 1 - Ilustração de Colisão Traseira



Fonte: Gold (1998, p.19)

Na colisão lateral os envolvidos estão trafegando na mesma direção, podendo o sentido ser o mesmo ou o oposto, e ocorre quando um dos veículos sai de sua trajetória e acaba colidindo lateralmente com o veículo ao seu lado, como é ilustrado na Figura 2.

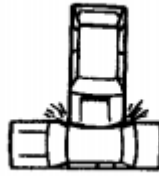
Figura 2 - Ilustração de colisão lateral



Fonte: Gold (1998, p.19)

Já as colisões transversais são observadas quando veículos que estão se movendo em direções aproximadamente perpendiculares e a frente de um envolvido colide com a lateral de outro, é comumente observada em cruzamentos viários. A Figura 3 ilustra uma colisão transversal.

Figura 3 - Ilustração de Colisão transversal



Fonte: Gold (1998, p.20)

A colisão frontal, na maioria dos casos, causa danos maiores tanto aos veículos como aos seus ocupantes, visto que os veículos estão se movendo numa mesma direção, porém em sentidos opostos, como mostra a Figura 4. Ocorre usualmente quando um dos envolvidos invade a pista destinada ao tráfego do sentido oposto. As colisões são conhecidas como abalroamentos.

Figura 4 - Ilustração de Colisão Frontal



Fonte: Gold (1998, p.19)

b) Choques

Ao contrário das colisões que envolvem pelo menos dois veículos sendo que ambos estão em movimento na via, os choques são definidos como o impacto de um veículo em movimento na via de trânsito contra qualquer objeto fixo ou móvel, mas que esteja parado, podendo este objeto ser outro veículo, defesa metálica, barreira de concreto, postes, árvores etc. A Figura 5 ilustra um exemplo de choque contra objeto.

Figura 5 - Ilustração de Choque Contra Objeto



Fonte: Gold (1998, p.20)

c) Acidentes com pedestres

Os acidentes com pedestre são subdivididos em: atropelamento, que é o acidente em que o pedestre ou um animal sofre um impacto de um veículo; e acidente pessoal de trânsito, que é qualquer evento em que o pedestre sofre danos físicos ou materiais, porém não há a participação de um veículo ou uma ação criminosa.

d) Capotamentos

É o acidente em que o veículo gira sobre si mesmo, independente do sentido, ficando com as rodas voltadas para cima quando atinge o repouso, ficando imobilizado em qualquer posição. A Figura 6 ilustra um exemplo de capotamento.

Figura 6 - Ilustração de Capotamento



Fonte: Gold (1998, p.20)

e) Tombamentos

Semelhante ao capotamento, entretanto o veículo não chega a girar completamente, ele imobiliza-se em uma de suas laterais, traseira ou frente. A Figura 7 ilustra um exemplo de tombamento.

Figura 7 - Ilustração de Tombamento



Fonte: Gold (1998, p.20)

f) Engavetamentos

Neste tipo de acidente há o envolvimento de três ou mais veículos. Ocorre o impacto entre os veículos envolvidos sendo que todos estão num mesmo sentido de circulação. A Figura 8 ilustra um exemplo de engavetamento.

Figura 8 - Ilustração de Engavetamento



Fonte: Gold (1998, p.19)

g) Queda

É o acidente onde o impacto é originado a partir da queda livre do veículo, ou então da queda de pessoas ou cargas que estão sendo por ele transportadas.

h) Outros tipos de acidentes

Acidentes que não se enquadrem em nenhum dos tipos anteriores, são classificados como outros. A PRF comumente classifica acidentes como Saída de Pista quando o veículo ultrapassa os limites da faixa de rolamento e vem a sofrer danos em seguida, como choque contra algum objeto, capotamento, tombamento etc.

Segundo Coca et al. (2012), em alguns acidentes pode ocorrer a combinação de dois ou mais tipos de acidentes, por exemplo, um veículo pode estar trafegando quando sofre o impacto com um animal atravessando a rodovia (caracterizando um atropelamento), em seguida o condutor perde o controle do carro e acaba se chocando com a defesa metálica ao lado da pista (caracterizando um choque). De acordo com a NBR 12898:1993 (ABNT, 1993), acidentes como o do exemplo acima são definidos como acidentes complexos.

2.1.2 Classificação dos acidentes quanto à gravidade

Coca et al. (2012) citam que no Brasil, a Polícia Militar adota a classificação de acidentes de trânsito quanto à gravidade levando em consideração três categorias: Acidentes de trânsito sem vítimas (apenas com danos materiais), com vítimas, porém não fatais (vítimas feridas) e com vítimas fatais. Vale ressaltar que esta classificação leva em consideração apenas o acidente, e não a quantidade de vítimas.

No caso de um acidente envolvendo múltiplas vítimas, sua classificação será de acordo com a vítima mais grave, ou seja, na ocorrência de uma vítima fatal e uma vítima ferida, o acidente levará a classificação de “Acidente de trânsito com vítima fatal”.

Segundo Lima et al. (2008), o Datatran, que é o banco de dados do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF), possui registro de cerca de 110.000 acidentes de trânsito ocorridos em rodovias federais brasileiras no período compreendido entre julho de 2004 e junho de 2005, sendo que ao menos 5% destes acidentes resultaram em pelo menos uma vítima fatal, e outros 33% em vítimas feridas, mas não fatais.

Lima et al. (2008) ainda citam que pouco mais da metade das vítimas fatais registradas no período citado foram decorrentes de apenas três tipos de acidentes: atropelamentos de pedestres (representando 3,6% do total de acidentes e 13% dos acidentes com vítimas feridas ou fatais), colisões frontais e colisões laterais.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO FÍSICO DAS VÍTIMAS

A NBR 12898:1993 (ABNT, 1993) classifica as vítimas de acidentes de trânsito de acordo com seus ferimentos no momento do acidente ou em até 30 dias após sua ocorrência em até três tipos:

a) Vítima fatal de acidente de trânsito

Quando a vítima não resiste aos ferimentos sofridos no acidente e vem a falecer no momento do evento ou em até 30 dias depois.

b) Vítima de acidente de trânsito com ferimento grave

Quando a vítima sofre lesões que necessitam de tratamento médico por um período maior de tempo, causando-a incapacidade temporária ou permanente para ocupações habituais.

c) Vítima de acidente de trânsito com natureza leve

Quando a vítima sofre lesões que não a impedem de exercer suas ocupações habituais.

2.3 FATORES GERADORES DE ACIDENTES

Um grande desafio enfrentado por profissionais da área de engenharia de tráfego é a determinação das causas que motivaram a ocorrência de acidentes de trânsito, visto que um acidente, na maioria das vezes, é resultado da interação entre essas diversas causas (CARDOSO, 2006).

De acordo com o Ministério dos Transportes (2002), os fatores contribuintes para a ocorrência de um acidente podem ser divididos em três grupos: Fator Homem, Fator Via e Meio Ambiente e Fator Veículo. Tal classificação é motivada pela verificação de uma relação direta entre o risco de ocorrência de um evento desta natureza em um determinado local e as características geométricas, ambientais, do tempo e do tráfego neste ambiente, bem como as condições dos veículos que ali trafegam.

O Fator Homem, ou Fator Humano, segundo Ministério dos Transportes (2002), está ligado ao comportamento das pessoas que se envolveram no acidente de trânsito, seja como condutor, passageiro, ciclista ou até mesmo pedestre. Dentre esses fatores pode-se citar, por exemplo, a imprudência do motorista (não manter distância de segurança, ultrapassar em local proibido, não utilizar sinto de segurança, ingerir bebida alcoólica etc).

O Fator Via e Meio Ambiente diz respeito às características da via e do meio ambiente ao seu redor no momento de ocorrência do acidente. Cita-se, como exemplo deste fator, os erros de projeto durante a construção da rodovia (superelevação inadequada da curva, pavimento excessivamente liso), falta de manutenção e conservação (existências de buracos, ausência de sinalização horizontal e vertical), vegetação cobrindo a pista ou placas de sinalização e a condição temporal no momento do acidente (chuva e neblina) (GOLD, 1998).

Ainda segundo Gold (1998), o Fator Veículo se refere à eventuais problemas que venham ocorrer com o mesmo enquanto trafega na via. Pode-se considerar que este fator está indiretamente ligado ao Fator Humano, visto que a grande maioria dos problemas estão relacionados à inadequação do estado de conservação do veículo para sua trafegabilidade, ou seja, o veículo encontra-se com falta de manutenção, como mau ajuste dos freios e pneus muito gastos. O veículo sofreria tais problemas citados devido ao seu condutor não o ter preparado adequadamente para circulação.

Já Gold (1998) considera, além dos três fatores supracitados, a existência de mais uma condição motivadora de acidentes, os Fatores Institucionais/Sociais. Estes fatores estariam relacionados a questões de regulamentação e fiscalização de órgãos reguladores e policiais. Embora este fator possa contribuir para a ocorrência de acidentes, ele, habitualmente, não é considerado na análise de acidentes e de pontos críticos.

De acordo com o estudo realizado por Austroads (1994, apud CARDOSO, 2006), o fator humano encontra-se presente na causa de 95% da amostra de acidentes estudada, dos quais 24% também houve a presença de fatores viários-ambientes e outros 4% com a presença do fator veicular, ou seja, 67% dos acidentes analisados foram causados pelo fator humano isoladamente. Se ainda considerarmos que o fator veicular esteja diretamente ligado ao fator humano, conforme citado anteriormente nesta seção, podemos considerar que mais de 70% dos acidentes ocorrem somente devido ao fator humano.

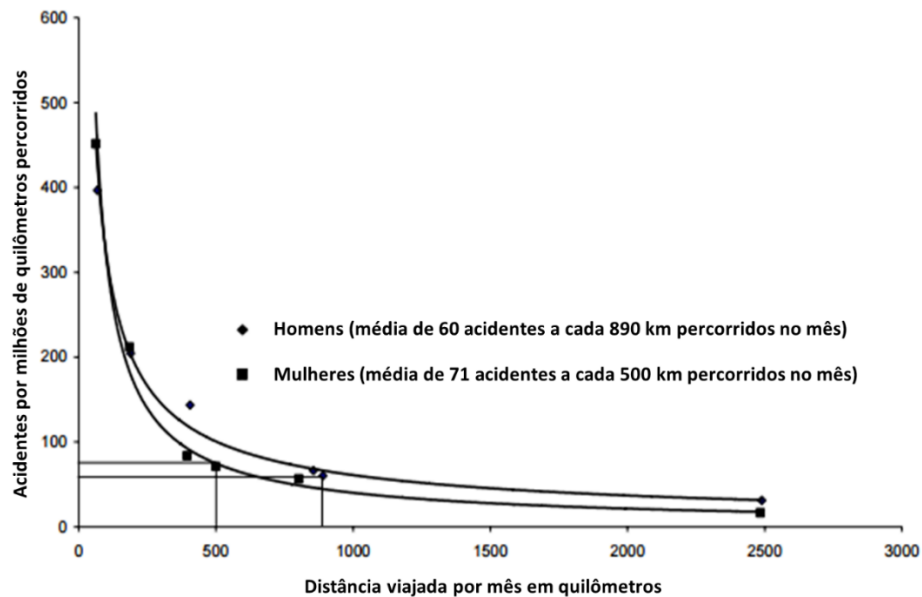
Este número demonstra que, embora ações de engenharia possam colaborar para a redução no número de acidentes, elas não são suficientes, havendo a necessidade de realização de ações de fiscalização e conscientização dos motoristas e todos os demais agentes envolvidos no trânsito.

Elvik (2006) propôs quatro leis que poderiam modelar estatisticamente uma relação entre fatores de risco à ocorrência de acidentes e seu acontecimento. Propôs-se que existem fatores internos e externos que restringem a capacidade humana de raciocínio diante de perigos no trânsito, o que acaba acarretando em erros de direção e, posteriormente, à ocorrência do acidente de trânsito.

A primeira lei leva o nome de lei universal do aprendizado, a qual faz relação entre capacidade de um condutor perceber e reagir a um perigo à sua frente e sua experiência em dirigir. Ou seja, Elvik (2006) ilustra que quanto mais viagens um condutor realiza, mais experiente o mesmo se torna, aumentando proporcionalmente sua habilidade de detecção e controle de perigos enfrentados no trânsito.

A Figura 9 demonstra o que foi supracitado, faz-se a relação entre a distância viajada por mês (eixo das abscissas) e o número de acidentes ocorridos por milhões de quilômetros rodados (eixo das ordenadas).

Figura 9 - Taxa de acidentes envolvendo motoristas principiantes em função da distância percorrida por mês.



Fonte: Elvik (2006)

O gráfico exibido na Figura 9 reúne dados de acidentes ocorridos na Noruega em 1998, e comprova a suposição de Elvik, a taxa de acidentes sofre uma queda brusca de acordo com o aumento da quilometragem percorrida ao longo do mês pelos condutores.

A segunda lei, “*Law of the unpredictable*”, traduzida por Coca et. al (2012) como a lei dos eventos raros, determina que os acidentes são mais prováveis de ocorrerem quando algo que o motorista não estava esperando acontece e não está preparado para tomar as ações necessárias. Coca et. al (2012) ainda cita que quanto mais raro de se encontrar um fator de risco no trânsito, maior é a chance de o mesmo causar um acidente, visto que o mesmo aparece em uma regularidade muito baixa e em menor número são as oportunidades enfrentadas pelos condutores para aprender a controlar esses problemas.

As duas leis até aqui mencionadas podem ser relacionadas. Como a lei universal do aprendizado declara que conforme o condutor adquire experiência na direção, menor é chance do mesmo se envolver em acidentes, a lei dos eventos raros menciona que perigos que ocorrem com uma periodicidade maior são mais fáceis de serem controlados pois os condutores estão

mais acostumados à eles e, de certa forma, até esperam que os mesmos venham acontecer, ou seja, houve um aprendizado dos motoristas ao longo do tempo que fez com que soubessem reagir a esses tipos de problemas com maior facilidade.

A terceira lei, lei da complexidade, Coca et al. (2012) explica como uma relação entre o número de informações relevantes por unidade de tempo suportadas por um condutor no trânsito, e a possibilidade do mesmo cometer um erro, ou seja, um motorista sujeito a poucos riscos (situação de baixa complexidade) tem uma capacidade maior de controlar suas ações para resolver cada problema, que um outro motorista que esteja sujeito à vários riscos (situação de alta complexidade).

“Um motorista que adota uma margem pequena de segurança faz com que sua direção se torne mais complexa que a de um motorista que aceita uma margem de erro maior” (ELVIK, 2006). Em outras palavras, o motorista que está disposto a correr mais risco, está sujeito a cometer algum erro ao longo de sua viagem mais facilmente, porém sua viagem é menos complexa que a de um motorista mais cauteloso.

