

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Leandro Bergamo Prescinotti

**ANÁLISE DA QUALIDADE E SEGURANÇA EM RODOVIAS:
UM ESTUDO DE CASO EM RODOVIA BRASILEIRA**

Porto Alegre
Setembro 2020

LEANDRO BERGAMO PRESCINOTTI

**ANÁLISE DA QUALIDADE E SEGURANÇA EM RODOVIAS:
UM ESTUDO DE CASO EM RODOVIA BRASILEIRA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Daniel Sergio Presta García

Porto Alegre
Setembro 2020

LEANDRO BERGAMO PRESCINOTTI

**ANÁLISE DA QUALIDADE E SEGURANÇA EM RODOVIAS:
UM ESTUDO DE CASO EM RODOVIA BRASILEIRA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso - Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, setembro de 2020

Prof. Daniel Sergio Presta García
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Profa. Christine Tessele Nodari
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

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

Profa. Shanna Trichês Lucchesi
Ma. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Juliana e Reginaldo, por terem me apoiado em toda a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Juliana e Reginaldo, pelo apoio incondicional, e por acreditarem em mim e em meus sonhos.

Ao Prof. Daniel Garcia, orientador, pela dedicação e apoio voltado à realização deste trabalho.

Aos amigos de faculdade, que tornaram a experiência acadêmica um pouco mais leve.

E a todos que contribuíram com a minha formação, diretamente ou indiretamente.

Um dos requisitos fundamentais do verdadeiro cientista é a humildade. Ela se baseia na certeza de que as nossas mais sólidas convicções se diluirão em algum momento do futuro.

Flávio Gikovate

RESUMO

A falta de segurança viária é um problema de saúde pública em todo o território brasileiro. Para mitigar os problemas relacionados à falta de segurança viária, diversos métodos de análise viária podem ser utilizados para identificar as deficiências na via e gerar medidas que aumentem a segurança para os usuários. Dessa forma, neste artigo, foi aplicada a metodologia iRAP (International Road Assessment Program) em uma rodovia brasileira para que fosse possível avaliar as condições da via e gerar um plano de investimentos, de modo a tornar a via mais segura. Além disso, a aplicação possibilitou avaliar a aplicabilidade do método.

Palavras-chave: Segurança Viária. iRAP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das causas de acidentes de trânsito, por porcentagem, nos Estados Unidos.....	3
Figura 2 – Rodovia objeto do estudo de caso.....	10
Figura 3 – Exemplo de veículo de levantamento de dados viários.....	11
Figura 4 – Exemplo padronizado de imagens para codificação.....	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características típicas da classificação por estrelas por usuário.....	5
Tabela 2 – Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas.....	13
Tabela 3 – Classificação por estrelas estimada da rodovia após a implementação das contramedidas.....	14
Tabela 4 – Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas para alternativa número 1.....	14
Tabela 5 – Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas para alternativa número 2.....	15
Tabela 6 – Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas para alternativa número 3.....	16
Tabela 7 – Características típicas da classificação por estrelas por usuário.....	17

LISTA DE SIGLAS

CNT – Confederação Nacional do Transporte

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

iRAP – *International Road Assessment Programme* (Programa Internacional de Avaliação de Rodovias)

OLG – Óbito e Lesão Grave

PIB – Produto Interno Bruto

PRF – Polícia Rodoviária Federal

VDMA – Volume Diário Médio Anual

WHO – *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde – OMS)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO.....	2
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
3.1 SEGURANÇA VIÁRIA.....	2
3.2 INTRODUÇÃO AO IRAP	4
4 ESTUDO DE CASO.....	9
4.1 APLICAÇÃO DO IRAP.....	10
4.2 RESULTADOS.....	12
4.2.1. Classificação por estrelas para o estudo de caso.....	13
4.2.2. Classificação por estrelas para cenário alternativo número 1.....	14
4.2.3. Classificação por estrelas para cenário alternativo número 2.....	15
4.2.4. Classificação por estrelas para cenário alternativo número 3.....	16
4.2.5. Planos de investimento para o estudo de caso.....	16
5 CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS	19
ANEXO A	20
ANEXO B	33

ANÁLISE DA QUALIDADE E SEGURANÇA EM RODOVIAS: UM ESTUDO DE CASO EM RODOVIA BRASILEIRA

Leandro Bergamo Prescinotti

Orientador: Prof. Daniel Sergio Presta Garcia, Dr.

Banca: Shanna Trichês Lucchesi, Ma. e Profª. Christine Tessele Nodari, Dra.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Civil

RESUMO

A falta de segurança viária é um problema de saúde pública em todo o território brasileiro. Para mitigar os problemas relacionados à falta de segurança viária, diversos métodos de análise viária podem ser utilizados para identificar as deficiências na via e gerar medidas que aumentem a segurança para os usuários. Dessa forma, neste artigo, foi aplicada a metodologia iRAP (*International Road Assessment Program*) em uma rodovia brasileira para que fosse possível avaliar as condições da via e gerar um plano de investimentos, de modo a tornar a via mais segura. Além disso, a aplicação possibilitou avaliar a aplicabilidade do método.

Palavras-chave: Segurança viária, iRAP.

ABSTRACT

The lack of road safety is a public health problem throughout the Brazilian territory. To mitigate problems related to the lack of road safety, several methods of road analysis can be used to identify deficiencies in the road and generate measures that increase safety for users. Thus, in this article, the iRAP (International Road Assessment Program) methodology was applied to a Brazilian highway so that it was possible to assess road conditions and generate an investment plan, in order to make the road safer. In addition, an application made it possible to evaluate the applicability of the method.

Key words: Road safety, iRAP.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento dos meios de transporte, ocorreu um aumento significativo na frota de veículos. Segundo o DENATRAN, no ano 2000, a frota total de veículos do Brasil era de 29.722.950, enquanto que em agosto de 2020, o número total passou a ser de 106.589.438 veículos. Consequentemente, ocorreu também o aumento da utilização das rodovias. É nesse cenário que a segurança viária nacional ganha destaque.

Com base na análise do banco de dados da PRF (2020), especificamente entre os anos 2008 e 2019, é possível verificar que ocorreram 1.789.036 acidentes em rodovias federais, com 1.289.744 vítimas – sendo 94.081 mortes e 1.195.663 de feridos – resultando em uma taxa de 20 mortes por dia. Além disso, os acidentes com mortos e feridos aumentaram de 53.963 em 2018, para 55.756 em 2019.

Esses dados são alarmantes, uma vez que as mortes representam, além da perda humana, custos referentes aos atendimentos hospitalares, internações e de custos dos mais variados tipos de tratamentos ambulatoriais. Ainda, há a perda da força de trabalho do país e também perda da qualidade de vida dos acidentados e dos familiares que perderam um ente querido. Por isso, é evidente que a questão da segurança viária é um problema de saúde pública em todo o território nacional.

A pesquisa realizada pela CNT de Rodovias em 2019 (CNT, SEST e SENAT, 2019) apontou

que, no ano de 2018, o Brasil teve um custo de acidentes rodoviários no valor de R\$9,73 bilhões, sendo que R\$3,67 bilhões dizem respeito aos acidentes com fatalidades; R\$5,62 bilhões referentes aos acidentes com feridos e R\$0,44 bilhões relativos aos acidentes sem vítimas.

Tais custos são decorrentes de 4.503 acidentes com fatalidades; 49.460 acidentes com vítimas e 15.243 acidentes sem vítimas. Os valores monetários dos acidentes são resultado de um cálculo realizado com base na atualização pela inflação do custo financeiro médio dos acidentes nas rodovias federais, já calculado para o ano de 2015, pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran).

Cabe ressaltar que, apesar da taxa de acidentes no Brasil ser elevada, é fruto do levantamento realizado a partir do número dos boletins de ocorrência registrados nos órgãos competentes, dependendo, portanto, da adequada notificação e registro. É preciso considerar que essa taxa configura mera estimativa do número de acidentes, uma vez que muitos boletins de ocorrência são registrados de forma errônea ou simplesmente não chegam a ser registrados, evidenciando um possível cenário de subnotificação de acidentes.

Segundo o relatório de status global sobre segurança rodoviária, do ano de 2018, produzido pela *World Health Organization*, aproximadamente 1.35 milhões de pessoas morrem por ano em acidentes de trânsito em ruas. Além disso, 93% das fatalidades pelo mundo nas estradas ocorrem em países de rendas baixa e média. O relatório também destaca que na faixa etária entre 5 e 29 anos, os acidentes de trânsito são o principal motivo de morte (WHO, 2018).

Por esses motivos, é possível verificar a relevância e atualidade do tema da segurança viária e, conseqüentemente, da melhoria das condições de infraestrutura das vias. Nesse sentido, este artigo pretende, a partir de um estudo de caso em uma rodovia brasileira, analisar as condições da via para, posteriormente, identificar as possíveis melhorias e classificar sua segurança.

2. OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é realizar uma análise de uma rodovia brasileira específica, a partir da metodologia iRAP (*International Road Assessment Program*), de modo a verificar as condições de segurança viária para os usuários e identificar as melhorias necessárias. Para tanto, será apresentado um plano de investimentos para que seja possível efetivar as melhorias apontadas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Além da contextualização do âmbito da segurança viária nacional, é importante entender os fatores de risco que geram inseguranças nas vias. Assim, é preciso compreender como funciona a metodologia iRAP.

3.1. Segurança viária

Autores como Lum e Reagan (1995) defendem que os acidentes possuem, principalmente, três diferentes causas: as características do veículo, as condições da via e as condições do condutor. Além da dificuldade de determinar a correta causa específica de cada acidente, um acidente pode ser multicausal, isto é, ter, simultaneamente, vários fatores como causa. Inclusive, pode ocorrer a combinação de todos os fatores. Dessa forma, para tentar estimar a

influência de cada causa, foi realizado um estudo sobre os acidentes nos Estados Unidos, resultando no seguinte diagrama:

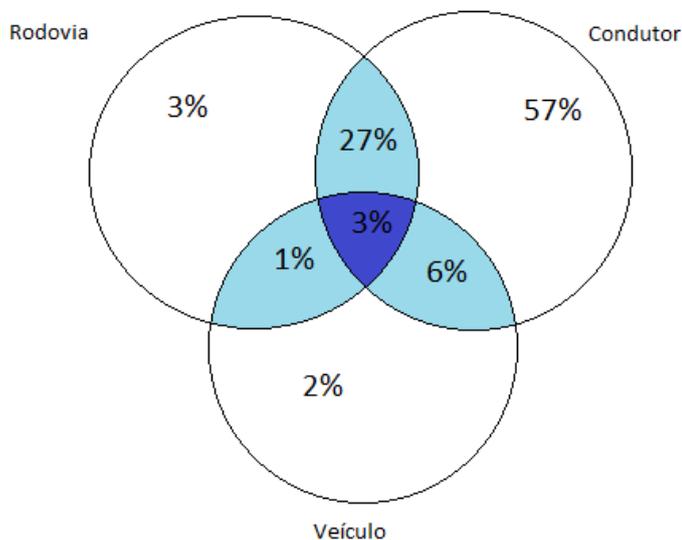


Figura 1: Diagrama das causas de acidentes de trânsito, por porcentagem, nos Estados Unidos (Fonte: Lum; Reagan, 1995, adaptado e traduzido pelo autor).

No estudo citado, o condutor é responsável isoladamente por 57% dos acidentes. E a interação entre as condições da via e do condutor correspondem a 30% das causas de acidentes. Desse modo, conclui-se, primariamente, que os maiores potenciais de redução de acidentes consistem na melhoria das condições da via e do condutor.

Para cada acidente, cada fator pode se somar e impactar sua severidade, logo, um aspecto de estudo importantíssimo para uma mobilidade segura é o entendimento dos eventos causais e suas convergências de fatores. Entendendo melhor as causas, é possível compreender as melhores formas de mitigar os seus efeitos.

Isto posto, atenção e investimento são necessários a cada uma dessas causas. O foco em educação e leis mais rigorosas pode melhorar a conduta dos motoristas e pedestres. Além disso, a fiscalização e a regulamentação sobre as condições de segurança do veículo podem melhorar as condições dos veículos ativos. Assim como investimentos em infraestrutura podem melhorar as condições da via.

Com os três âmbitos explicitados (rodovia, condutor e veículo), entende-se que o foco da metodologia iRAP é nas características da via. Ademais, com a codificação das características e com a análise de risco destas, é possível determinar as demandas de investimento em infraestrutura que salvem vidas e evitem lesões graves.

As condições da via são objeto de estudo de diversos autores, interligando cada característica com a causa dos acidentes. Por exemplo, Lee (2002) identifica critérios geométricos da via, qualidade da sinalização e pavimentação, além da velocidade da via e outros dispositivos de segurança. Todas essas características são codificadas pelo método iRAP, além de várias outras características que serão abordadas na etapa de codificação deste trabalho.

3.2. Introdução ao iRAP

O Programa Internacional de Avaliação de Vias Rodoviárias, ou *International Road Assessment Programme* (iRAP), é uma organização não governamental, sem fins lucrativos, com foco em salvar vidas e prevenir lesões graves daqueles que trafegam em rodovias e vias urbanas. O iRAP tem histórico de atuação em mais de 70 países apresentando dados de melhorias na segurança viária. Além disso, os planos de investimentos em infraestrutura gerados pela metodologia possuem capacidade de reduzir entre 30 a 100% de óbitos e lesões graves (GOLD, 2017).

Ademais, a organização é financiada pela Federação Internacional do Automobilismo (FIA), pela Unidade de Apoio à Segurança Viária Global, por associações automobilísticas, bancos regionais de desenvolvimento e outros doadores locais.

GOLD (2017) também indica os dois principais objetivos dos trabalhos do iRAP:

- Evitar o número de ocorrência de acidentes de trânsito, de forma que sejam evitados óbitos e lesões graves (OLG); e
- Diminuir a gravidade dos acidentes.

A metodologia iRAP busca sistematizar a análise dos dados e características da via de forma que, por meio da melhoria dos atributos de segurança da via, possa prevenir mortes e lesões graves em acidentes de trânsito. Assim, a metodologia permite a criação de um plano de prevenção de acidentes para a fase de projeto, possibilitando detectar correções na via antes da implementação do projeto. Isso significa que a metodologia pode ser aplicada em qualquer fase de vida da infraestrutura.

A metodologia ainda adota o conceito Sistema Seguro (*Safe system*), que pode ser resumido por uma filosofia que visa encontrar melhorias de segurança viária de forma que a via tenha qualidades que evitem óbitos e lesões graves mesmo com as reais características de comportamento dos usuários, prudentes ou não, e dos veículos em tráfego (GOLD, 2017).

As avaliações da metodologia do iRAP levam em consideração os riscos da via por meio de uma classificação de estrelas, na qual quanto maior a qualidade e segurança da infraestrutura, maior o número de estrelas da classificação. Assim, cada trecho dispõe de um grupo de fatores de risco codificado para cada tipo de usuário, de modo que é possível a realização da classificação por usuário. Dessa forma, uma rodovia pode ser mais segura para um ciclista e ser menos segura para um pedestre ou um ocupante de veículo.

Segundo o relatório da WHO (2018), em todo o mundo, mais da metade das vítimas em estradas são pedestres, ciclistas e motociclistas. O próprio relatório utiliza a classificação de estrelas resultantes da aplicação da metodologia iRAP para evidenciar três pontos quanto à qualidade das vias para estes usuários:

- 88% das viagens realizadas por pedestres são em estradas de 1 ou 2 estrelas;
- 86% das viagens realizadas por ciclistas são em estradas de 1 ou 2 estrelas;
- 67% das viagens realizadas por motociclistas são em estradas de 1 ou 3 estrelas.

Portanto, é evidenciada a necessidade de melhorias das condições de infraestrutura específica a esses usuários que são mais suscetíveis ao óbito em caso de um acidente comparativamente

ao usuário de veículo. Assim, a metodologia iRAP permite identificar melhorias na infraestrutura que possibilitam diminuir a probabilidade e a severidade dos acidentes para estes usuários. Estas melhorias envolvem melhorias nas instalações para uma caminhada segura como implementação de calçadas e travessias seguras, além de ciclovias e até a redução da velocidade da via (WHO, 2018).

Ainda, para uma melhor visualização dessa classificação por estrelas, nesse mesmo relatório da WHO (2018) foi elaborada uma tabela com características típicas de cada classificação por estrela para cada tipo de usuário. Ainda, não há no Brasil, a característica de pista de motocicleta dedicada e exclusiva. Por outro lado, existem vias dedicadas e exclusivas para ciclistas.

Tabela 1: Características típicas da classificação por estrelas por usuário.

	Pedestre	Ciclista	Motociclista	Ocupantes de veículo
1 estrela 	Sem calçada; Não possui nenhuma travessia segura; 60 km/h de tráfego.	Sem ciclovia; Sem travessias seguras; Superfície de estrada ruim; 70 km/h de tráfego.	Nenhuma pista de moto; Estrada simples; Árvores perto da estrada; Alinhamento (trecho) sinuoso; 90 km/h de tráfego.	Estrada simples com linha central estreita; Árvores perto da estrada; Alinhamento (trecho) sinuoso; 100 km/h de tráfego.
3 estrelas 	Calçada presente; refúgio de pedestres presente; iluminação pública presente; 50 km/h de tráfego.	Ciclovia em estrada, Boa superfície de estrada, Iluminação pública; 60 km/h de tráfego.	Pista de motociclismo em estrada; Estrada simples; Boa superfície da estrada; Distância > 5m a qualquer perigo na estrada; 90 km/h de tráfego.	Linha central larga separando veículos que se aproximam; Distância > 5m a qualquer perigo na estrada; 100 km/h de tráfego.
5 estrelas 	Calçada presente; Travessia sinalizada com refúgio; Iluminação pública; 40 km/h de tráfego.	Via exclusiva para ciclistas <i>off-road</i> ; Plataforma elevada atravessando as principais estradas, Iluminação pública.	Pista de motocicleta separada dedicada; Hachura pintada na via central; Sem perigos na estrada; Alinhamento reto (trecho); 80 km/h de tráfego.	Barreira de segurança separando veículos que se aproximam e protegendo riscos na estrada; Alinhamento reto; 100 km/h de tráfego.