Um exemplo disto seria a ultrapassagem em pistas de duplo sentido de direção: um motorista mais cuidadoso terá mais dificuldades de efetuar este tipo de manobra que um outro motorista que aceite correr um risco maior, ou seja, a viagem do motorista mais cuidadoso será mais complexa que a do segundo motorista.

A última lei proposta por Elvik (2006) leva o nome de lei da capacidade cognitiva. Em suma, esta lei pressupõe que a capacidade de o condutor tomar decisões está diretamente ligada ao seu estado de atenção no momento do acontecimento do evento que pode levar ao acidente de trânsito.

Quanto mais desatento o condutor estiver, seja por estar utilizando o celular, alcoolizado ou sobre uso de drogas por exemplo, mais prejudicada estará sua capacidade de raciocínio no momento da tomada de decisão e, conseqüentemente, maior será o risco de acidentes (Coca et. al, 2012).

Esta lei confirma-se nos dados coletados pela OMS (2014) que cita que 15% do total de mortes no trânsito em 2012 por todo o mundo tem como causa atribuída o consumo de bebida alcoólica. Analisando-se a realidade brasileira, ainda segundo OMS (2014), a taxa de mortes no trânsito com causa relacionada à ingestão de álcool chega a 18% para homens e 5,2% para mulheres.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os métodos utilizados no estudo de caso desenvolvido neste trabalho. Demonstra-se a determinação dos pontos críticos ao longo do segmento de rodovia estudado, bem como a origem dos dados coletados e sua forma de tratamento e análise.

A metodologia divide-se em duas etapas, uma com abordagem quantitativa e outra com abordagem qualitativa. A abordagem quantitativa mostra a origem dos dados de acidentes de trânsito na região de estudo e, através da junção de dois modelos de tratamento de pontos críticos apresentados, respectivamente, no Manual de Identificação, análise e tratamento de pontos negros (DENATRAN, 1982) e Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias (DNER, 1986) encontram-se os locais onde há concentração de acidentes.

Na abordagem qualitativa analisam-se os acidentes ocorridos nesses locais, bem como suas características e, com embasamento no estudo proposto por DNER (1998), propõem-se as principais causas dos mesmos e possíveis ações de melhoria que poderiam ser implantadas a fim de se obter redução na quantidade e, principalmente, na severidade dos acidentes.

3.1 MODELO PROPOSTO PELO MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E TRATAMENTO DE PONTOS NEGROS (DENATRAN, 1982)

Neste modelo propõe-se uma forma de tratar os dados de acidentes de trânsito em um determinado segmento a fim de se identificar pontos negros na amostra estudada. Segundo DENATRAN (1982), pontos negros são definidos como os locais que apresentam uma taxa de concentração de acidentes acima da média que os demais.

Utiliza-se dados de acidentes e também se leva em consideração o volume de tráfego, a fim de se considerar a exposição dos locais à ocorrência de acidentes, tal que os locais onde há a presença de um número maior de veículos trafegando por dia estão mais expostos à ocorrência de acidentes.

O primeiro passo é determinar o valor da Unidade Padrão de Severidade (UPS) de cada local. O UPS é determinado de acordo com a quantidade de cada tipo de acidente classificados pela situação da vítima: Acidentes com Danos Materiais, Acidentes com Feridos e Acidentes com Mortos, conforme Equação (1).

$$UPS = (Ac. Danos Materiais) + (5 \times Ac. Vítimas Feridas) + (13 \times Ac. com Vítimas Fatais) \quad (1)$$

Embora o valor de UPS seja aceitável para se classificar os segmentos em tal ordem que demonstre os locais onde ocorrem mais acidentes em quantidade e de acordo com sua gravidade, o cálculo não é suficiente para se determinar quais destes trechos são críticos, pois deve-se considerar a exposição de cada ponto à ocorrência de um acidente. Para isto, considera-se no cálculo o Volume Diário Médio (VDM). O VDM nada mais é que o número médio de veículos que passam por um trecho da rodovia por dia em um determinado período de tempo (DNER, 1999). A Equação (2) demonstra como obtê-lo.

$$VDM = \frac{\sum x_i}{t} \quad (2)$$

Onde:

x_i : número de veículos no trecho i durante o período t .

t : número de dias do período analisado.

O cálculo da Exposição é demonstrado na Equação (3).

$$Exposição = \frac{(Extensão \times VDM \times N^o \text{ de dias da amostra})}{10^6} \quad (3)$$

Utiliza-se o valor de 10^6 na fórmula para que o resultado final tenha como unidade “número de acidentes por milhões de veículos x km”.

Desta forma, a segunda etapa da metodologia se resume em dividir o valor encontrado de UPS pelo valor de exposição do segmento em estudo.

3.2 MODELO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS CRÍTICOS EM UMA REDE DE RODOVIA (DNER, 1986)

DNER (1986) apresenta uma metodologia de análise de segmentos onde a variável utilizada para a determinação de segmentos críticos é o número de acidentes, sem levar em consideração as informações de vítimas feridas e vítimas fatais.

O procedimento matemático proposto leva em consideração conceitos estatísticos de testes de hipóteses relacionados com a probabilidade de ocorrência de acidentes no ponto em análise, em comparação com toda a amostra, ou seja, se o ponto apresentar probabilidade de ocorrência de acidente maior que a probabilidade calculada para todo o seu segmento, ele é caracterizado como crítico.

O teste de hipóteses, Equação (4), realizado na determinação da criticidade ou não de cada ponto é elaborado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} H_0: P &\leq \lambda \\ H_1: P &> \lambda \end{aligned} \quad (4)$$

Sendo que:

λ : probabilidade de ocorrer um acidente em todo o segmento de amostra

P: probabilidade de ocorrer um acidente no ponto em estudo

A determinação da aceitação ou não de H_0 é função da razão crítica $r_{1-\alpha}$, cuja fórmula é mostrada na Equação (5).

$$r_{1-\alpha} = \lambda + k_{1-\alpha} \sqrt{\frac{\lambda}{\text{Exposição}}} - \frac{0,5}{\text{Exposição}} \quad (5)$$

A razão crítica leva em consideração o nível de significância α através do valor do coeficiente de k , que representa a taxa de erro tolerável de se rejeitar H_0 quando o mesmo deveria ser aceito, e são obtidos através da tabela *t-student*. Nos cálculos feitos neste trabalho utilizou-se nível de significância de 95%.

Na equação proposta para $r_{1-\alpha}$ é feita a subtração do valor de 0,5 dividido pela exposição para que seja feita uma correção estatística na variável aleatória, distribuída binomialmente, a fim de transformá-la em uma variável contínua, normalmente distribuída.

Sendo assim, um ponto é definido como crítico, ou seja, rejeita-se H_0 , quando o número observado de acidentes dividido pela exposição do local for maior que $r_{1-\alpha}$, caso contrário, a hipótese H_0 não é rejeitada e o ponto não é crítico.

As equações finais para esta metodologia são descritas pelas Equações (6), (7), (8) e (9).

- Exposição

$$Exposição = \frac{(Extensão \times VDM \times N^o \text{ de dias})}{10^6} \quad (6)$$

- Índice de Acidentes

$$I_j = \frac{N_j}{Exposição} \quad (7)$$

- Índice Crítico

$$Ic = \lambda + \left(k \times \sqrt{\frac{\lambda}{Exposição}} \right) - (0,5 \times Exposição) \quad (8)$$

$$\therefore Ic \equiv r_{1-\alpha}$$

- Segmento Crítico:

$$Trecho \text{ Crítico} \begin{cases} \text{Sim, se } I_j > Ic \\ \text{Não, se } I_j < Ic \end{cases} \quad (9)$$

Onde:

λ : Índice de Acidentes de segmento onde está o ponto em estudo.

N_j : Número de Acidentes no local j.

As probabilidades de ocorrência de acidentes descritas na Equação (3), são representadas pelos índices de acidentes, calculados a partir da Equação (6). Dessa forma, o teste de hipóteses é realizado de acordo com a Equação (8), ou seja, a hipótese é rejeitada caso o Índice de Acidentes do ponto seja maior que o Índice Crítico do segmento onde se encontra, e, conseqüentemente, o ponto recebe a classificação de crítico.

3.3 COMBINAÇÃO DOS MÉTODOS PROPOSTOS POR DENATRAN (1982) E DNER (1986)

Embora o método proposto por DNER (1986) demonstra uma forma eficiente de se encontrar locais concentradores de acidentes, levando em consideração até mesmo conceitos estatísticos, o método não difere acidentes com vítimas de acidentes daqueles com apenas danos materiais. Esta diferenciação é valiosa para a análise de pontos críticos visto que o objetivo do estudo é de propor ações que possam reduzir não só o número de acidentes, mas principalmente a severidade dos mesmos, ou seja, o número de vítimas.

Exemplificando o exposto acima, com o método proposto por DNER (1986), um local com alto número de colisões traseiras de baixa gravidade, um trecho urbano por exemplo, ganharia um destaque maior que outro local onde ocorrem esporadicamente, em um número menor, saídas de pista que resultem em vítimas feridas ou até mesmo fatais.

Já o método proposto por DENATRAN (1982) faz esta classificação dos acidentes com o cálculo do UPS, porém não leva em conta os conceitos estatísticos proposto no outro método.

A fim de se obter o melhor resultado neste trabalho, combinou-se os dois modelos de tal forma que seja possível realizar os cálculos levando em consideração todos os conceitos estatísticos propostos por DNER (1986), mas que também seja levado em consideração o valor de UPS de cada ponto em estudo.

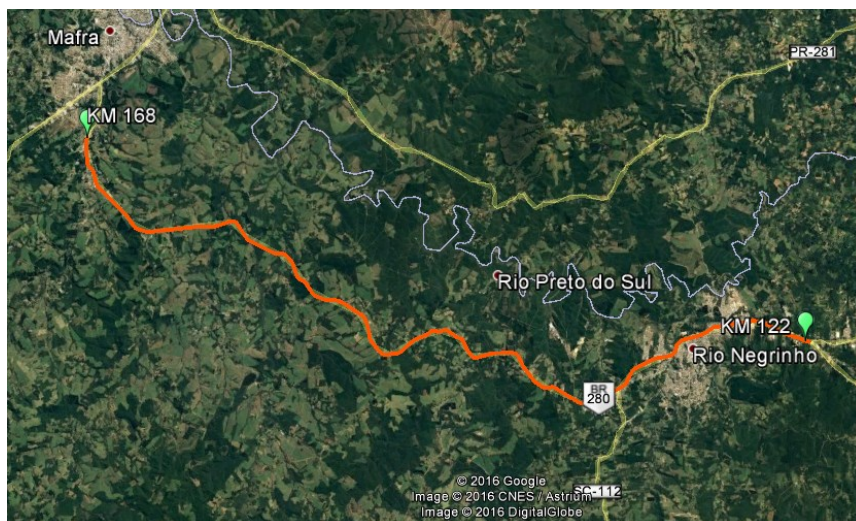
Neste sentido, utilizou-se as fórmulas demonstradas no Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos em uma Rede de Rodovia, porém utilizando-se o valor de UPS em substituição ao valor de N_j (número de acidentes no local j) no cálculo dos Índices de Acidentes. Assim, a contribuição estatística do modelo de DNER (1986) foi mantida e o conceito de destaque para pontos com acidentes mais graves também foi levada em consideração.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 CARACTERÍSTICAS DO SEGMENTO EM ESTUDO

O segmento escolhido para estudo trata-se de um trecho de 47 km da rodovia BR-280/SC, situado entre as cidades de São Bento do Sul/SC e Mafra/SC, cortando o perímetro urbano da cidade de Rio Negrinho/SC. Este segmento é a ligação rodoviária mais próxima entre essas duas cidades e também é o caminho mais utilizado pelos motoristas da região do Planalto Norte de Santa Catarina para viagens cujo destino é o litoral catarinense. A linha de cor laranja na Figura 10 ilustra o traçado do trecho estudado.

Figura 10 - Segmento da BR-280/SC compreendido entre Mafra/SC e São Bento do Sul/SC



Fonte: Google Earth, 2016

Os dois extremos considerados foram o trevo localizado no km 122+000, que faz a ligação da BR-280/SC com a SC-301 em São Bento do Sul, e o km 168+999, que faz ligação com a BR-116/SC em Mafra/SC.

De acordo com DNIT (2010), a classificação funcional das vias é o agrupamento hierárquico através do qual as vias são ordenadas levando em consideração o tipo de serviço

oferecido e a função que exercem no ambiente viário. As rodovias brasileiras podem ser classificadas funcionalmente em três sistemas.

- Sistema Arterial: é o sistema que forma uma rede de rodovias que tem como finalidade principal proporcionar a mobilidade para altos volumes de tráfego, promovendo a ligação entre cidades e demais centros geradores de tráfego.
- Sistema Coletor: possui a finalidade de promover as ligações intermunicipais e de centros geradores de tráfego que não são servidos pelo Sistema Arterial. De forma geral, as distâncias das viagens no Sistema Coletor são menores comparadas com as viagens no Sistema Arterial e com velocidades reduzidas.
- Sistema Local: sistema composto por vias geralmente de pequena extensão, tendo como função proporcionar acessibilidade ao tráfego intramunicipal. Embora possa apresentar descontinuidades, não pode ser isolado do restante da rede rodoviária.

DNER (1999) ainda cita uma subclassificação para o Sistema Arterial, em Sistema Arterial Principal, Sistema Arterial Primário e Sistema Arterial Secundário. As rodovias com classificação Arterial Principal se caracterizam por atender a viagens internacionais e inter-regionais, proporcionando um trânsito contínuo dentro da região. Conectam, de forma geral, cidades com população acima de 150 mil habitantes e as capitais de Estados a uma velocidade de operação entre 60km/h e 120km/h.

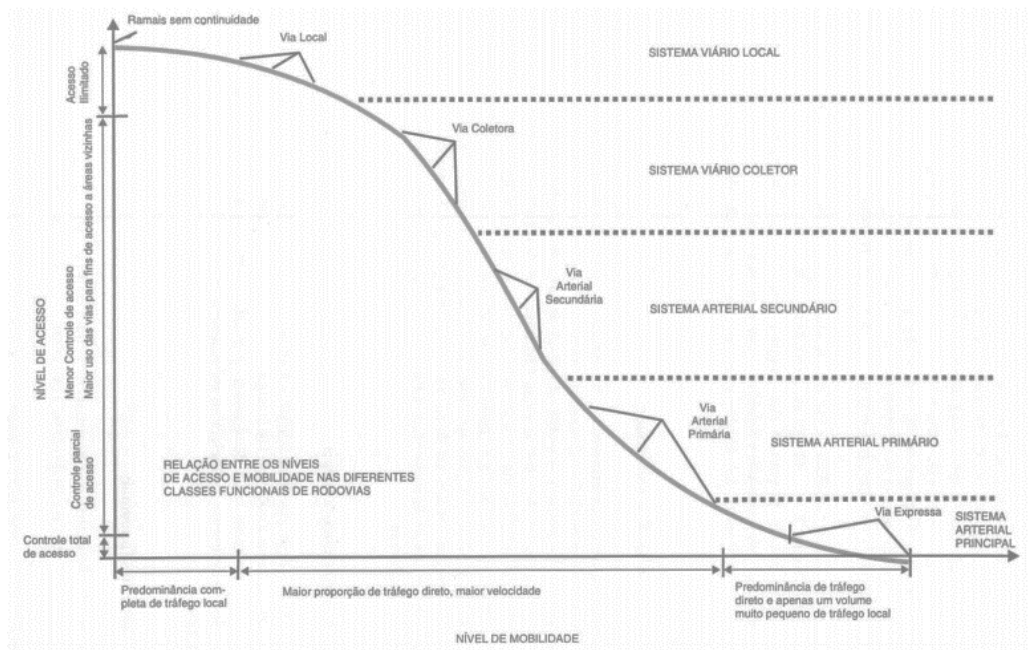
Já o Sistema Arterial Primário atende às viagens inter-regionais e interestaduais em regiões não servidas pelo Sistema Arterial principal, conectando cidades com população acima de 50 mil habitantes a uma velocidade de operação de 50km/h a 80km/h. A classificação como Sistema Arterial Secundário destina-se às rodovias que tem como propósito a ligação entre viagens intraestaduais e viagens não servidas por nenhum dos sistemas citados anteriormente. Em geral, conecta cidades com população acima de 10 mil habitantes com uma velocidade de operação entre 40km/h a 80km/h.

Nesse sentido, o trecho objeto deste estudo, como já mencionado anteriormente, é o principal eixo de ligação entre as cidades de Mafra/SC, Rio Negrinho/SC e São Bento do Sul/SC, portanto tem seu foco em mobilidade e não acessibilidade.

A velocidade diretriz é de 80km/h na grande maioria do segmento, reduzindo-se à 50km/h no perímetro urbano da cidade de Rio Negrinho/SC e nas proximidades de Mafra/SC onde há a presença de dispositivos controladores de velocidade próximos a interseção com via férrea e acessos para bairros mais afastados da cidade.

O tráfego na via é predominantemente direto e há pouco controle de acessos em grande parte do segmento, com exceção da travessia urbana de Rio Negrinho, onde há a presença de tráfego local e não há controle de acessos. Portanto, como pode ser analisado na Figura 11, este segmento pode ser caracterizado como uma via arterial secundária na sua grande maioria, possuindo características de via coletora em uma pequena extensão.

Figura 11 - Níveis de Mobilidade e Acessibilidade



Fonte: DNER (1999)

4.2 COLETA DOS DADOS

Os dados necessários para que os cálculos apresentados no capítulo 3 sejam realizados são o número de acidentes e o VDM. Os demais valores são determinados de acordo com as características e definições utilizadas no estudo (número de dias, extensão do segmento, valor k).

Conforme já mencionado anteriormente neste trabalho, a PRF é responsável pela coleta de dados estatísticos de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. Desta forma, foi solicitado, mediante ofício, a lista dos acidentes de trânsito ocorridos ao longo do segmento em estudo no ano de 2015, com classificação quanto à gravidade, tipo de acidente e local.

Já o valor utilizado para VDM foi o valor estimado por DNIT (2009). Embora este dado represente o volume de tráfego de seis anos antes das estatísticas de acidentes, ele foi utilizado por apresentar dois segmentos com VDM distintos dentro do trecho em estudo. Um segmento entre o km 123,2 e o km 129,1, e o outro segmento entre o km 129,1 ao km 166,7. Devido à proximidade, utilizou-se os mesmos valores de VDM até os limites de extensão em estudo (km 122 à leste e km 168 à oeste).

Sendo assim, cada um desses segmentos foi considerado como um segmento homogêneo, que, de acordo com TRB (2000), se trata de um trecho de rodovia que possui as mesmas características de tráfego em toda sua extensão, ou seja, o VDM é igual, ou então muito semelhante, em todos os pontos do segmento homogêneo.

Na aplicação do método, se o quilômetro em estudo apresentasse um Índice de Acidentes maior que o Índice de Acidentes do segmento onde está inserido, ele seria classificado como crítico.

4.3 DEFINIÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS

Com a aplicação da metodologia apresentada no capítulo 3, verificou-se que nove quilômetros apresentaram um Índice de Acidentes maior que o Índice Crítico do segmento onde está inserido. O Quadro 2 apresenta de forma reduzida o modelo de tabela utilizado para o cálculo dos dados e índices de alguns pontos. Neste quadro são apresentados os nove pontos classificados como críticos, o quadro completo elaborado para todo o segmento pode ser verificada no Apêndice A.

Quadro 2 – Exemplo da tabela de apoio utilizada para a aplicação da metodologia

km inicial	km final	Extensão	VDM	Número de Acidentes					Exposição (nº dias × Ext. × VDM)	Índice de acidentes (<i>Ij</i>)	Índice crítico anual de um segmento (<i>ICj</i>)
				Somente Danos Materiais	Com Feridos	Com Mortos	TOTAL	UPS			
127	128	1	13180	12	11	0	23	67	4,8107	13,92728709	12,906298
128	129	1	13180	23	20	1	44	136	4,8107	28,27031409	12,906298
129	130	1	10660	6	10	1	17	69	3,8909	17,73368629	3,77044906
130	131	1	10660	7	6	0	13	37	3,8909	9,509368013	3,77044906
131	132	1	10660	3	3	2	8	44	3,8909	11,30843764	3,77044906
133	134	1	10660	2	3	0	5	17	3,8909	4,369169087	3,77044906
153	154	1	10660	3	3	0	6	18	3,8909	4,626179033	3,77044906
166	167	1	10660	2	5	0	7	27	3,8909	6,93926855	3,77044906
167	168	1	10660	4	7	0	11	39	3,8909	10,02338791	3,77044906

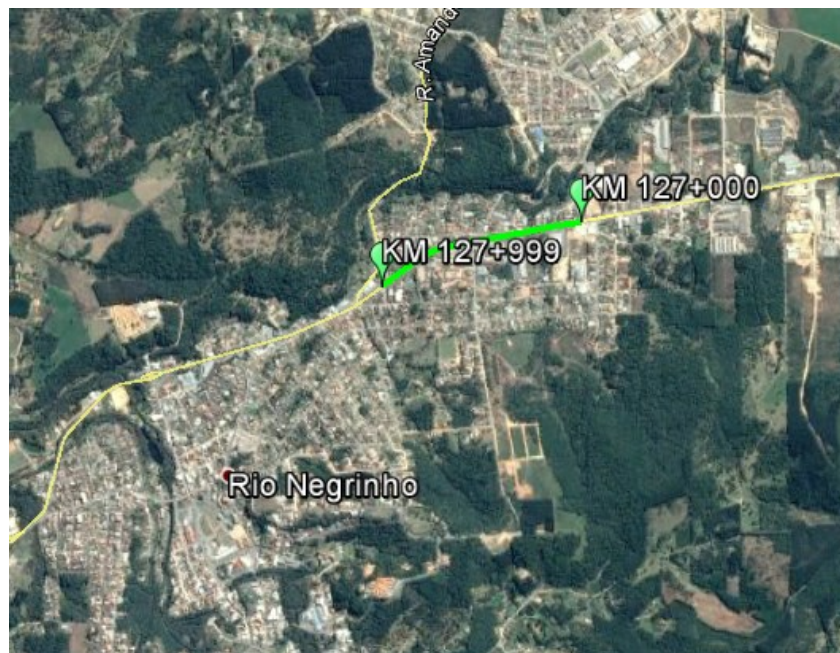
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os nove pontos definidos como críticos a partir da aplicação da metodologia são apresentados a seguir bem como as características dos acidentes ocorridos ao longo de sua extensão e o local com concentração no período de análise.

4.3.1 KM 127

Este ponto fica situado na região urbana da cidade de Rio Negrinho/SC. Ao longo de sua extensão possui a presença de acessos de vias locais e coletoras além de comércios às margens da rodovia. Sua localização geográfica é apresentada na Figura 12.

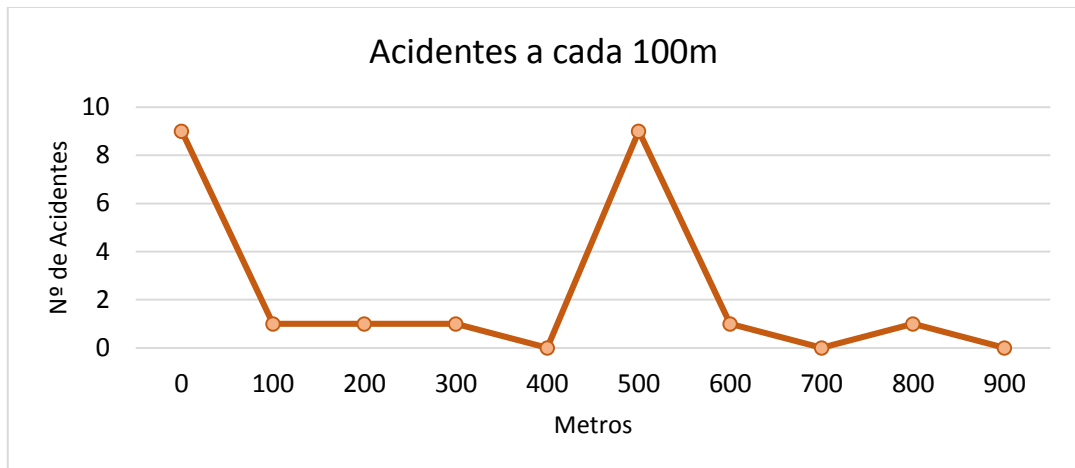
Figura 12 - km 127



Fonte: Google Earth

No total, no período em análise, foram registrados 23 acidentes ao longo deste quilômetro, com concentração de nove acidentes entre o km 127+000 e o km 127+099 e também nove acidentes entre o km 127+500 e o km 127+599, conforme mostra o Gráfico 2.

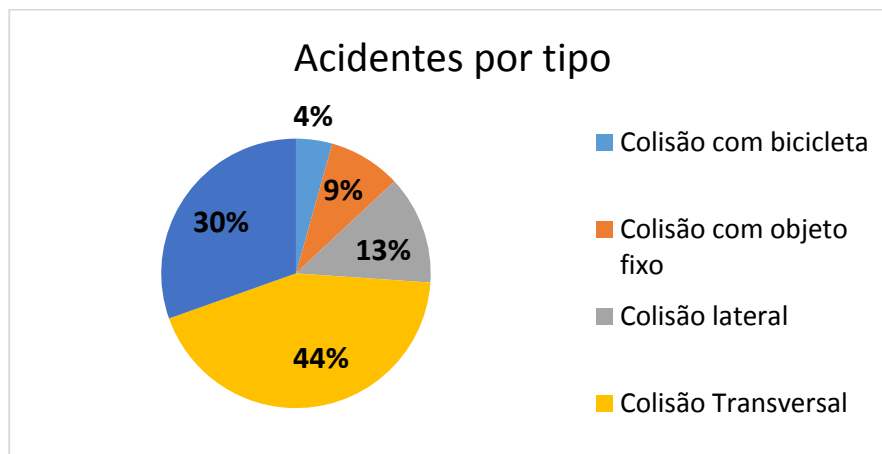
Gráfico 2 - Acidentes a cada 100m no km 127



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos tipos de acidentes ocorridos, observa-se a predominância de colisões transversais, em 44% das ocorrências, seguida de colisões traseiras, com 30% das ocorrências, como pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Acidentes por tipo no km 127



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora este ponto tenha apresentado uma quantia considerável de acidentes, não houve nenhum registro de acidente com vítima fatal, mas em 47% dos acidentes (11 ocorrências) houve vítimas feridas. No restante dos eventos (12 ocorrências), somente foram registrados danos materiais. O Quadro 3 apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia neste ponto.

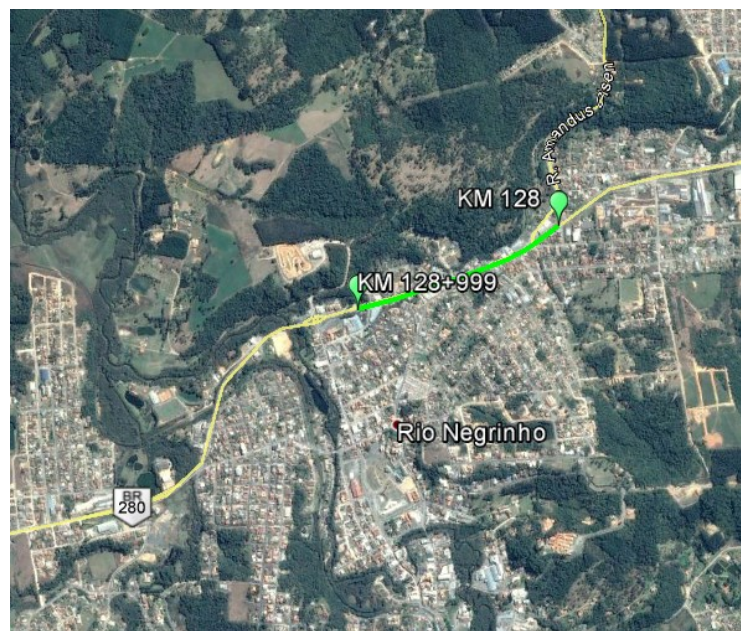
Quadro 3 – Valores calculados para o km 127

km 127	
Número de Acidentes com Danos Materiais	12
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	11
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	0
UPS	67
Índice de Acidentes	13,927
Índice Crítico do Segmento	12,906

Fonte: Elaborado pelo autor.