(Fonte: Adaptação e tradução pelo autor de tabela produzida pela WHO, 2018)

Devido ao alto risco das estradas, a WHO (2018) estipulou uma meta de que pelo menos 75% de todas as viagens sejam realizadas em rodovias com classificação de risco 3 estrelas, ou mais, de 2020 até 2030. Estima-se que cerca de 14.000 vidas podem ser salvas anualmente durante o período, com benefício econômico de U\$445.730.692.384,00. Para isso, seriam necessários U\$51.381.330.000,00 investidos em infraestrutura e em controle de velocidade. Resultando também, em cerca de 3 milhões de reduções de óbitos e lesões graves nos próximos 20 anos (IRAP,2020).

No Brasil, a título de exemplo, existe a Pesquisa CNT de Rodovias (CNT, SEST e SENAT), a qual leva em consideração características que também estão presentes no iRAP e que foram respaldadas por autores brasileiros, quais sejam: a qualidade da geometria da via; as condições de sinalização horizontal e vertical; e as condições do pavimento da pista de rolamento e do acostamento.

Diversas características podem ser consideradas como fatores de risco na via, e diferentes autores alertam para a ligação de determinadas características com a segurança da via. Dessa forma, cada método de obtenção de dados e análise de uma via leva em consideração um grupo de determinadas características. O método iRAP foi desenvolvido para levar em consideração as seguintes características na codificação para mensurar a segurança da via e avaliar a viabilidade e o impacto das contramedidas (IRAP, 2014a):

- Etiqueta de pista: característica da pista quanto a número e distribuição das faixas;
- Custo de melhoramento: registra a influência que terão o uso do solo circundante, o meio ambiente e a topografia sobre o custo da implementação de melhorias;
- Fluxo observado de motocicletas: registra o número de motocicletas em uso dentro do trecho;
- Fluxo observado de bicicletas: registra o número de bicicletas observadas em uso dentro do trecho;
- Fluxo observado de pedestres atravessando a rodovia: registra o fluxo dos pedestres que estão atravessando ou prestes a cruzar a rodovia em um trecho de 100 m;
- Fluxo observado de pedestres ao longo da via – lado direito: registra os números de pedestres caminhando ao longo do lado direito da via no trecho de 100 m;
- Fluxo observado de pedestres ao longo da via – lado esquerdo: registra os números de pedestres caminhando ao longo do lado esquerdo da via no trecho de 100 m;
- Uso do solo – lado direito: registra os tipos de atividades que podem ser observadas à beira da rodovia ao longo do seu lado direito;
- Uso do solo – lado esquerdo: registra os tipos de atividades que podem ser observadas à beira da rodovia ao longo do seu lado esquerdo;
- Tipo de área: registra o nível de desenvolvimento lateral por onde passa a rodovia;
- Limite de velocidade: registra o limite de velocidade real anunciado pela sinalização;
- Limite de velocidade para motocicletas: registra o limite de velocidade especial para motocicletas;
- Limite de velocidade para caminhões: registra o limite de velocidade especial para caminhões;
- Diferencial de velocidades: somente registrado se a diferença no limite de velocidade ou a velocidade de operação entre automóveis e caminhões ou automóveis e motocicletas excede 20km/h;
- Tipo de canteiro central: registra o tipo de infraestrutura que separa os tráfegos em

sentidos contrários;

- Sonorizadores ao longo do eixo da pista: registra qualquer tipo de demarcação texturizada ao longo do eixo central da via cuja função é de advertir os condutores que estão atravessando o separador central;
- Severidade lateral – distância à direita: registra a distância do objeto mais próximo à margem da rodovia que poderia ser um obstáculo em caso de acidente;
- Severidade lateral – objeto à direita: registra a distância do objeto mais próximo que provavelmente seria alcançado podendo resultar em acidentes com usuários da rodovia mortos ou gravemente feridos;
- Severidade lateral – distância à esquerda: registra a distância do objeto mais próximo à margem da rodovia que poderia ser um obstáculo em caso de acidente;
- Severidade lateral – objeto à esquerda: registra a distância do objeto mais próximo que provavelmente seria alcançado podendo resultar em acidentes com usuários da rodovia mortos ou gravemente feridos;
- Sonorizadores ao longo do acostamento: registra qualquer marcação com textura ao longo da rodovia com a função de alertar os condutores que estão deixando a superfície de rodagem do lado direito da pista;
- Largura do acostamento pavimentado – direita: registra a largura do acostamento (caso este for seguro e dirigível);
- Largura do acostamento pavimentado – esquerda: registra a largura do acostamento (caso este for seguro e dirigível);
- Tipo de interseção: registra a presença e o tipo de interseção das vias;
- Canalização da interseção: registra se há ilhas demarcadas a cores ou em relevo na interseção, com o objetivo de designar trajeto para os veículos;
- Volume de tráfego na via transversal: registra-se uma estimativa do VDMA (volume diário médio anual) do tráfego na via transversal;
- Qualidade da interseção: registra a qualidade do projeto geométrico, dos sinais de advertência, da sinalização horizontal e vertical das interseções;
- Pontos de acesso a propriedades: registra o número de acessos de baixo fluxo de veículos que podem entrar e sair da via para acessar propriedades comerciais e residenciais, ou a vias menores;
- Número de faixas: registra o número total de faixas no sentido do trânsito;
- Largura da faixa: registra a distância compreendida do centro da demarcação do acostamento até o centro da demarcação da faixa adjacente ou da demarcação divisória central da pista;
- Curvatura: registra o alinhamento horizontal da rodovia;
- Qualidade da curva: registra a facilidade com a qual o condutor julga quão fechada é uma curva ou se é possível dirigir nela com segurança;
- Inclinação: registra a inclinação longitudinal de uma rodovia ao longo da sua extensão;
- Condição da rodovia: registra a uniformidade da pista;
- Resistência ao deslizamento/aderência: registra a qualidade das características gerais da superfície da rodovia;
- Delineamento: avalia as linhas de separação entre os sentidos, as linhas de bordo da pista, presença de postes flexíveis e outras sinalizações para manter atento o condutor quanto ao que existe adiante;
- Iluminação pública da via: registra a presença de iluminação suficiente para iluminar pedestres e ciclistas;

- Infraestrutura para travessia de pedestres: registra a presença de infraestrutura dedicada para travessia de pedestres;
- Qualidade da travessia de pedestres: registra quão bem as travessias são visíveis aos condutores e a qualidade da infraestrutura;
- Infraestrutura para travessia de pedestres na via transversal: registra a presença e o tipo de infraestrutura dedicada para travessia de pedestres na via transversal;
- Canalização de pedestres: registra a presença de gradil ou de outros tipos de canalização capazes de impedir a travessia de pedestres;
- Advertência de zona escolar: registra a sinalização encontrada em zonas escolares;
- Gestão de velocidade: registra a presença de infraestrutura viária que tipicamente reduzirá a velocidade real de operação do tráfego como rotatórias e lombadas;
- Estacionamento de veículos: registra a presença de veículos estacionados ao longo dos lados da rodovia;
- Provisão de calçada ou caminho informal – direita: registra a presença ou não de calçada ou caminho informal no lado direito da pista;
- Provisão de calçada ou caminho informal – esquerda: registra a presença ou não de calçada ou caminho informal no lado esquerdo da pista;
- Rua lateral: registra presença de via marginal;
- Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas: registra a presença de infraestrutura construída especialmente para motocicletas;
- Infraestrutura para bicicletas: registra infraestrutura construída especialmente para ciclistas;
- Obras viárias: registra a presença de grandes obras na via;
- Distância de visibilidade: registra a facilidade de um condutor em enxergar pedestres, ciclistas e veículos na via ou em uma interseção.