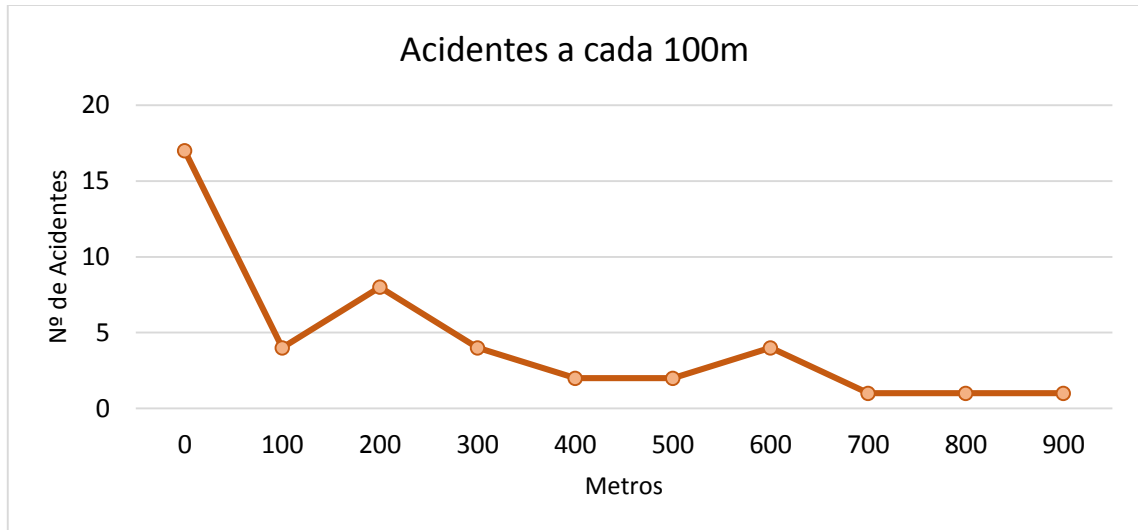
4.3.2 KM 128

Também localizado na região urbana de Rio Negrinho/SC, este ponto possui características semelhantes ao anterior: presença de um grande número de acessos e comércio às margens da rodovia. Porém o que o difere é a presença de duas curvas verticais e duas passagens elevadas para pedestres, uma delas com a presença de um controlador de velocidade. Sua localização geográfica é apresentada na Figura 13.

Figura 13 - km 128

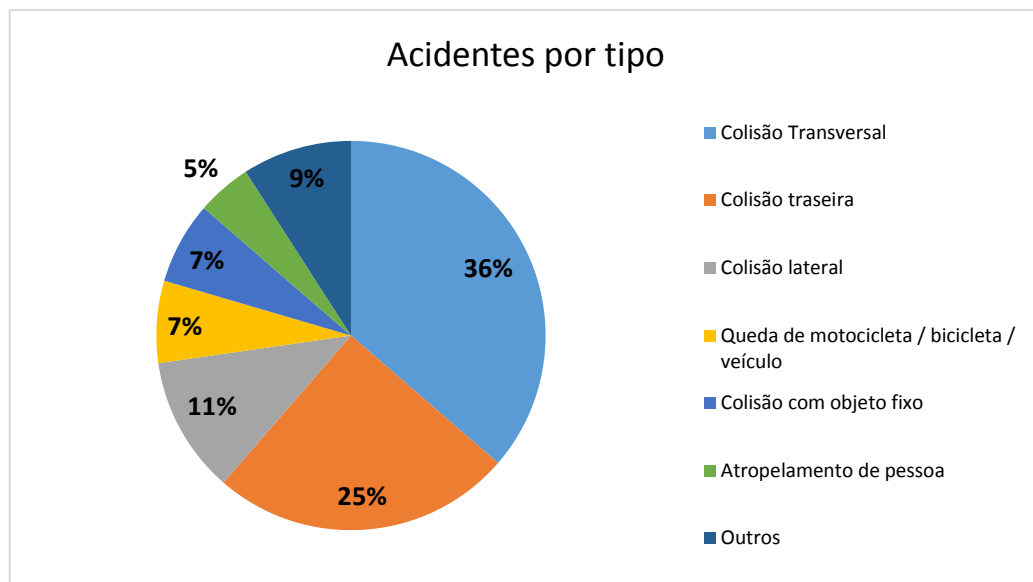
Fonte: Google Earth

No total, foram registrados 44 acidentes ao longo deste quilômetro, tornando-o o ponto com o maior número de acidentes de todo o segmento em estudo. Houve concentração de 17 acidentes entre o km 128+000 e o km 128+099, conforme mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Acidentes a cada 100m no km 128

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação aos tipos de acidentes ocorridos, observa-se novamente a predominância de colisões transversais e traseiras, sendo que colisões transversais representam 36% do total de acidentes neste ponto, e colisões traseiras 25%, conforme mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5 - Acidentes por tipo no km 128

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme já mencionado anteriormente, neste quilômetro houve o registro do maior número de acidentes em todo o segmento de estudo, 44 acidentes no total, sendo que em um

destes acidentes houve vítima fatal. Nas 43 ocorrências restantes, em 23 foram registrados somente danos materiais e nas 20 restantes houve vítimas feridas. O Quadro 4 apresenta os dados dos índices deste ponto.

Quadro 4 - Valores calculados para o km 128

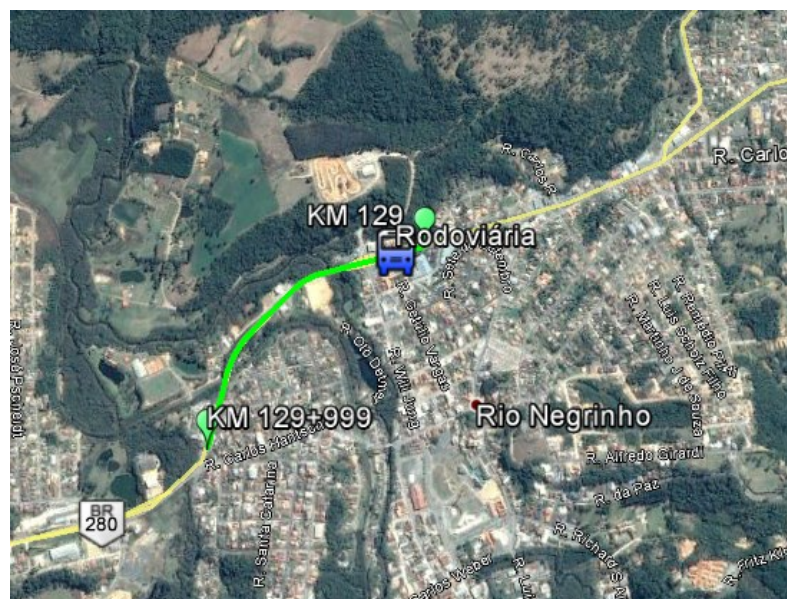
km 128	
Número de Acidentes com Danos Materiais	23
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	20
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	1
UPS	136
Índice de Acidentes	28,27
Índice Crítico do Segmento	12,906

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.3 KM 129

O km 129 é o terceiro ponto localizado na travessia urbana de Rio Negrinho/SC e primeiro quilômetro do segundo segmento homogêneo. Possui uma quantidade menor de acessos comparado com os dois pontos anteriormente citados, porém ainda há a presença de comércios às margens da rodovia. O que o difere dos demais pontos é a presença de um equipamento controlador de velocidade no início de sua extensão e o trevo de acesso à rodoviária da cidade. Sua localização geográfica é apresentada na Figura 14.

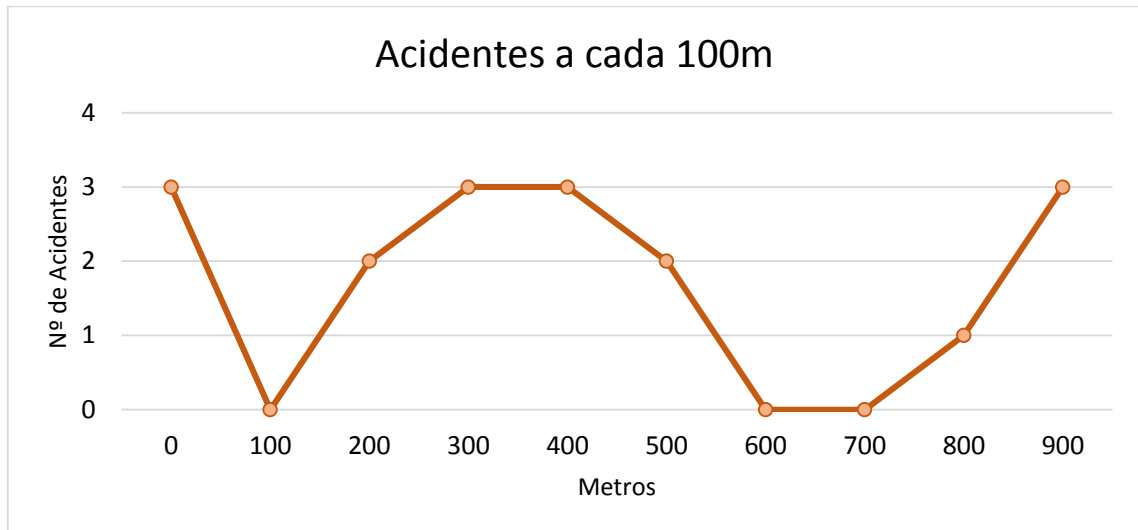
Figura 14 - km 129



Fonte: Google Earth

Houve registro de 17 acidentes neste ponto, tornando-o o quilômetro com maior concentração de acidentes no segmento homogêneo. Não houve maior concentração em um local específico ao longo de sua extensão, como mostra o Gráfico 6.

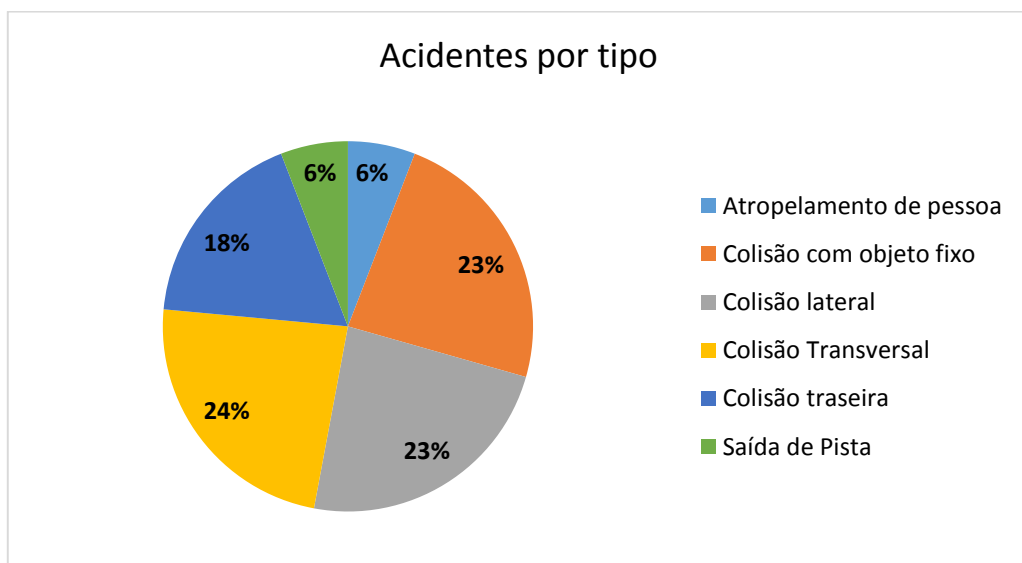
Gráfico 6 - Acidentes a cada 100m no km 129



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 7 demonstra que não há a predominância de um tipo de acidente neste ponto. A maioria dos acidentes ocorridos foi de colisões (laterais, transversais e traseiras) e choque contra objetos fixos.

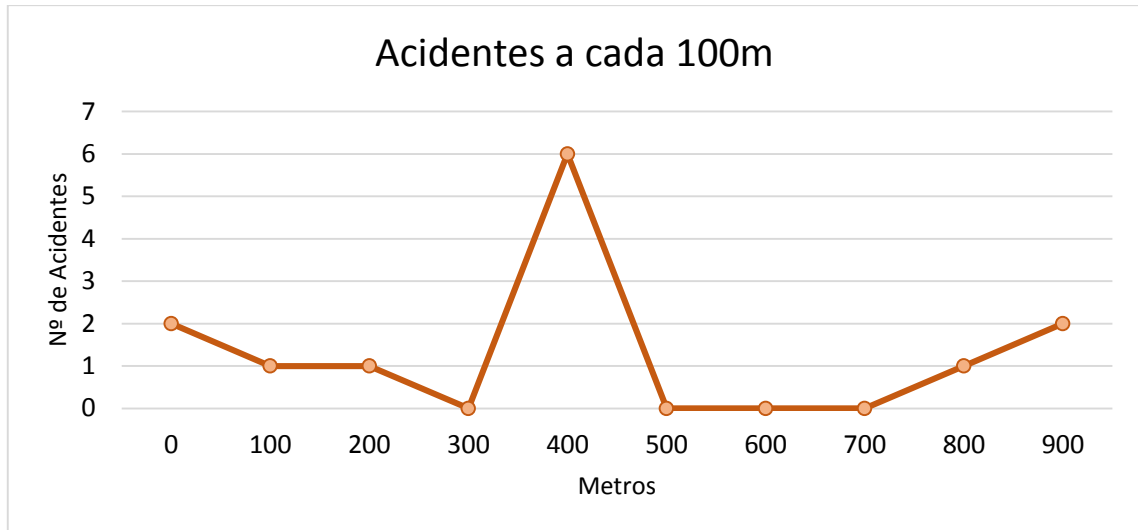
Gráfico 7 - Acidentes por tipo no km 129



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram registrados 13 acidentes ao longo deste ponto, sendo que ocorreu concentração entre o km 130+400 e o km 130+499, como pode ser observado no Gráfico 8.

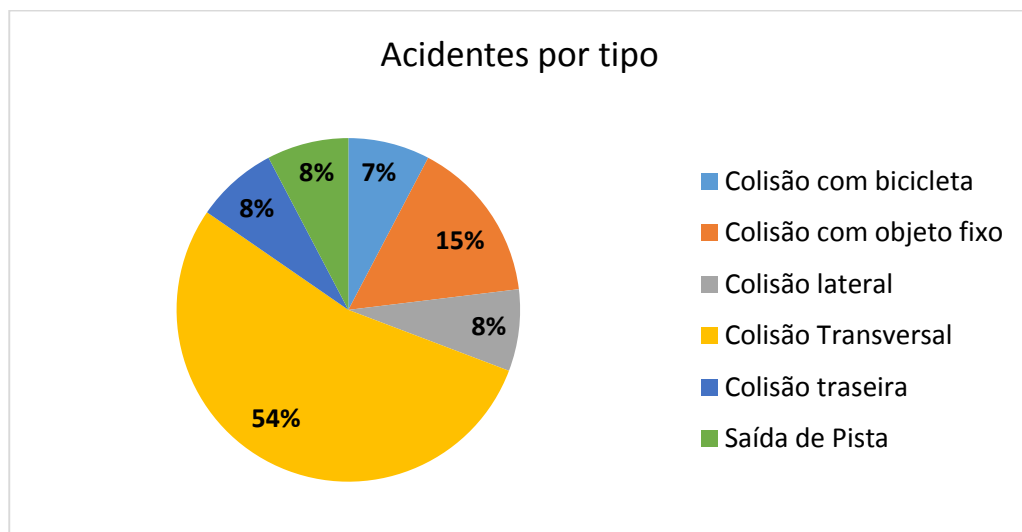
Gráfico 8 - Acidentes a cada 100m no km 130



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste ponto, mais da metade dos acidentes ocorridos (54%) foram colisões transversais. Dos 46% restantes, 15% foram colisões contra objetos fixos, como é ilustrado no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Acidentes por tipo no km 130



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste ponto não houve registro de acidentes com vítimas fatais, somente com danos materiais e vítimas feridas, com 54% e 46% das ocorrências respectivamente. Como é demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Valores calculados para o km 130

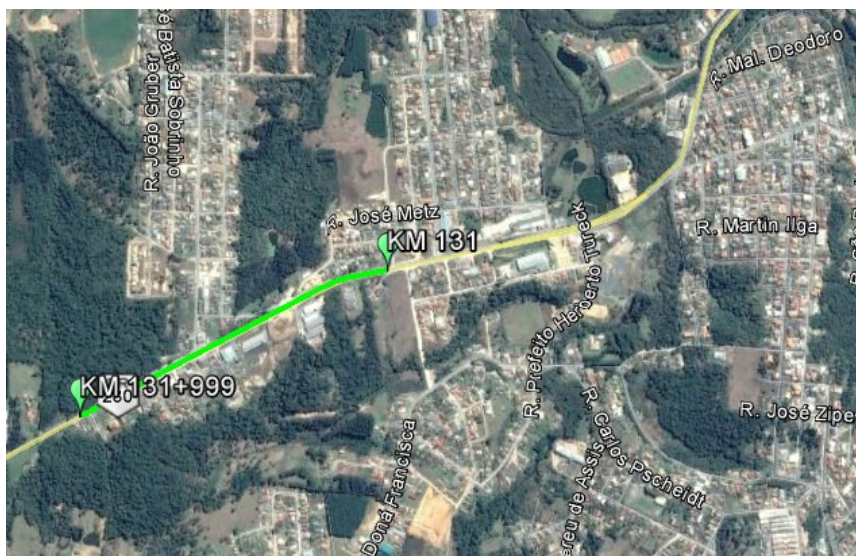
km 130	
Número de Acidentes com Danos Materiais	7
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	6
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	0
UPS	37
Índice de Acidentes	9,509
Índice Crítico do Segmento	3,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.5 KM 131

A partir deste quilômetro não existem mais comércios às margens da rodovia e inicia-se a transição do ambiente urbano para o rural. Ao longo da extensão deste ponto ainda se verificam acessos à rodovia, porém em um número reduzido. Este ponto se caracteriza pela presença de algumas indústrias nas suas proximidades e por uma rampa que dá continuidade à elevação do quilômetro anterior. Sua localização geográfica é apresentada na Figura 16.

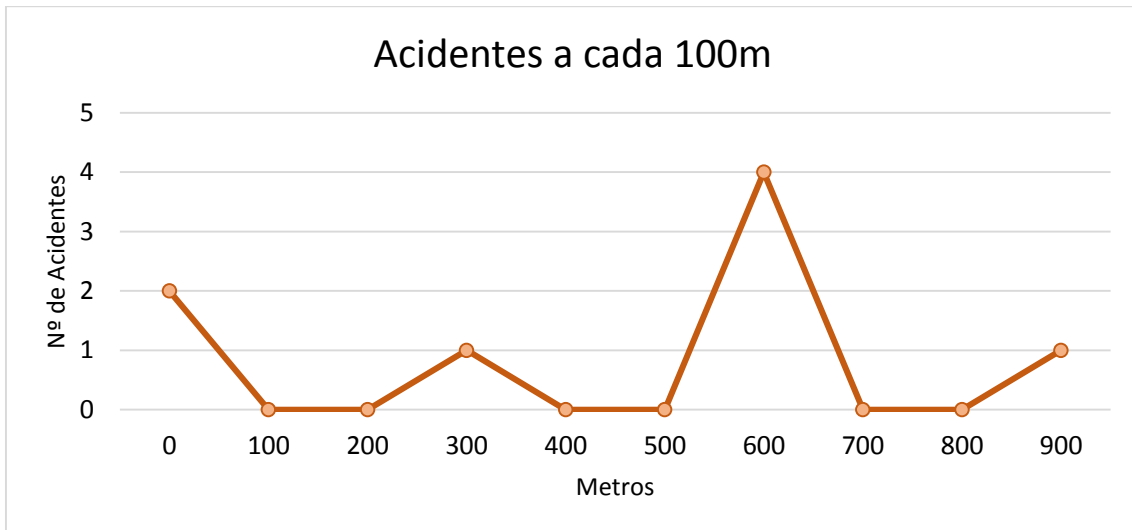
Figura 16 - km 131



Fonte: Google Earth

Foram registrados um total de oito acidentes ao longo deste quilômetro, sendo que metade destes acidentes ocorreram entre o km 131+600 e o km 131+699, como mostra o Gráfico 10.

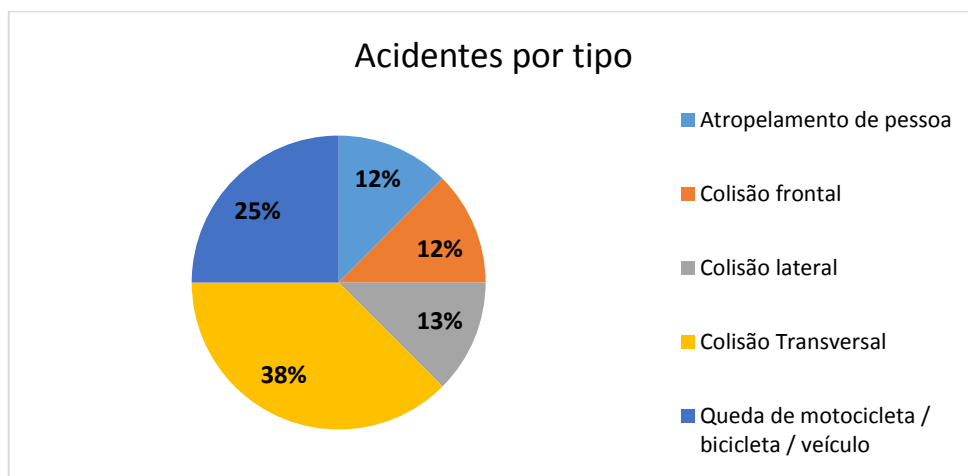
Gráfico 10 - Acidentes a cada 100m no km 131



Fonte: Elaborado pelo autor.

O principal tipo de acidente ocorrido foi, novamente, colisão transversal, com três registros, seguido por queda de motocicleta, com dois dos registros. Os três acidentes restantes foram um atropelamento, uma colisão frontal e uma colisão lateral, como mostra o Gráfico 11.

Gráfico 11 - Acidentes por tipo no km 131



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este ponto foi o que apresentou o maior número de acidentes com vítimas fatais de todo o segmento em estudo. Foram dois acidentes deste tipo, representando 25% das ocorrências. Os 75% estão igualmente distribuídos entre acidentes com danos materiais e feridos, como mostra O Quadro 7.

Quadro 7 - Valores calculados para o km 131

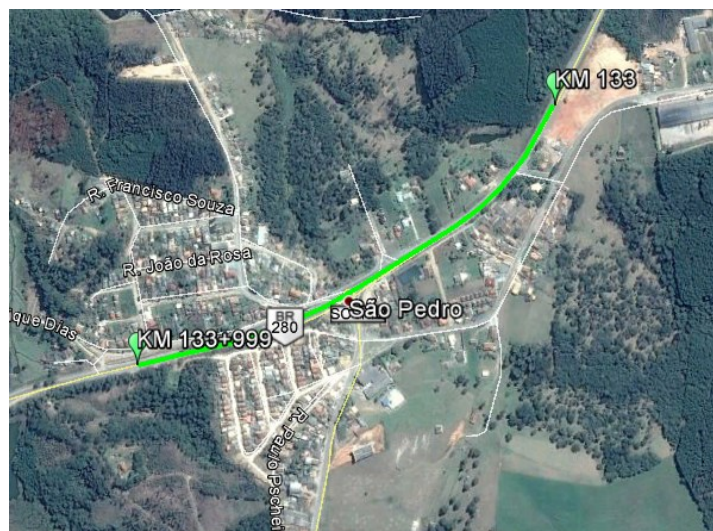
km 131	
Número de Acidentes com Danos Materiais	3
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	3
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	2
UPS	44
Índice de Acidentes	11,308
Índice Crítico do Segmento	3,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.6 KM 133

Este quilômetro já não faz parte da travessia urbana da cidade de Rio Negrinho/SC, embora passe por uma área ainda urbana, com a presença de poucos acessos vindos de um bairro que é cortado pela rodovia. Está localizado após, considerando o sentido leste para oeste, a base operacional da PRF de Rio Negrinho e possui como característica a presença de um trevo no km 133+550. A localização geográfica do km 133 é apresentada na Figura 17.

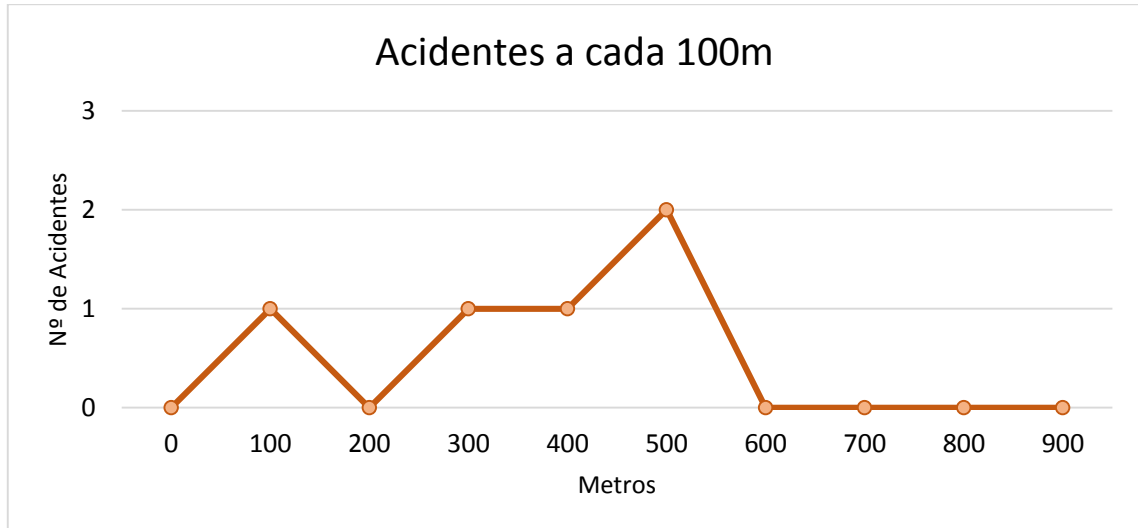
Figura 17 - km 133



Fonte: Google Earth

Foram registrados cinco acidentes neste ponto, sendo que dois deles ocorreram entre o km 133+500 e o km 133+599 e os outros três foram dispersos, conforme ilustrado no Gráfico 12.

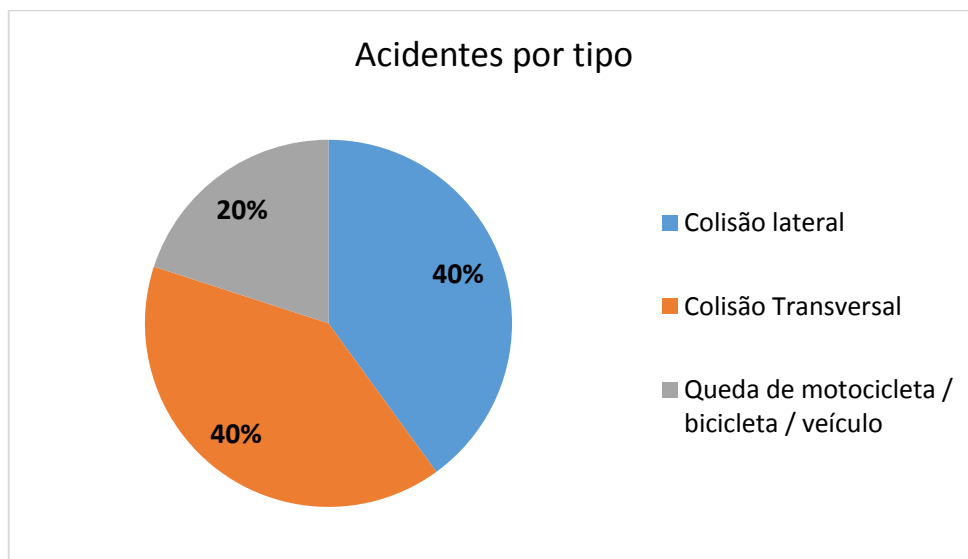
Gráfico 12 - Acidentes a cada 100m no km 133



Fonte: Elaborado pelo autor.

Entre os cinco acidentes, houve registro de colisões laterais e transversais, com duas ocorrências cada, e uma queda de motocicleta, como mostra o Gráfico 13.

Gráfico 13 - Acidentes por tipo no km 133



Fonte: Elaborado pelo autor.

Não houve registros de fatalidades neste ponto. Dos cinco acidentes registrados, três foram com a presença de vítimas feridas e dois apenas com danos materiais. O Quadro 8 apresenta os índices deste ponto.