Além dos dados codificados, a equipe de engenharia também registra e avalia os seguintes dados de apoio da rodovia para a aplicação da metodologia:

- VDMA (volume diário médio anual): registra a o volume diário médio anual de veículos para cada trecho da via;
- Fluxo de motocicletas: registra a percentagem do total de veículos que pode ser classificada como motocicletas e triciclos;
- Fluxo de pedestres atravessando a via em horário de pico: registra o número médio de pedestres atravessando a via para o trecho durante uma hora de pico;
- Fluxo de pedestres na hora de pico ao longo da rodovia – direita: registra o número médio de pedestres ao longo da via no lado direito para o trecho durante uma hora de pico;
- Fluxo de pedestres na hora de pico ao longo da rodovia – esquerda: registra o número médio de pedestres ao longo da via no lado esquerdo para o trecho durante uma hora de pico;
- Fluxo de bicicletas em horário de pico: registra o número médio de bicicletas observadas no trecho durante uma hora de pico;
- Velocidade real praticada (percentil 85): velocidade abaixo da qual 85% dos veículos transitam;
- Velocidade real praticada (média): É a velocidade média do total de veículos para o trecho;

Para o cálculo da classificação de risco de cada trecho, a metodologia iRAP utiliza todas essas características. Segundo o iRAP (2019), cada trecho de 100 metros é classificado em relação ao risco de morte e lesão grave para cada tipo de usuário, essa classificação representa o somatório de pontuação de todos os tipos de acidentes possíveis, sendo que a pontuação de cada tipo de acidente ocorre de acordo com a seguinte fórmula:

$$Pt = P \times S \times V \times I \times T \quad (1)$$

em que *Pt*: Pontuação do tipo de acidente.

P: Probabilidade, refere-se à chance de um acidente acontecer de acordo com os fatores de risco dos atributos codificados da rodovia.

S: Severidade, refere-se à gravidade dos acidentes de acordo com os atributos codificados da rodovia.

V: Velocidade operacional, refere-se aos fatores de risco associado da velocidade. Sendo utilizada a maior velocidade entre a velocidade real praticada média, a velocidade legal limite e a velocidade real percentil 85.

I: Influência do fluxo externo, refere-se ao risco de um usuário se envolver em um acidente influenciado pelo modo que outros usuários utilizam a rodovia.

T: Transponibilidade do canteiro central, refere-se à facilidade de um veículo cruzar o canteiro central. Este fator só é aplicado para acidentes de saída de pista ou frontais).

A classificação de estrelas considera que cada usuário tem possibilidades diferentes de acidentes, portanto, somatórias diferentes. Um ocupante de veículo pode se envolver em 3 tipos de acidentes: por saída da pista, por colisões, e em interseções e pontos de acesso. Um motociclista pode se envolver em 4 tipos de acidentes: por saída da pista, por colisões, em interseções e pontos de acesso, e em movimentação no percurso da via. Ciclistas podem se envolver em acidentes trafegando na pista, em interseções ou em uma saída de pista. Os pedestres podem se envolver em acidentes caminhando ao redor da via e atravessando uma via.

Cabe ressaltar que, obtidos os dados de codificação, possíveis erros de classificação estão atrelados aos dados de velocidade e fluxo externo. Ambos os dados são de extrema importância para que a análise seja fidedigna, e autores como Whitelegg e Haq (2006) afirmam que a velocidade é o fator que mais influencia a segurança da via. Assim, é importante a obtenção dos dados reais para obter uma classificação real. Por isso, o estudo de caso avaliará diferentes cenários de velocidade e fluxo externo para que simule uma imprecisão na obtenção desses dados.

Dessa forma, cada somatório de pontuação de acidentes resulta em uma classificação de estrelas:

- 1 estrela: somatório de pontuação de acidentes superior a 22,5;
- 2 estrelas: somatório de pontuação de acidentes entre 12,5 e 22,5;
- 3 estrelas: somatório de pontuação de acidentes entre 5,0 e 12,5;
- 4 estrelas: somatório de pontuação de acidentes entre 2,5 e 5,0;
- 5 estrelas: somatório de pontuação de acidentes menor que 2,5.

4. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso da rodovia, a aplicação do método ocorre em uma sequência de etapas envolvendo desde o levantamento das condições da via até as análises dos dados obtidos.

A rodovia estudada é uma rodovia federal concessionada e possui 128,5 quilômetros de pista simples e 600 metros de pista dupla. Ela está situada em região predominantemente rural e desempenha importante função econômica, pois nela passam grandes quantias de matéria prima. Além disso, foi observado que a sua extensão se localiza, predominantemente, em planície costeira. Entretanto, por motivos comerciais, a localização e o nome da rodovia foram descaracterizados.

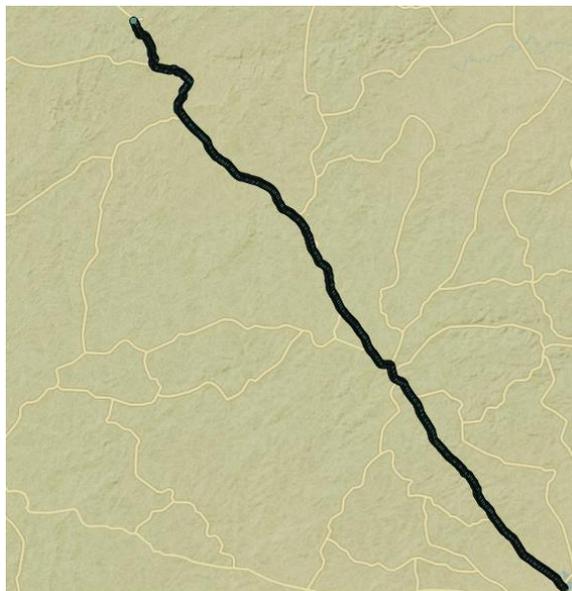


Figura 2:Rodovia objeto do estudo de caso (Fonte: o autor, com auxílio do software QGIS).

4.1. Aplicação do iRAP

Segundo o Manual de Codificação de Vias do iRAP (2014a), a metodologia envolve uma sequência de procedimentos que serão abordadas concomitantemente.

1. Levantamento rodoviário;
2. Codificação;
3. Obtenção dos dados de apoio;
4. Pontuação de avaliação de estrelas;
5. Relatório detalhado da circunstância com possíveis revisões;
6. Estimativa de mortes e ferimentos graves;
7. Geração das contramedidas;
8. Avaliação Econômica;
9. Planos de investimentos para vias mais seguras;
10. Análise e relatórios finais;
11. Suporte de Implementação;
12. Avaliação da Implementação.

Para a realização destas etapas de procedimentos, é necessária a divisão de frentes de trabalho por grupos treinados. A primeira etapa exige uma equipe de campo para o levantamento rodoviário. A segunda etapa, por sua vez, compreende a codificação em um escritório de engenharia por codificadores. Da etapa 3 até a etapa 10 ocorre a aplicação dos dados na plataforma vida.

As duas últimas etapas de implementação (suporte de implementação e avaliação de implementação) não serão abordadas, visto que, para o caso, exigiria o acompanhamento dos futuros dados da via com a implementação do plano de investimento. Entretanto, estas etapas são de grande importância para a continuidade da obtenção e análise dos dados da rodovia.

Para o levantamento rodoviário é necessário que as imagens sejam registradas por uma instituição credenciada pelo iRAP, isso porque é necessário que as fotos sejam registradas com qualidades padronizadas e referenciadas por sua localização por sistema GPS. Dessa forma, um sistema impreciso pode resultar em uma defasagem entre a codificação e a realidade. Por exemplo, a codificação pode indicar que uma árvore esteja em determinada quilometragem, porém, na realidade, a árvore está localizada há dezenas de metros do local indicado na codificação. Isso poderia acusar no plano de investimento uma contramedida em localização errada.



Figura 3:Exemplo de veículo de levantamento de dados viários (Fonte: IRAP,2014a).

Para a codificação é preciso que os codificadores passem por um treinamento para que sejam capazes de identificar corretamente as características da via com o maior risco. Dessa maneira, mais de 50 atributos são codificados a cada trecho de 100 m. O resultado da codificação é uma planilha de Excel, em que cada código (número) corresponde a uma determinada característica (IRAP, 2014a).



Figura 4:Exemplo padronizado de imagens para codificação (Fonte: o autor).

Além disso, para correta caracterização da rodovia, é necessário ter registro das características de apoio que podem ser fornecidas por órgãos competentes e devem ser registrados na planilha de codificação. É importante ressaltar que essas características podem ser resultado de estimativas utilizando as características codificadas, entretanto, a obtenção dos dados reais é a única forma de obter resultados mais fidedignos com a realidade. Os dados de apoio são: VDMA, percentagem de motocicletas, características de fluxo de pedestres e bicicletas, velocidade real percentil 85, velocidade real praticada, e objetivo de classificação para investimento.