Quadro 8 - Valores calculados para o km 133

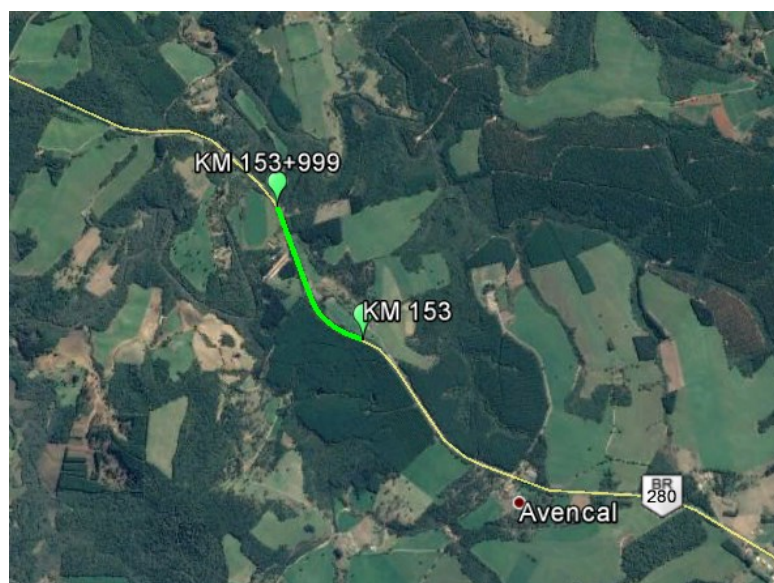
km 133	
Número de Acidentes com Danos Materiais	2
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	3
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	0
UPS	17
Índice de Acidentes	4,369
Índice Crítico do Segmento	3,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.7 KM 153

O km 153 está localizado entre as cidades de Mafra/SC e Rio Negrinho/SC, em uma zona rural onde há a presença de poucos acessos à rodovia. Ao longo de sua extensão possui uma curva suave, de raio grande, seguida de uma reta (considerando o sentido crescente de quilometragem). A Figura 18 demonstra sua localização geográfica.

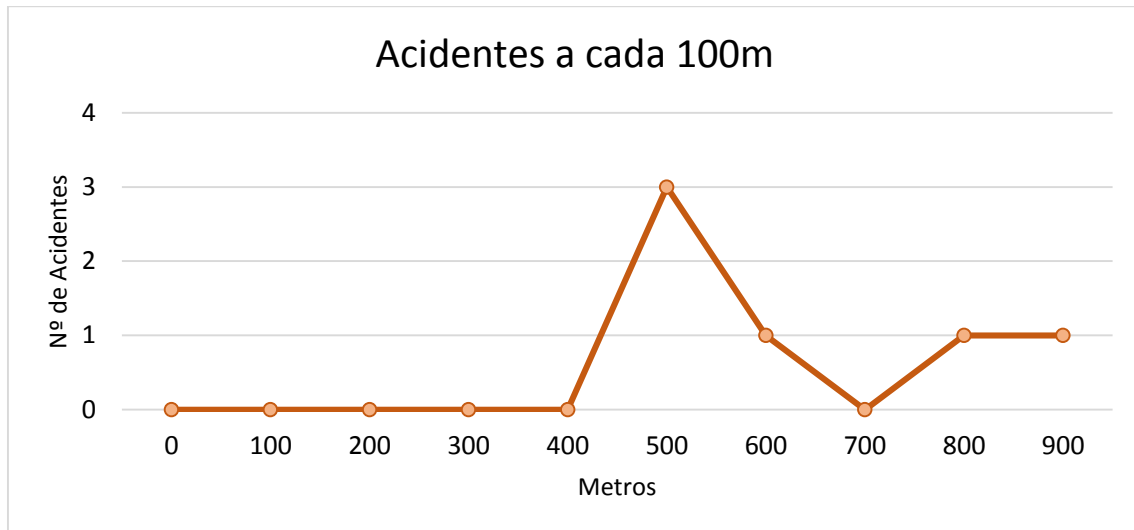
Figura 18 - km 153



Fonte: Google Earth

No total, foram registrados seis acidentes ao longo deste quilômetro, sendo que três deles ocorreram entre o km 153+500 e o km 153+599, sendo o local mais crítico ao longo da extensão deste ponto, como mostra o Gráfico 14.

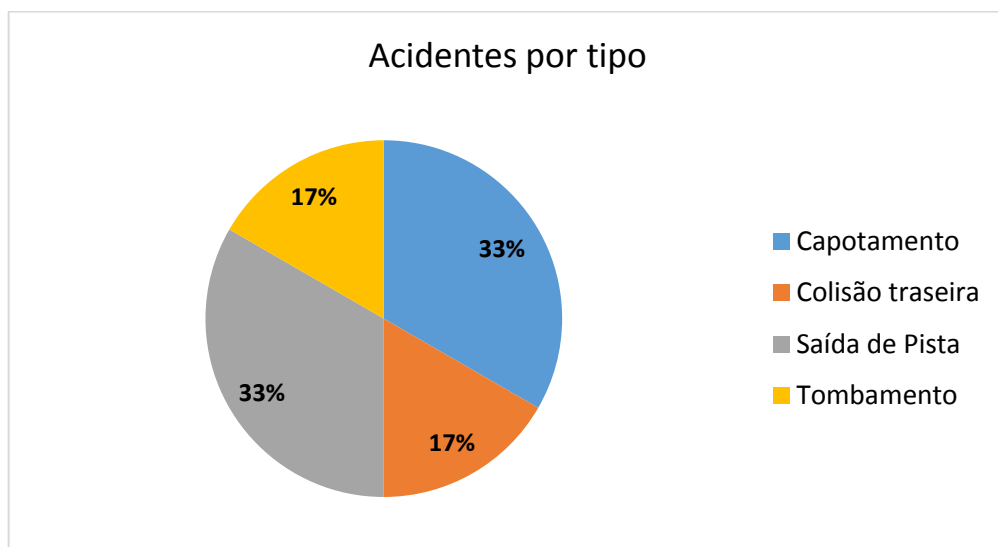
Gráfico 14 - Acidentes a cada 100m no km 153



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos tipos de acidentes ocorridos, verifica-se que há a predominância de acidentes onde há o envolvimento de apenas um único veículo, em 83% das ocorrências. A exceção foi de uma ocorrência de colisão traseira, como pode ser observado no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Acidentes por tipo no km 153



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora os tipos dos acidentes ocorridos remetam à uma cinemática mais grave (capotamentos e tombamentos), em nenhum dos cinco acidentes ocorridos houve vítimas fatais. O Quadro 9 apresenta o resumo dos índices deste ponto.

Quadro 9 - Valores calculados para o km 153

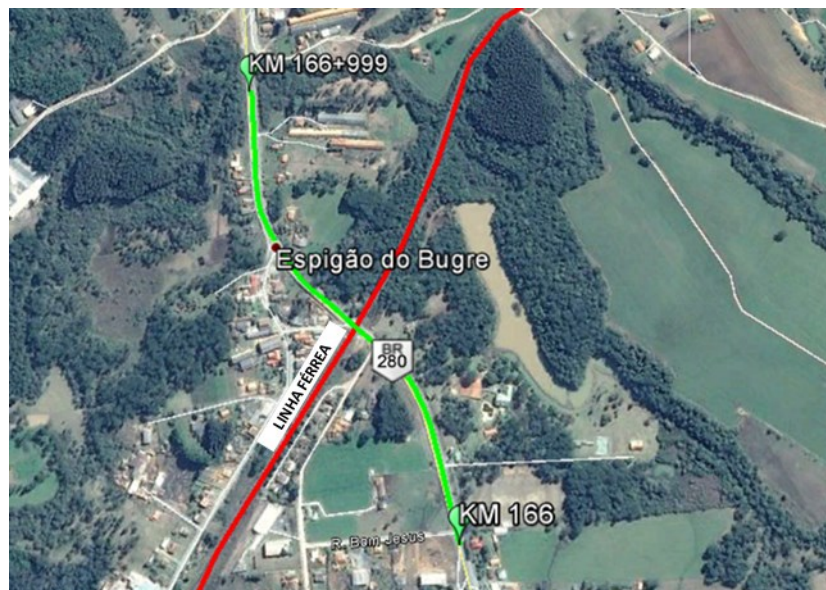
km 153	
Número de Acidentes com Danos Materiais	3
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	3
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	0
UPS	18
Índice de Acidentes	4,626
Índice Crítico do Segmento	3,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.8 KM 166

O km 166 está localizado na região rural da cidade de Mafra/SC. Possui acessos a bairros mais afastados da cidade e de um clube às margens da rodovia. Outra característica importante a ser considerada neste ponto é a presença de um equipamento controlador de velocidade e a interseção com uma linha férrea na altura no km 166+440. A Figura 19 demonstra sua localização geográfica.

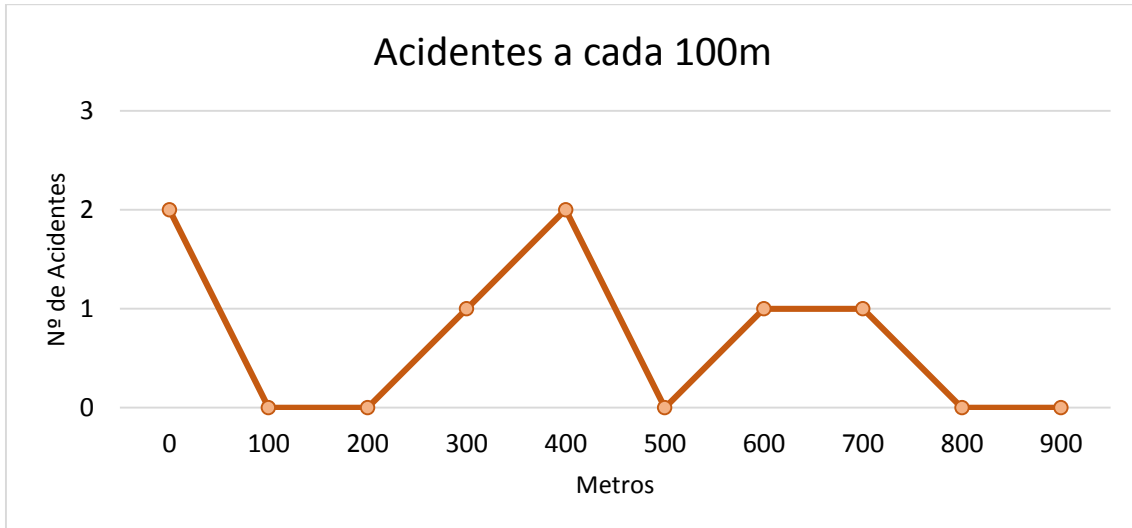
Figura 19 - km 166



Fonte: Google Earth

Sete acidentes foram registrados ao longo do km 166, porém não houve concentração em um local específico. O Gráfico 16 demonstra que o número máximo de acidentes ocorridos a cada 100m foi de dois acidentes entre as metragens de 0m a 100m e 400m a 500m.

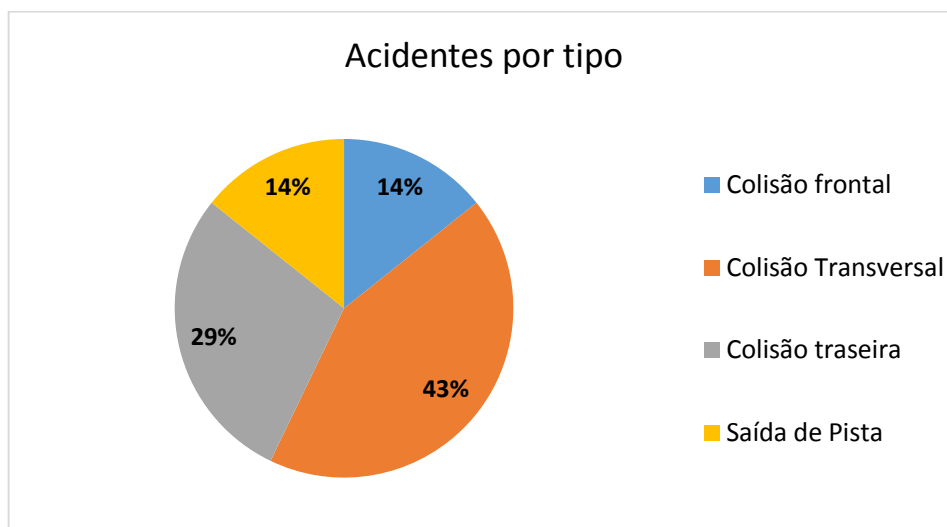
Gráfico 16 - Acidentes a cada 100m no km 166



Fonte: Elaborado pelo autor.

O tipo de acidente que ocorreu com maior frequência foi de colisão transversal, com três ocorrências, seguido de colisão traseira, com duas ocorrências, como é ilustrado no Gráfico 17.

Gráfico 17 – Acidentes por tipo no km 166



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cinco dos sete acidentes registrados neste ponto foram acidentes com a presença de vítimas feridas, nos outros dois acidentes foram registrados apenas danos materiais. O Quadro 10 apresenta o resumo dos índices deste ponto.

Quadro 10 - Valores calculados para o km 166

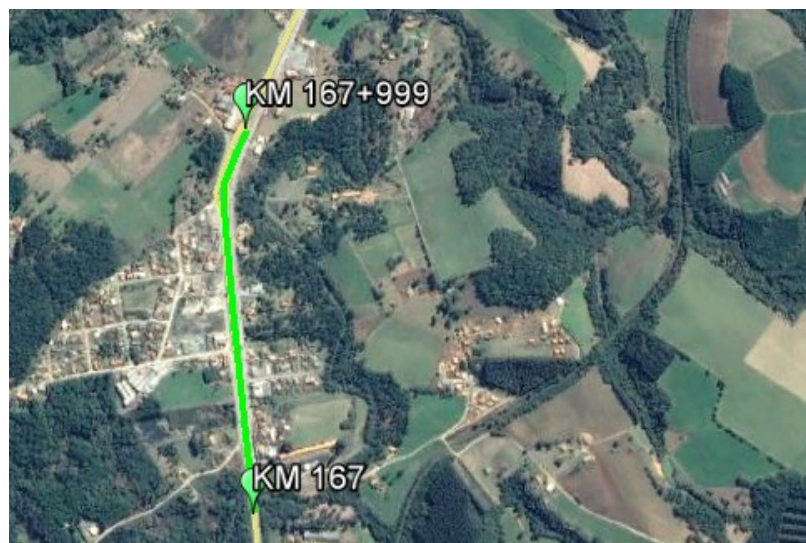
km 166	
Número de Acidentes com Danos Materiais	2
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	5
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	0
UPS	27
Índice de Acidentes	6,939
Índice Crítico do Segmento	3,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.9 KM 167

Este ponto foi o último ponto crítico encontrado, levando em consideração o sentido Leste-Oeste do segmento. Está localizado em uma região de transição do ambiente rural para urbano da cidade de Mafra/SC. Possui como peculiaridade a presença de via lateral no sentido crescente da rodovia, a presença de um retorno em nível na altura do km 167+800 e de um controlador de velocidade nas proximidades do km 167+300. A Figura 20 demonstra a localização geográfica deste ponto.

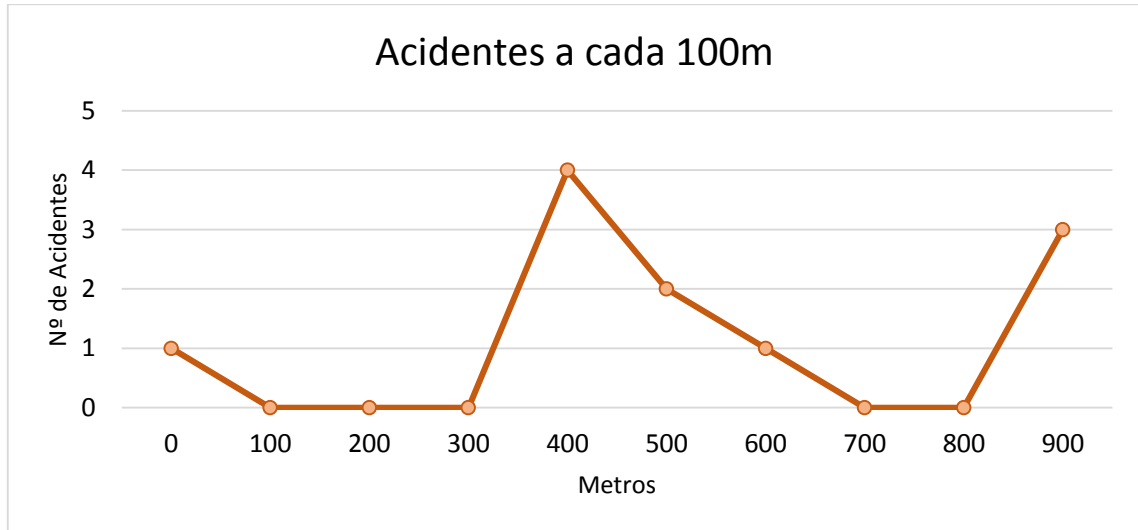
Figura 20 - km 167



Fonte: Google Earth

Foram registrados onze acidentes neste quilômetro, sendo que ocorreu concentração de quatro acidentes entre o km 167+400 e o km 167+499, como pode ser observado no Gráfico 18.

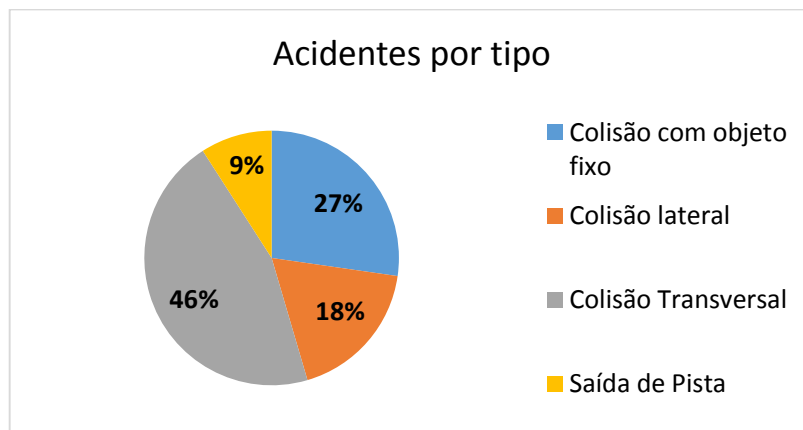
Gráfico 18 - Acidentes a cada 100m no km 167



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quase metade dos acidentes registrados (5 ocorrências) foram do tipo colisão transversal, mostrando ser o tipo de acidente mais comum neste local, seguido de colisões contra objetos fixos, com 27% das ocorrências, como é ilustrado no Gráfico 19.

Gráfico 19 - Acidentes por tipo no km 167



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na maioria dos acidentes registrados ao longo do km 167 houve vítimas feridas, 63,3% das ocorrências, já no restante ocorreram somente danos materiais, não havendo registro de vítimas fatais. O Quadro 11 demonstra o resumo dos índices do km 167.

Quadro 11 - Valores calculados para o km 167

km 167	
Número de Acidentes com Danos Materiais	4
Número de Acidentes com Vítimas Feridas	7
Número de Acidentes Com Vítimas Fatais	0
UPS	39
Índice de Acidentes	10,023
Índice Crítico do Segmento	3,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a definição dos pontos críticos e entendimento de suas características e dos tipos de acidentes que ocorrem ao longo de sua extensão, torna-se possível propor medidas corretivas para que se obtenha um trânsito mais seguro, reduzindo assim o número de acidentes e vítimas no segmento. Desta forma, o capítulo a seguir traz uma das principais contribuições deste trabalho: a proposta de soluções de melhorias para os pontos críticos encontrados.

5. PROPOSTA DE AÇÕES CORRETIVAS NOS PONTOS CRÍTICOS

Neste capítulo serão apresentadas propostas de ações corretivas para os pontos definidos como críticos no capítulo anterior, tomando como base as soluções de acidentes a partir de problema típicos sugeridos por DNER (1998).

As soluções propostas por DNER (1998) levam em consideração as características do local, bem como os tipos de acidentes ocorridos no mesmo. As propostas são divididas em dois grupos: soluções de baixo custo e soluções de grande porte.

5.1 PONTOS CRÍTICOS DO KM 127 AO KM 133 NA TRAVESSIA URBANA DE RIO NEGRINHO/SC

Conforme exposto no capítulo anterior, verificou-se que seis pontos situados na região urbana da cidade de Rio Negrinho/SC foram classificados como críticos através da metodologia aplicada, os quais possuem características muito semelhantes: grande concentração de acessos à rodovia e predominância de acidentes do tipo colisão transversal e lateral.

Neste sentido, as propostas de ações corretivas para os pontos críticos entre o km 127 o km 133 podem ser enquadradas num mesmo grupo. Sendo assim, o problema geral típico associado a estes pontos é a travessia urbana. Para isto, segundo DNER (1998), as possíveis soluções de baixo custo propostas são:

- ✓ Reduzir velocidade do tráfego de passagem com sinalização vertical intensa de advertência e regularização;
- ✓ Sinalização horizontal não convencional pintada na pista e faixas para travessia de pedestres;
- ✓ Sonorizadores associados à sinalização vertical de advertência;
- ✓ Faixas transversais à via com tachas refletivas;
- ✓ Construção de calçadas ao longo da via, fechando acessos irregulares;
- ✓ Uso de defensas e cercas para canalizar travessias em local adequado;
- ✓ Proibir estacionar;

- ✓ Construção de baias para parada de ônibus;
- ✓ Campanhas educativas;
- ✓ Melhorar geometria dos acessos com tachões e prismas de concreto;
- ✓ Impedir conversão à esquerda e cruzamento.

Levando em consideração as atuais características da travessia urbana em questão, propõe-se que seja dada prioridade a ações de fechamento de acessos à rodovia, visto que os mesmos, além de gerarem o grande risco de acidente, estão impactando no nível de serviço da rodovia nos horários de pico, como foi verificado *in loco*. No entanto, deve-se avaliar o impacto destes fechamentos na mobilidade da região, o que foge do escopo deste trabalho.

Quanto a soluções de grande porte, DNER (1998) sugere dois tipos de ações. Uma delas seria construção de vias marginais, que é inviável para o local, levando em consideração a urbanização. E segunda seria a implantação de projeto especial.

O projeto especial em questão pode ser considerado a construção de um contorno viário para a cidade. Com este tipo de projeto, o tráfego de média e longa distância seria desviado da travessia urbana, mitigando os congestionamentos na rodovia.

5.2 KM 153

Neste ponto verificou-se a predominância de capotamentos e saídas de pistas, os quais possivelmente estão relacionados com a velocidade praticada pelos motoristas e também à presença de uma curva horizontal que, embora não seja acentuada, é bastante extensa. Desta forma, seria necessário analisar a geometria/topografia desta curva, visto que o problema geral típico deste ponto pode estar associado a ela.

Caso o problema geral típico esteja associado à esta curva, as possíveis soluções de baixo custo proposta por DNER (1998) são:

- ✓ Implantação de defensas;
- ✓ Reforço de sinalização horizontal, vertical de advertência e de regulamentação;
- ✓ Implantar delineadores;
- ✓ Corrigir defeitos no pavimento;
- ✓ Sinalização não convencional pintada na pista;
- ✓ Recapear o pavimento com material mais rugoso;
- ✓ Melhorar a drenagem do pavimento;
- ✓ Implantar tachões delineando a curva;
- ✓ Remover obstáculos à visibilidade.

Quanto à proposta de solução de grande porte cita-se a retificação da curva ou criação/aumento da sobrelargura. Porém, como a quantidade de acidentes neste local não é exorbitante, a implantação de soluções de baixo custo poderia ser suficiente para a redução de pelo menos a severidade dos acidentes.

Propõe-se ainda a implantação de Linhas de Incentivo à Redução de Velocidade (LERV) antecedendo a curva juntamente com a sinalização vertical para a redução de velocidade. A Figura 21 e a Figura 22 demonstram um exemplo de LERV e sinalização vertical que poderiam ser utilizadas neste ponto.

Figura 21 - Aplicação de LERV em curva horizontal - vista superior



Fonte: Google Earth

Figura 22 - Aplicação de LERV em curva horizontal - vista frontal



Fonte: Google Earth

5.3 KM 166 E KM 167

Estes dois quilômetros situados próximos à cidade de Mafra/SC receberam a classificação de ponto crítico e possuem características semelhantes principalmente no tipo de acidente predominante: colisão transversal. A provável causa desses acidentes pode estar relacionada à presença de acessos diretos à pista.

Porém, como estes pontos não estão localizados em travessia urbana, DNER (1998) sugere as seguintes possíveis soluções de baixo custo:

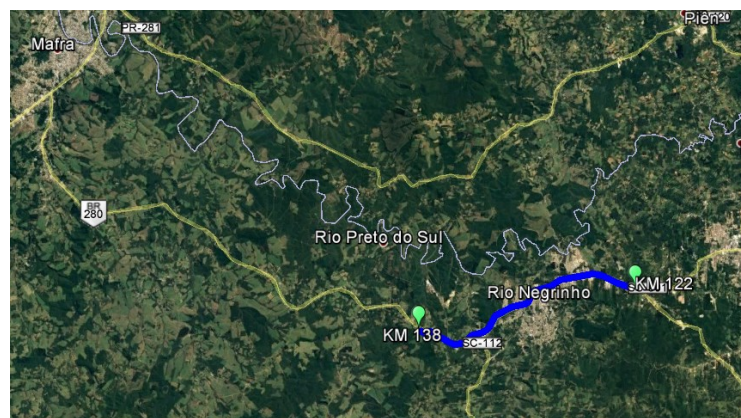
- ✓ Melhorar a geometria dos acessos com tachões e prismas de concreto;
- ✓ Impedir conversão à esquerda e cruzamento.

Como solução de grande porte é sugerido a construção de via marginal, o que resultaria na redução do número de acessos diretos. Diferente dos pontos localizados na travessia urbana de Rio Negrinho/SC, neste local pode-se considerar a implantação da solução de grande porte, considerando um horizonte mais distante. Tal solução pode ser viável visto a já existência de via marginal no km 167. Assim, poder-se-ia estudar a viabilidade de expansão desta via, retirando o tráfego local da rodovia, acarretando em melhoria do nível de serviço e, conseqüentemente, redução de riscos de acidentes.

5.4 PROPOSTAS PARA O SEGMENTO EM ESTUDO

Feitas as considerações supracitadas, resume-se as propostas realizadas neste trabalho em três trechos ao longo dos 47 km de rodovia estudados. A primeira subdivisão diz respeito ao trecho situado entre o km 122 e o km 138, ilustrado pela linha azul na Figura 23.

Figura 23 - Trecho entre o km 122 e o km 138



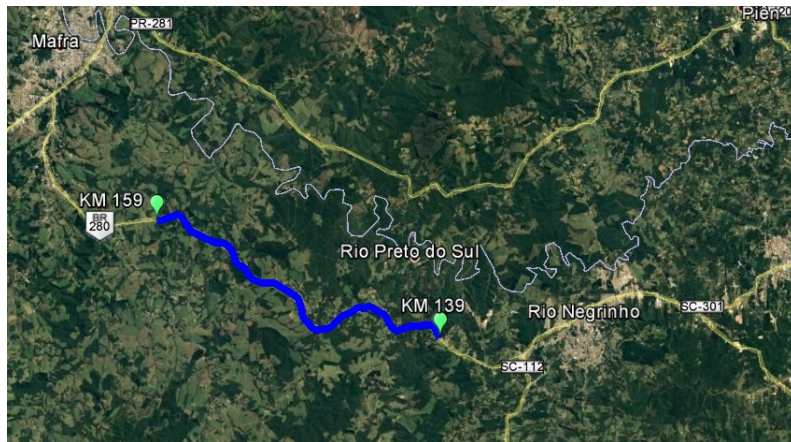
Fonte: Google Earth

Neste trecho propõem-se as melhorias para a travessia urbana da cidade de Rio Negrinho, ou seja, em curto prazo realizar o controle de acessos à rodovia, levando em consideração até mesmo a possibilidade de construção de trevos em desnível (viadutos), para que assim obtenha-se uma redução no número de colisões transversais e laterais resultantes de movimentos conflitantes.

Em longo prazo propõe-se o desenvolvimento de projeto para a construção de um contorno viário, separando o tráfego urbano local do tráfego de longa distância, o que impactaria diretamente no nível de serviço da rodovia no local.

Para o trecho situado entre o km 139 e o km 159, ilustrado pela linha azul na Figura 24, destaca-se a necessidade de medidas corretivas para o km 153, como exposto anteriormente. Neste ponto, sugere-se a implantação de reforço de sinalização horizontal e vertical, com placas de advertência, pintura de faixas, implantação e/ou renovação de tachas refletivas e LERV.

Figura 24 - Trecho entre o km 139 e o km 159



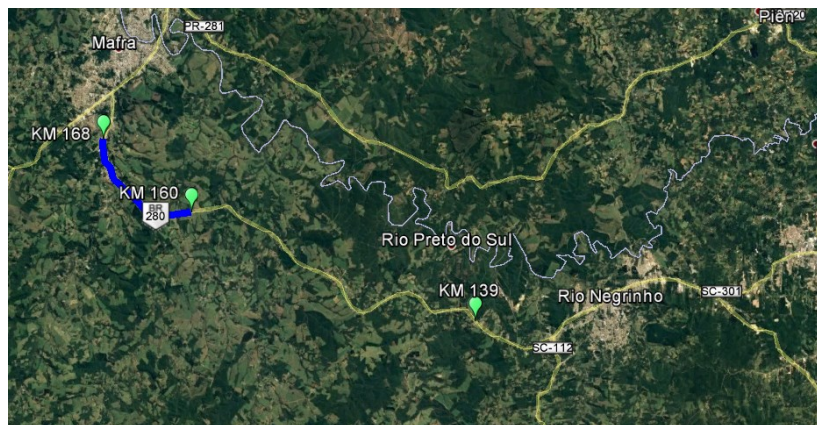
Fonte: Google Earth

Como este segmento está situado em uma região rural, onde a velocidade regulamentada quase em toda sua totalidade é de 80km/h, propõe-se também ações que possam melhorar a trafegabilidade para os usuários. Por exemplo, a implantação de terceiras faixas, em pontos estratégicos ao longo desta extensão.