Os dados de fluxo de veículos (VDMA) e percentagem de motocicletas foram fornecidos pela concessionária, contudo, poderiam ser frutos de um estudo de tráfego ou obtido com outros órgãos competentes. Assim, será apresentado no final do estudo de caso, como seria a classificação de risco da rodovia para outros cenários estimando o VDMA. As características de fluxo de pedestres e bicicletas são estimadas com base nas características do entorno da rodovia. Para a velocidade real percentil 85 foi considerado que o usuário dirige 10% acima da velocidade regulamentada da via, contudo, poderia ter sido feito um estudo de tráfego detalhado. Já a velocidade real praticada média adotada é a velocidade regulamentada da via.

A metodologia utiliza para a classificação de risco, a maior velocidade entre a velocidade real percentil 85 e a velocidade real praticada. Portanto, serão apresentadas neste trabalho outras possibilidades de estimativa da velocidade percentil, permitindo analisar o impacto desta estimativa na classificação de risco da rodovia. Por último, foi adotado como parâmetro para investimento a classificação de, no mínimo, 3 estrelas, tendo em vista que é a política do iRAP que todas as rodovias atinjam, pelo menos, 3 estrelas.

O resumo dos dados codificados com os dados de apoio para a rodovia do estudo de caso está presente no Anexo A.

4.2. Resultados

Para gerar os dados da via, é necessário inserir corretamente a codificação e seus dados auxiliares na plataforma VIDA. Para aplicar corretamente a planilha Excel na plataforma VIDA, é necessária a reavaliação de determinadas características. Assim, segundo o manual de codificação do iRAP, com a utilização de fotografias aéreas é possível verificar, em grande escala, inconsistências no grau de curvatura, no tipo de pista (dupla ou simples), no tipo de área, uso do solo, tipo de canteiro central, tipos de intersecção e acessos. Após as verificações, é necessário calibrar os modelos da plataforma VIDA com a inserção de alguns dados.

Para a estimativa de mortes, foram utilizados para a calibração, os dados abertos da PRF, sendo que o banco de dados da plataforma vida foi alimentado apenas pelos acidentes com mortes.

Para os dados econômicos, é possível escolher o período de análise, que foi adotado 20 anos, pois este é o padrão da metodologia para que os benefícios tenham um maior tempo de impacto, tornando mais interessante a relação benefícios/custos; a taxa de desconto para atualização de valores foi adotada com o padrão da metodologia de 4%, entretanto, poderia ter sido feito um estudo específico para determinar uma taxa com melhor representação da realidade; a taxa mínima de retorno atraente foi adotada como a padrão da metodologia para o Brasil de 12%; o PIB per capita do país foi retirado do IBGE com valor de 29.466,85 reais por

pessoa; o valor de uma vida foi calculado pelo padrão do método, que é o produto do valor PIB per capita por 70 (McMahon; Dahah, 2008).

Para as relações lesões graves/mortes em frequência e valor monetário, como não há dados precisos, foi adotado o padrão do modelo, em que ocorrem 10 lesões graves para cada morte, sendo que o prejuízo financeiro de cada morte equivale a 4 lesões graves (McMahon; Dahah, 2008). Por último, a mínima relação de custo benefício para as contramedidas também foi adotado pelo padrão do modelo, com o valor unitário.

Já para os dados dos valores de custos das contramedidas, foram adotados como base os modelos nacionais de precificação.

4.2.1. Classificação por estrelas para o estudo de caso

A classificação de estrelas gerada pelo modelo é referente a cada tipo de usuário, assim, é possível que um trecho em que a classificação seja boa para o ocupante de veículo, seja, ao mesmo tempo, ruim para pedestres.

Cabe ressaltar, que a meta de 3 estrelas não foi alcançada para todo o trecho e para todos os usuários. Isso ocorre, pois o benefício mínimo estabelecido por padrão é 1, ou seja, quando a soma dos prejuízos monetários das mortes e ferimentos graves evitados se iguala ao valor de implementação de melhoria.

Tabela 2: Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas

Classificação por Estrelas	Ocupante de veículo		Motociclista		Pedestre		Ciclista	
	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem
5 Estrelas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 Estrelas	6.60	5.11%	3.00	2.32%	0.00	0.00%	3.00	2.32%
3 Estrelas	93.80	72.66%	79.10	61.27%	18.60	14.41%	94.10	72.89%
2 Estrelas	25.70	19.91%	40.20	31.14%	104.50	80.95%	32.00	24.79%
1 Estrela	3.00	2.32%	6.80	5.27%	6.00	4.65%	0.00	0.00%
Não se aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Totais	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%

(Fonte: plataforma ViDA)

A mínima classificação de risco aceita internacionalmente para cada trecho é de 3 estrelas, e antes da implementação das contramedidas, a rodovia já apresentava para os ocupantes de veículo, 77,77% de sua extensão com uma classificação de risco maior ou igual que 3 estrelas. Para os motociclistas, 63,59% da sua extensão era maior ou igual que 3 estrelas. Para os pedestres, 85,6% da extensão da via é classificada com menos de 3 estrelas. Por último, para os ciclistas, 75,21% da via possui classificação de 3 estrelas ou superior. Portanto, para a rodovia, o mais evidente é a alta periculosidade para pedestres, enquanto para os outros tipos de usuário, a maior parte do trecho possui classificação satisfatória.

Tabela 3: Classificação por estrelas estimada da rodovia após a implementação das contramedidas

Classificação por Estrelas	Ocupante de veículo		Motociclista		Pedestre		Ciclista	
	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem
5 Estrelas	6.00	4.65%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 Estrelas	18.60	14.41%	15.00	11.62%	0.00	0.00%	3.00	2.32%
3 Estrelas	101.50	78.62%	106.50	82.49%	18.60	14.41%	116.30	90.09%
2 Estrelas	3.00	2.32%	7.60	5.89%	104.50	80.95%	9.80	7.59%
1 Estrela	0.00	0.00%	0.00	0.00%	6.00	4.65%	0.00	0.00%
Não se aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Totais	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%

(Fonte: plataforma ViDA)

Após a implementação das contramedidas, todos os usuários em exceção aos pedestres teriam os trechos de classificação de 1 estrela eliminados, e os trechos de 2 estrelas significativamente reduzidos. Para os ocupantes de veículo, haveria inclusive trechos com a classificação máxima de segurança. Entretanto, para os pedestres não haveria melhora da segurança.

4.2.2. Classificação por estrelas para cenário alternativo número 1

No primeiro cenário alternativo, para a velocidade real percentil 85 foi considerado que o usuário dirige 20% acima da velocidade regulamentada da via. Ademais, para o volume diário médio anual de veículos foi adotado o mesmo valor do estudo de caso, que é de 3976 veículos por dia.

Tabela 4: Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas para alternativa número 1

Classificação por Estrelas	Ocupante de veículo		Motociclista		Pedestre		Ciclista	
	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem
5 Estrelas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 Estrelas	3.00	2.32%	3.00	2.32%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 Estrelas	58.10	45.00%	33.60	26.03%	12.00	9.30%	42.60	33.00%
2 Estrelas	52.10	40.36%	66.80	51.74%	110.30	85.44%	80.50	62.35%
1 Estrela	15.90	12.32%	25.70	19.91%	6.80	5.27%	6.00	4.65%
Não se aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Totais	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%

(Fonte: plataforma ViDA)

Essa classificação de estrelas demonstra uma maior classificação de risco para a via em relação ao estudo de caso, pois uma maior velocidade de operação representa um atributo pior

para a segurança viária, visto que uma maior velocidade representa um aumento na ocorrência de acidentes e um aumento na gravidade destes.

Dessa forma, apenas 61,10% da extensão da rodovia apresenta uma classificação de risco maior ou igual que 3 estrelas para ocupantes de veículos, uma diminuição de 16,67% em relação ao estudo de caso. Para os motociclistas, 28,35% da sua extensão era maior ou igual que 3 estrelas, uma redução de 35,24% em relação ao estudo de caso. Para os pedestres, 90,71% da extensão da via é classificada com menos de 3 estrelas, uma piora de 5,11% em relação ao estudo de caso. Por fim, para os ciclistas, apenas 33% da via possui classificação de 3 estrelas ou superior, portanto, houve uma diminuição de 42,21% em relação ao estudo de caso. Assim, a velocidade percentil 85 para este cenário teve um grande impacto na classificação de risco da via para todos os usuários.

4.2.3. Classificação por estrelas para cenário alternativo número 2

No segundo cenário alternativo, para a velocidade real percentil 85 foi considerado que o usuário dirige 20% acima da velocidade regulamentada da via. Ademais, para o volume diário médio anual de veículos foi adotado o valor de 4970 veículos por dia que é 25% superior ao VDMA do estudo de caso fornecido pela concessionária.