Visto que esta rodovia é de pista simples, os motoristas possuem locais reduzidos onde há a oportunidade de realizar manobra de ultrapassagem. Tal que, com a implantação de terceiras faixas em locais estratégicos, criar-se-iam mais pontos de ultrapassagem, melhorando a trafegabilidade e reduzindo o risco de colisões, principalmente frontais e laterais.

O último trecho, entre o km 160 e o km 168, é ilustrado pela linha azul na Figura 25. Através de visita a campo, notou-se a presença de várias indústrias e um clube, ou seja, polos geradores de tráfego. Sendo assim, propõe-se levar em consideração a proposta de construção de via marginal a partir do km 166, onde se verificou maior concentração de acidentes e de acessos. Tal projeto impactaria diretamente na segurança viária da região visto que há concentração de viagens nestes locais.

Figura 25 – Trecho entre o km 160 e o km 168



Fonte: Google Earth

Também se sugere a implantação de terceira faixa entre o km 160 e o km 162. Embora este ponto não tenha sido caracterizado como crítico na metodologia, ele possui um grande risco de colisões frontais por se tratar de uma longa reta situada em curvas verticais, as quais reduzem a distância de visibilidade de ultrapassagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo dados da OMS, o número de vítimas fatais decorrentes de acidentes de trânsito ao redor do mundo no ano de 2009 foi cerca de 1,3 milhão, e, caso não sejam realizadas ações corretivas, este número tende a subir a cada ano. Pensando nisso, a ONU lançou a Década de Ação pela Segurança no Trânsito, onde se estipulou a meta para diversos países de, em dez anos, reduzir o número de vítimas fatais em acidentes de trânsito em pelo menos 50% com relação ao número de mortes registradas no ano de 2010.

Desta forma, e levando em consideração a realidade brasileira, elaborou-se neste trabalho um levantamento teórico a respeito dos tipos de acidentes de trânsito bem como suas possíveis causas e desenvolveu-se um estudo de caso em um trecho de rodovia federal onde se determinou os pontos mais suscetíveis a ocorrência de acidentes.

A fundamentação teórica foi importante para o desenvolvimento do trabalho, pois a partir dela pode-se adquirir maior conhecimento a respeito das características de cada tipo de acidente de trânsito, o que foi essencial para a proposição de ações corretivas para os pontos críticos encontrados no estudo de caso.

O estudo de caso foi desenvolvido através da combinação de dois métodos de determinação de pontos críticos em rodovias, o que possibilitou a obtenção de um resultado que levasse em conta tanto conceitos estatísticos, relacionados à probabilidade de ocorrência de acidentes, como a priorização por acidentes onde houve registros de vítimas feridas e fatais.

Diante disto, foram determinados os pontos críticos no trecho em estudo e propostas ações de melhoria para os mesmos, a fim de se obter a redução no número de acidentes e vítimas nestes locais. Atingindo assim os objetivos deste trabalho.

Assim, o presente trabalho confirmou sua importância acadêmica e social, ao colocar em prática o conhecimento adquirido ao longo do curso de Engenharia de Transportes e Logística para o desenvolvimento do estudo que pode trazer benefícios a todos os usuários da rodovia estudada.

Também se conclui que embora as ações propostas neste trabalho possam auxiliar na redução do número de acidentes no trecho em estudo, ainda é necessário a realização de outras ações no âmbito de fiscalização e conscientização.

Como mencionado neste trabalho, o fator humano ainda é o mais presente nos acidentes de trânsito, e, embora eficientes, as ações de engenharia sozinhas não são suficientes para que se atinja a redução de acidentes e vítimas desejada. Sendo assim, sugere-se que seja estudado a possibilidade no aumento da fiscalização e rigorosidade das leis de trânsito, além da realização de ações educativas para os usuários da rodovia.

6.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Como mencionado no corpo deste trabalho, o estudo de caso levou em consideração o valor de VDM de um período diferente que o referente aos números de acidentes. Para obtenção de um resultado mais fiel à realidade, propõe-se que seja calculado o VDM para o mesmo período dos números de acidentes.

Também se recomenda a extensão do estudo para o restante da rodovia. Como esta rodovia prolonga-se até a região central do estado de Santa Catarina no sentido oeste, e até o litoral catarinense no sentido leste, mais pontos críticos poderiam ser encontrados e outras ações corretivas poderiam ser realizadas.

Por fim, recomenda-se o desenvolvimento de novos estudos que avaliem a viabilidade de implantação das ações propostas, para que possam ser executadas e, por fim, melhorar a segurança da rodovia em questão.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transportes Públicos (ANTP); Conselho Nacional para Diminuição dos Acidentes de Trânsito e Transportes (CEDATT); Instituto de Engenharia (IE). **Proposta para o Brasil para redução de acidentes e segurança viária**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/download/decada/Proposta%20ANTP-CEDATT-Instituto%20de%20Engenharia%20SP.pdf>>. Acesso 09.nov.2015.

Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR). **Setor em Números: Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abcr.org.br/Conteudo/Secao/43/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 23 de novembro de 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10697: Pesquisa de acidentes de trânsito**. Rio de Janeiro, 1989. 10 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 12898: Relatório de Acidentes de Trânsito (RAT)**. Rio de Janeiro, 1993. 21 p.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. LEI Nº 9.503, De 23 de setembro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm>. Acesso em 15.out.2015.

CARDOSO, G. **Modelos para previsão de acidentes de trânsito em vias arteriais urbanas**. 2006. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

COCA, A. C. P.; RAIÁ JUNIOR, A. A.; BEZERRA, B. S.; BASTOS, J. T.; SILVA, K. C. R. **Segurança Viária**. 1. ed. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2012. 322 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. Rio de Janeiro, 1998. 160 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/703_guia_de_reducao_de_acidentes.pdf>. Acesso em 24 de outubro de 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Manual de Projeto Geométrico de rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias**. Rio de Janeiro, 1986.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). **Manual de Identificação. Análise e Tratamento de pontos negros**. Brasília, 1982. 127 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE Trânsito (DENATRAN). **Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a Década 2011-2020**. Brasília, 08.set.2010.

Disponível em:

<<http://www.denatran.gov.br/download/Plano%20Nacional%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o%20de%20Acidentes%20-%20Comite%20-%20Proposta%20Preliminar.pdf>>. Acesso em 09.nov.2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias**. Rio de Janeiro, 2010. 282 p.

ELVIK, R. **Laws of accident causation**. 18th ICTCT workshop. Norway, 2006. 15 p.

Disponível em: <http://www.ictct.org/migrated_2014/ictct_document_nr_57_S7_Elvik.pdf>.

Acesso em: 24 de outubro de 2016.

FROTA DE VEÍCULOS. **DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN)**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos>>. Acesso em 24 de outubro de 2016.

General Assembly of the United Nations. **Improving global road safety**. Resolução A/64/L.44/Rev.1, de 2 de março de 2010.

GOLD, P. A. **Segurança de Transito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes**. 1 ed. Nova York. Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998. 211 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sistema Nacional de Índices de Preço ao Consumidor**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtm>.

Acesso em 23 de novembro de 2015.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Acidentes de Trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade**. Brasília, 2015.

34p. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=26277>.

Acesso em: 09.nov.2015.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. Brasília, 2006. 80p. Disponível em:

<http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/custos_acidentes_transito.pdf>. Acesso

em: 24.nov.2015.

LIMA, I. M. O.; FIGUEIREDO, J. C.; MORITA, P. A.; GOLD, P. **Fatores Condicionantes da Gravidade dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras**. Brasília, 2008. 27 p.

Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1344.pdf>.

Acesso em: 24 de outubro de 2016.

MARÍN, L.; QUEIROZ, M. S. A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 7-21, jan./mar. 2000.

Ministério dos Transportes. **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. 73 p. Disponível em: <

seguras.com/documentacao/arquivos/pontos_criticos_manual_de_procedimentos_ceftru_2002 >. Acesso em 24 de outubro de 2016.

MOTTA, J. B. **Os dados estatísticos das causas de acidentes de trânsito nas rodovias federais de Santa Catarina como instrumento estratégico na redução de acidentes**. 2009. 69 p. Trabalho de Conclusão de Estágio (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

O PROBLEMA DA MOBILIDADE URBANA NOS GRANDES CENTROS. **AgSolve**. Disponível em: <<http://www.agsolve.com.br/noticias/o-problema-da-mobilidade-urbana-nos-grandes-centros>>. Acesso em 15 de outubro 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global status report on alcohol and health**. Luxemburgo, 2014. 392 p. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112736/1/9789240692763_eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual**. Washington, D.C., 2000. 1207 p. Disponível em: <http://www.gsweventcenter.com/Draft_SEIR_References%5C2000_TRB.pdf>. Acesso em: 30 de novembro 2016.

VDMA_2009. **DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT)**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/control-de-velocidade/vmda-2009.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.

World Health Organization (WHO). **Global Status Report on Road Safety: time for action**. Geneva, 2009. 287 p. Disponível em: <www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009>. Acesso em: 09.nov.2015.

APÊNDICE A – TABELA COM CÁLCULOS PARA DETERMINAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS

km Inicial	km final	Extensão	VDM	Somente Danos Materiais	Número de Adiantes		Número de Vilmas		Exposição	Índice de adiantes (//)	Índice crítico anual do segmento (A)	Índice crítico anual de um segmento (C)	Criticidade	
					Com Feridas	Com Mortos	TOTAL	LPS	Feridas	Mortos	(nº dias x Ext. x VDM)			
122	123	1	13180	3	0	0	3	8	28	0	10,57167208	12,906298	-	
123	124	1	13180	4	0	0	4	7	19	3	4,8107	12,906298	-	
124	125	1	13180	4	3	0	7	7	19	8	4,8107	12,906298	-	
125	126	1	13180	4	5	1	10	7	39	10	4,8107	12,906298	-	
126	127	1	13180	8	8	0	16	48	12	0	10,57167208	12,906298	-	
127	128	1	13180	12	11	0	23	67	16	0	4,8107	12,906298	CRITICO	
128	129	1	13180	23	20	1	44	136	22	1	4,8107	12,906298	CRITICO	
129	130	1	10660	55	55	2	112	386	76	2	10,57167208	11,47931361	-	
130	131	1	10660	6	10	1	17	69	13	2	3,8909	3,77044906	CRITICO	
131	132	1	10660	7	9	0	16	57	11	0	2,563674214	3,77044906	CRITICO	
132	133	1	10660	1	0	0	1	4	1	0	3,8909	3,77044906	CRITICO	
133	134	1	10660	2	3	0	5	17	3	0	0,257009946	3,77044906	CRITICO	
134	135	1	10660	1	1	0	2	7	1	0	1,799064624	3,77044906	-	
135	136	1	10660	2	0	0	2	2	0	0	0,514019893	3,77044906	-	
136	137	1	10660	0	0	0	0	1	1	0	0,257009946	3,77044906	-	
137	138	1	10660	0	1	1	2	13	0	1	3,41128302	3,77044906	-	
138	139	1	10660	2	2	0	4	12	7	0	3,084119355	3,77044906	-	
139	140	1	10660	1	0	0	1	1	0	0	0,257009946	3,77044906	-	
140	141	1	10660	0	0	0	0	0	0	0	2,563674214	3,77044906	-	
141	142	1	10660	0	6	0	6	0	0	0	2,563674214	3,77044906	-	
142	143	1	10660	1	2	0	3	11	4	0	2,563674214	3,77044906	-	
143	144	1	10660	1	0	0	1	0	0	0	2,827109489	3,77044906	-	
144	145	1	10660	1	0	0	1	0	0	0	2,563674214	3,77044906	-	
145	146	1	10660	1	0	0	1	1	0	0	0,257009946	3,77044906	-	
146	147	1	10660	2	0	0	2	2	0	0	0,514019893	3,77044906	-	
147	148	1	10660	1	0	0	1	1	0	0	0,257009946	3,77044906	-	
148	149	1	10660	1	1	0	2	1	5	1	1,285049731	3,77044906	-	
149	150	1	10660	1	0	0	1	6	2	0	1,542059678	3,77044906	-	
150	151	1	10660	0	1	0	1	5	2	0	2,563674214	3,77044906	-	
151	152	1	10660	3	1	0	4	8	1	0	2,563674214	3,77044906	-	
152	153	1	10660	3	1	0	4	8	1	0	2,563674214	3,77044906	-	
153	154	1	10660	2	3	0	5	18	3	0	4,256170233	3,77044906	-	
154	155	1	10660	2	0	0	2	2	0	0	0,514019893	3,77044906	CRITICO	
155	156	1	10660	1	2	0	3	11	2	0	2,563674214	3,77044906	-	
156	157	1	10660	1	2	0	3	10	2	0	2,563674214	3,77044906	-	
157	158	1	10660	1	1	0	2	6	1	0	2,563674214	3,77044906	-	
158	159	1	10660	1	1	0	2	6	1	0	1,542059678	3,77044906	-	
159	160	1	10660	1	0	0	1	0	0	0	0	3,77044906	-	
160	161	1	10660	1	0	1	1	2	14	2	3,598139248	3,77044906	-	
161	162	1	10660	0	0	0	0	0	0	0	0	3,77044906	-	
162	163	1	10660	1	1	0	2	5	1	0	1,285049731	3,77044906	-	
163	164	1	10660	0	0	0	0	0	0	0	2,563674214	3,77044906	-	
164	165	1	10660	0	0	0	0	0	0	0	0,257009946	3,77044906	-	
165	166	1	10660	0	0	0	0	0	0	0	0	2,563674214	3,77044906	-
166	167	1	10660	2	5	0	7	27	7	0	6,93246855	3,77044906	CRITICO	
167	168	1	10660	4	7	0	11	39	7	0	10,02338791	3,77044906	-	
168	169	1	10660	1	0	0	1	1	0	0	0,257009946	3,77044906	-	
169	170	1	10660	1	0	0	1	1	0	0	2,563674214	3,77044906	-	
Total			47	109	111	7	227	795	164	9	2,563674214	2,771597867	-	