Tabela 5: Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas para alternativa número 2

Classificação por Estrelas	Ocupante de veículo		Motociclista		Pedestre		Ciclista	
	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem
5 Estrelas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 Estrelas	3.00	2.32%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 Estrelas	49.10	38.03%	18.60	14.41%	0.00	0.00%	12.60	9.76%
2 Estrelas	58.10	45.00%	78.80	61.04%	34.10	26.41%	60.60	46.94%
1 Estrela	18.90	14.64%	31.70	24.55%	95.00	73.59%	55.90	43.30%
Não se aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Totais	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%

(Fonte: plataforma ViDA)

Essa classificação de estrelas demonstra uma maior classificação de risco para a via em relação à alternativa 1, pois além de uma maior velocidade de operação em relação ao estudo de caso, há um aumento do VDMA. Um aumento do VDMA resulta em maior risco para os usuários por diversos motivos, uma das possibilidades é aumentar a saturação da pista. Ao aumentar-se a saturação da pista, as travessias ficam mais perigosas, e a probabilidade de um acidente frontal entre os veículos de pistas opostas aumenta.

Para essa configuração, apenas 40,35% da extensão da rodovia apresenta uma classificação de risco maior ou igual que 3 estrelas para ocupantes de veículos, uma diminuição de 37,42% em relação ao estudo de caso. Para os motociclistas, 14,41% da sua extensão era maior ou igual que 3 estrelas, uma redução de 49,18% em relação ao estudo de caso. Para os pedestres, 100,00% da extensão da via é classificada com menos de 3 estrelas, representando uma piora de 14,4% em relação ao estudo de caso. Por fim, para os ciclistas, apenas 9,76% da via possui

classificação de 3 estrelas ou superior, portanto, houve uma diminuição de 65,45% em relação ao estudo de caso. Assim, a velocidade percentil 85 para este cenário, somada ao acréscimo de volume de veículos, teve um grande impacto na classificação de risco da via para todos os usuários.

4.2.4. Classificação por estrelas para cenário alternativo número 3

No terceiro cenário alternativo, para a velocidade real percentil 85 foi considerado que o usuário dirige 10% acima da velocidade regulamentada da via, exatamente igual ao estudo de caso. Ademais, para o volume diário médio anual de veículos foi adotado o valor de 4970 veículos por dia que é 25% superior ao VDMA do estudo de caso fornecido pela concessionária.

Tabela 6: Classificação por estrelas da rodovia antes da implementação das contramedidas para alternativa número 3

Classificação por Estrelas	Ocupante de veículo		Motociclista		Pedestre		Ciclista	
	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem
5 Estrelas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 Estrelas	6.60	5.11%	3.00	2.32%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 Estrelas	87.80	68.01%	64.10	49.65%	0.60	0.46%	31.10	24.09%
2 Estrelas	31.70	24.55%	55.20	42.76%	54.80	42.45%	89.00	68.94%
1 Estrela	3.00	2.32%	6.80	5.27%	73.70	57.09%	9.00	6.97%
Não se aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Totais	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%	129.10	100.00%

(Fonte: plataforma ViDA)

Dessa forma, apenas 73,12% da extensão da rodovia apresenta uma classificação de risco maior ou igual que 3 estrelas para ocupantes de veículos, uma diminuição de 4,65% em relação ao estudo de caso. Para os motociclistas, 51,97% da sua extensão era maior ou igual que 3 estrelas, uma redução de 11,62% em relação ao estudo de caso. Para os pedestres, 99,54% da extensão da via é classificada com menos de 3 estrelas, um acréscimo de 13,96% em relação ao estudo de caso. Por fim, para os ciclistas, apenas 24,09% da via possui classificação de 3 estrelas ou superior, portanto, houve uma diminuição de 51,12% em relação ao estudo de caso. Assim, a velocidade percentil 85 para este cenário teve um grande impacto na classificação de risco da via para todos os usuários.

4.2.5. Planos de investimento para o estudo de caso

Em resumo, para o prazo de 20 anos, o total de óbitos e vítimas com lesões graves (OLG) evitados é de 356. O valor presente total dos benefícios de segurança é de R\$22.330.512,00. O custo por OLG evitado é de R\$29.541,00. E a relação benefício/custo (BC) do programa é igual a 2, o que significa que cada real investido trará um benefício de dois reais.

Ademais, cada contramedida está referenciada em sua localização, anexada no apêndice B.

Tabela 7: Plano de investimento para vias mais seguras (PIVMS)

Contra medida	Extensão / Locais	OLGs Evitados	Valor Presente (VP) do Benefício de Segurança	Custo Estimado	Custo por OLG evitado	Índice Benefício/Custo (BC) do Programa
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	34,40 km	79	4.978.527	1.326.326	16.687	4
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	33,50 km	69	4.311.250	1.291.626	18.765	3
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	6,70 km	69	4.307.640	2.472.066	35.946	2
Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	5,70 km	69	4.291.136	2.741.523	40.017	2
Sonorizadores ao longo do acostamento	15,20 km	45	2.832.477	1.257.181	27.801	2
Melhorar delineamento da curva	2,60 km	16	996.831	818.592	51.437	1
Sinalizações horizontal e vertical (interseção)	3 Locais	5	335.227	340.465	63.615	1
Iluminação pública (meio de quarteirão)	0,30 km	4	277.425	283.801	64.076	1
Total		357	22.330.512	10.531.581	29.541	2

(Fonte: o autor, com base em dados da plataforma ViDA)

Em relação à eficiência em redução de OLGs, a medida de maior importância é a remoção de perigos à margem da via ao lado do condutor, em uma extensão de 34,40 km. Essa medida tem um potencial para evitar 79 mortes e lesões graves, a um custo de R\$1.326.326,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$4.978.527,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 4.

A segunda medida mais importante é a remoção de perigos à margem da via ao lado do passageiro, em uma extensão de 33,50 km. Esta medida tem um potencial para evitar 69

mortes e lesões graves, a um custo de R\$1.291.626,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$4.311.250,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 3.

A terceira medida mais importante é a implementação de defensas ou barreiras na borda da via ao lado do passageiro, em uma extensão de 6,70 km. Essa medida tem um potencial para evitar 69 mortes e lesões graves, a um custo de R\$2.472.066,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$4.307.640,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 2.

A quarta medida mais importante é a implementação de defensas/barreiras no canteiro central, em uma extensão de 5,70 km. Esta medida tem um potencial para evitar 69 mortes e lesões graves, a um custo de R\$2.741.52,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$4.291.13,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 2.

A quinta medida mais importante é a implementação de sonorizadores ao longo do acostamento, em uma extensão de 15,20 km. Esta medida tem um potencial para evitar 45 mortes e lesões graves, a um custo de R\$1.257.18,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$2.832.47,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 2.

A sexta medida mais importante é melhora do delineamento da curva, em uma extensão de 2,60 km. Esta medida em um potencial para evitar 16 mortes e lesões graves, a um custo de R\$818.59,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$996.831,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 1.

A sétima medida mais importante é a implementação de sinalizações horizontal e vertical, em 3 locais de interseção. Esta medida em um potencial para evitar 69 mortes e lesões graves, a um custo de R\$340.465,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$335.227,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 1.

A oitava medida mais importante é a implementação de iluminação pública, em uma extensão de 0,30 km. Esta medida em um potencial para evitar 69 mortes e lesões graves, a um custo de R\$283.801,00. Em valores presentes, o benefício seria de R\$277.425,00, com uma relação benefício/custo de valor igual a 1.

5. CONCLUSÃO

O método demonstrou-se bastante sensível aos dados de apoio, principalmente quanto às velocidades. Com avaliação dos cenários alternativos de velocidade e de fluxo externo, pode-se chegar à conclusão de que a avaliação correta da rodovia exige a obtenção correta dos dados de apoio para uma utilização efetiva da classificação de risco e do plano de investimento.

Para o trecho em questão, a estimativa anual de óbitos e lesões graves inicialmente era de 94,5 que passaria a ser de 74,1 após a implementação das contramedidas. Assim, num prazo de 20 anos, a redução seria de 357 óbitos e lesões graves. Para isso, com um investimento de R\$10.531.581,00 seriam evitados prejuízos ao Brasil de R\$22.330.512,00 de acordo com as estimativas do método. Portanto, o programa apresentou um índice de custo benefício de cerca de 2.

Além disso, as contramedidas indicadas possibilitariam uma considerável melhora na

qualidade das rodovias para ocupantes de veículos, ciclistas e motociclistas. Entretanto, não haveria melhoria para os pedestres, isso ocorre devido ao custo benefício ser menor do que 1, ou seja, quando a soma dos prejuízos monetários das mortes e ferimentos graves evitados se torna menor do que o valor de implementação de melhoria. Cabe ressaltar que as principais melhorias para pedestres e ciclistas são de baixo custo. Além disso, como visto nos cenários alternativos, uma velocidade operacional maior resultou em uma significativa piora da classificação de estrelas para esses usuários, portanto, pode-se concluir que a administração da velocidade operacional é essencial para a segurança para os usuários da via.

Por fim, a metodologia iRAP demonstrou um grande potencial em identificar as características da via, e elaborar planos de investimentos que salvem vidas e diminuam lesões e acidentes. Desse modo, sua aplicação se torna interessante para diminuir esses casos em todos os países, mas principalmente em países como o Brasil, no qual os acidentes de trânsito tornaram-se um problema de saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CNT; SEST; SENAT (2019) *Pesquisa CNT de rodovias 2019: relatório gerencial. 2019*. Confederação Nacional do Transporte; Serviço Social do Transporte; Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte, 233p, Brasília.
- DENATRAN Departamento Nacional de Trânsito. Frota de veículos. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatran>>. Acesso em: 24 set.2020.
- Gold, P. (2017) *International Road Assessment Programme – iRAP*. Revista dos Transportes Públicos, nº 147, 3º quadrimestre.
- IBGE *Produto Interno Bruto, Produto Interno Bruto per capita, população residente e deflator - 1996-2017*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>>. Acesso em: jan, 2020.
- iRAP (2014a), *Manual de Codificação do iRAP para Classificação por Estrelas e Plano de Investimento*. Londres. Disponível em: <http://resources.irap.org/Specifications/RAP-SR-2-2_Star_Rating_coding_manual%20-%20PG.pdf>. Acesso em: jun, 2020.
- iRAP (2019), *iRAP Star Rating and Investment Plan Manual*. Disponível em: <<https://www.irap.org/specifications/>>. Acesso em: set, 2020.
- iRAP (2020), *The business case for safer roads*. Disponível em: <<https://www.vaccinesforroads.org/business-case-for-safer-roads/>>. Acesso em: jun, 2020.
- Lum, H.; Reagan, J. A. (1995) *Interactive Highway Safety Model: Accident Predictive Module*, Public Roads. Winter.
- Lee J.; Mannering F. (2002) *Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis*. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington.
- McMahon, K.; Dahah, S. *The True Cost of Road Crashes: valuing life and the cost of a serious injury*. Londres: International Road Assessment Programme, 2008.
- PRF *Dados Abertos - Polícia Rodoviária Federal*. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/portal/dadosabertos/acidentes>>. Acesso em 15 de Junho de 2020.
- Plataforma Vida Disponível em: <https://vida.irap.org/pt-br/dashboard>. Acesso em: jan. 2020.
- WHITELEGG, J.; HAQ, G. *Vision Zero: Adopting a Target of Zero for Road Traffic Fatalities and Serious Injuries*, 2006.
- WHO. *Global Status Report on Road Safety 2018*. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/global-status-report-on-road-safety-2018/>>. Acesso em: jan. 2020.

Leandro Bergamo Prescinotti (leandro.prescinotti@ufrgs.br)

Daniel Sergio Presta García (daniel.garcia@ufrgs.br)

Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 – Porto Alegre, RS

Anexo A – Resumo dos atributos da via.

ATRIBUTO	CÓDIGO	KM	%
Etiqueta de Pista			
Pista A de uma rodovia de pista dupla	1	0.6	0%
Pista B de uma rodovia de pista dupla	2	0.0	0%
Rodovia de pista simples	3	128.5	100%
A Pista A de uma infraestrutura exclusiva para motocicletas	4	0.0	0%
B Pista B de uma infraestrutura exclusiva para motocicletas	5	0.0	0%
Custo dos melhoramentos			
Alta	3	0.0	0%
Médio	2	0.2	0%
Baixo	1	128.9	100%
Fluxo observado de motocicletas			
Nenhuma	1	128.4	99%
1 motocicleta	2	0.2	0%
2 a 3 motocicletas	3	0.0	0%
4 a 5 motocicletas	4	0.5	0%
6 a 7 motocicletas	5	0.0	0%
8+ motocicletas	6	0.0	0%
Fluxo observado de bicicletas			
8+ bicicletas	6	0.0	0%
6 a 7 bicicletas	5	0.0	0%
4 a 5 bicicletas	4	0.0	0%
2 a 3 bicicletas	3	0.0	0%
1 bicicleta	2	0.4	0%
Nenhuma	1	128.7	100%
Fluxo observado de pedestres atravessando a rodovia			
8+ pedestres atravessando	6	0.0	0%
6-7 pedestres atravessando	5	0.0	0%
4-5 pedestres atravessando	4	0.0	0%
2-3 pedestres atravessando	3	0.0	0%
1 pedestre atravessando	2	0.0	0%
Nenhuma	1	129.1	100%
Fluxo observado de pedestres ao longo da via – lado esquerdo			
8+ pedestres ao longo do lado esquerdo	6	0.0	0%
6-7 pedestres ao longo do lado esquerdo	5	0.0	0%
4-5 pedestres ao longo do lado esquerdo	4	0.0	0%

2-3 pedestres ao longo do lado esquerdo	3	0.0	0%
1 pedestre ao longo do lado esquerdo	2	0.3	0%
Nenhuma	1	128.8	100%
Fluxo observado de pedestres ao longo da via – lado direito			
8+ pedestres ao longo do lado direito	6	0.0	0%
6-7 pedestres ao longo do lado direito	5	0.0	0%
4-5 pedestres ao longo do lado direito	4	0.0	0%
2-3 pedestres ao longo do lado direito	3	0.7	1%
1 pedestre ao longo do lado direito	2	0.3	0%
Nenhuma	1	128.1	99%
Uso do solo – esquerda			
Educacional	6	0.0	0%
Comercial	4	0.8	1%
Indústria e produção	7	1.3	1%
Residencial	3	2.8	2%
Agricultura/Criação	2	0.0	0%
Áreas não desenvolvidas	1	124.2	96%
Não registrado	5	0.0	0%
Uso do solo – direita			
Educacional	6	0.1	0%
Comercial	4	1.3	1%
Indústria e produção	7	0.9	1%
Residencial	3	3.2	2%
Agricultura/Criação	2	0.1	0%
Áreas não desenvolvidas	1	123.5	96%
Não registrado	5	0.0	0%
Tipo de área			
Urbana	2	1.3	1%
Rural	1	127.8	99%
Limite de velocidade			
>=150km/h	25	0.0	0%
140km/h	23	0.0	0%
130km/h	21	0.0	0%
120km/h	19	0.0	0%
110km/h	17	0.0	0%
100km/h	15	0.0	0%
90km/h	13	0.0	0%
80km/h	11	110.2	85%

70km/h	9	0.0	0%
60km/h	7	14.7	11%
50km/h	5	0.6	0%
40km/h	3	2.4	2%
<30km/h	1	1.2	1%
Limite de velocidade para motocicleta			
≥150km/h	25	0.0	0%
140km/h	23	0.0	0%
130km/h	21	0.0	0%
120km/h	19	0.0	0%
110km/h	17	0.0	0%
100km/h	15	0.0	0%
90km/h	13	0.0	0%
80km/h	11	110.2	85%
70km/h	9	0.0	0%
60km/h	7	14.7	11%
50km/h	5	0.6	0%
40km/h	3	2.4	2%
<30km/h	1	1.2	1%
Limite de velocidade para caminhões			
≥150km/h	25	0.0	0%
140km/h	23	0.0	0%
130km/h	21	0.0	0%
120km/h	19	0.0	0%
110km/h	17	0.0	0%
100km/h	15	0.0	0%
90km/h	13	0.0	0%
80km/h	11	110.2	85%
70km/h	9	0.0	0%
60km/h	7	14.7	11%
50km/h	5	0.6	0%
40km/h	3	2.4	2%
<30km/h	1	1.2	1%
Diferencial de velocidades			
Presente	2	0.0	0%
Não presente	1	129.1	100%
Tipo de canteiro central			
Linha central divisória	11	0.0	0%

Demarcação central larga (0.3m a 1m)	14	128.5	100%
Canteiro central fictício (>1m)	10	0.0	0%
Faixa central contínua para conversões	8	0.0	0%
Postes flexíveis	9	0.0	0%
Largura do canteiro central físico ≥ 0 m a <1.0m	7	0.0	0%
Largura do canteiro central físico ≥ 1.0 a <5.0 m	6	0.0	0%
Largura do canteiro central físico ≥ 5.0 a < 10.0 m	5	0.0	0%
Barreira de segurança – concreto	2	0.6	0%
Barreira de segurança - metal	1	0.0	0%
Barreira de segurança amigável a motocicletas	12	0.0	0%
Barreira de segurança – cabos de aço	15	0.0	0%
Largura do canteiro central físico ≥ 10.0 a < 20.0 m	4	0.0	0%
Largura do canteiro central físico ≥ 20 m	3	0.0	0%
Mão única	13	0.0	0%
Sonorizadores ao longo do eixo da pista			
Não presente	1	129.1	100%
Presente	2	0.0	0%
Severidade lateral – distância à esquerda			
0 a <1m	1	18.3	14%
1 a <5m	2	98.5	76%
5 a <10m	3	4.0	3%
≥ 10 m	4	8.3	6%
Severidade lateral - objeto à esquerda			
Penhasco	10	2.8	2%
Árvore ≥ 10 cm	11	38.3	30%
Colunas/postes de sustentação ≥ 10 cm de diâmetro	12	0.1	0%
Defensa/Barreira de segurança não protegida. sem terminal amortecedor	15	9.0	7%
Parede agressiva de rocha ou pedra	5	0.9	1%
Talude de corte - inclinação podendo resultar em capotamento	6	8.7	7%
Valeta profunda de drenagem	8	1.7	1%
Declive	9	14.4	11%
Rochas ou pedras grandes de altura ≥ 20 cm	16	0.0	0%
Estrutura rígida/ponte ou edificação	13	0.3	0%
Estrutura ou edificação semirrígida	14	0.4	0%
Barreira de segurança – concreto	2	1.0	1%
Defensa de segurança – metal	1	17.6	14%
Defensa de segurança - cabos de aço	4	0.0	0%

Defensa de segurança amigável a motocicletas	3	0.0	0%
Talude de corte sem inclinação suficiente para causar capotamento	7	25.9	20%
Sem objetos	17	8.0	6%
Severidade lateral – distância à direita			
0 a <1m	1	16.1	12%
1 a <5m	2	96.8	75%
5 a <10m	3	10.2	8%
>=10m	4	6.0	5%
Severidade lateral - objeto à direita			
Penhasco	10	2.0	2%
Árvore >=10cm	11	44.9	35%
Colunas/postes de sustentação ≥ 10 cm de diâmetro	12	0.3	0%
Defensa/Barreira de segurança não protegida. sem terminal amortecedor	15	10.8	8%
Parede agressiva de rocha ou pedra	5	0.6	0%
Talude de corte - inclinação podendo resultar em capotamento	6	5.7	4%
Valeta profunda de drenagem	8	3.7	3%
Declive	9	12.9	10%
Rochas ou pedras grandes de altura ≥20cm	16	0.0	0%
Estrutura rígida/ponte ou edificação	13	0.1	0%
Estrutura ou edificação semirrígida	14	0.7	1%
Barreira de segurança – concreto	2	0.4	0%
Defensa de segurança – metal	1	18.6	14%
Defensa de segurança - cabos de aço	4	0.1	0%
Defensa de segurança amigável a motocicletas	3	0.0	0%
Talude de corte sem inclinação suficiente para causar capotamento	7	22.3	17%
Sem objetos	17	6.0	5%
Sonorizadores ao longo do acostamento			
Não presente	1	129.1	100%
Presente	2	0.0	0%
Largura de acostamento pavimentado – esquerdo			
Nenhum	4	0.0	0%
Estreito (≥ 0m a < 1.0m)	3	24.5	19%
Médio (≥ 1.0m a < 2.4m)	2	104.3	81%
Largo (≥ 2.4m)	1	0.3	0%
Largura de acostamento pavimentado – direito			
Nenhum	4	0.0	0%

Estreito ($\geq 0\text{m}$ a $< 1.0\text{m}$)	3	25.1	19%
Médio ($\geq 1.0\text{m}$ a $< 2.4\text{m}$)	2	76.9	60%
Largo ($\geq 2.4\text{m}$)	1	27.1	21%
Tipo de intersecção			
Intersecção de 4 aproximações (sem semáforo) sem faixa protegida para conversões.	8	2.0	2%
Mini rotatória	17	0.0	0%
Intersecção de 4 aproximações (sem semáforos) com faixa protegida para conversões	7	0.5	0%
Intersecção de 4 aproximações (com semáforo) mas sem uma faixa protegida para conversões.	10	0.0	0%
Cruzamento de ferrovia – passivo (apenas com placas de sinalização)	13	0.0	0%
Intersecção de 3 aproximações (sem semáforos) sem uma faixa protegida para conversões.	4	6.5	5%
Intersecção de 4 aproximações (com semáforos) com uma faixa protegida para conversões.	9	0.0	0%
Intersecção de 3 aproximações (com semáforos) sem uma faixa protegida para conversões.	6	0.0	0%
Intersecção de 3 aproximações (sem semáforos) com uma faixa protegida para conversões.	3	0.4	0%
Intersecção de 3 aproximações (com semáforos) com uma faixa protegida para conversões.	5	0.0	0%
Cruzamento de ferroviário - ativo (com luzes intermitentes e cancelas)	14	0.0	0%
Rotatória	2	0.3	0%
Faixa de convergência/divergência	1	0.4	0%
Ponto de cruzamento de canteiro central – informal	15	0.0	0%
Ponto de cruzamento de canteiro central – formal	16	0.0	0%
Nenhuma	12	119.0	92%
Canalização da intersecção			
Presente	2	2.0	2%
Não presente	1	127.1	98%
Volume de tráfego na via transversal			
≥ 15.000 veículo	1	0.0	0%
10.000 a 15.000 veículo	2	0.0	0%
5.000 a 10.000 veículo	3	0.0	0%
1.000 a 5.000 veículo	4	0.0	0%
100 a 1.000 veículo	5	3.1	2%
1 a 100 veículo	6	7.0	5%
Não se aplica	7	119.0	92%
Qualidade da intersecção			

Pobre	2	8.3	6%
Adequada	1	1.8	1%
Não se aplica	3	119.0	92%
Pontos de acesso a propriedades			
Acesso comercial ≥ 1	1	4.3	3%
Acesso residencial ≥ 3	2	0.3	0%
Acesso residencial < 3	3	9.8	8%
Nenhuma	4	114.7	89%
Número de faixas			
Quatro ou mais	4	0.0	0%
Três	3	0.0	0%
Três e Duas	6	0.0	0%
Duas	2	1.2	1%
Duas e uma	5	35.5	27%
Uma	1	92.4	72%
Largura das faixas			
Estreita ($\geq 0m$ a $< 2.75m$)	3	0.0	0%
Média ($\geq 2.75m$ a $< 3.25m$)	2	0.0	0%
Larga ($\geq 3.25m$)	1	129.1	100%
Curvatura			
Muito fechada	4	0.0	0%
Fechada	3	13.0	10%
Moderada	2	6.0	5%
Reta ou ligeiramente curva	1	110.1	85%
Qualidade da curva			
Deficiente	2	4.3	3%
Não se aplica	3	110.1	85%
Adequada	1	14.7	11%
Inclinação			
$\geq 10\%$	5	0.0	0%
$\geq 7.5\%$ a $< 10\%$	4	0.0	0%
$< 7.5\%$	1	129.1	100%
Condição da rodovia			
Deficiente	3	0.0	0%
Regular	2	0.0	0%
Boa	1	129.1	100%
Resistência ao deslizamento/aderência			
Não pavimentada – deficiente	0.0	0%	0.0

Não pavimentada – adequado	0.0	0%	0.0
Pavimentada – deficiente	0.7	1%	0.7
Pavimentada – médio	0.3	0%	0.3
Pavimentada – adequada	128.1	99%	128.1
Delineamento			
Deficiente	2	0.3	0%
Adequada	1	128.8	100%
Iluminação pública da via			
Não presente	1	128.5	100%
Presente	2	0.6	0%
Infraestrutura para travessia de pedestres – na rodovia inspeção			
Só refúgio para pedestres	6	0.0	0%
Travessia com sinalização horizontal (faixa de travessia). sem semáforo nem refúgio	5	0.0	0%
Travessia com sinalização horizontal (faixa de travessia). sem semáforo. mas com refúgio	4	0.0	0%
Com semáforos. sem refúgio	3	0.0	0%
Com semáforos. com refúgio	2	0.0	0%
Travessia em desnível	1	0.0	0%
Nenhuma infraestrutura	7	129.1	100%
Travessia elevada. com sinalização horizontal. sem semáforo. com refúgio	14	0.0	0%
Travessia elevada. com sinalização horizontal. sem semáforo. sem refúgio	15	0.0	0%
Travessia elevada. sem sinalização horizontal. sem semáforo. com refúgio	16	0.0	0%
Travessia elevada. sem sinalização horizontal. sem semáforo. sem refúgio	17	0.0	0%
Qualidade da travessia de pedestres			
Deficiente	2	0.0	0%
Adequada	1	0.0	0%
Não se aplica	3	129.1	100%
Infraestrutura para travessia de pedestres – na via transversal			
Travessia em desnível	1	0.0	0%
Com semáforos. sem refúgio	2	0.0	0%
Com semáforos. com refúgio	3	0.0	0%
Travessia com sinalização horizontal (faixa de travessia). sem semáforo. mas com refúgio	4	0.0	0%
Travessia com sinalização horizontal (faixa de travessia). sem semáforo nem refúgio	5	0.0	0%
Só refúgio para pedestres	6	0.0	0%

Nenhuma infraestrutura	7	129.1	100%
Travessia elevada. com sinalização horizontal. sem semáforo. com refúgio	14	0.0	0%
Travessia elevada. com sinalização horizontal. sem semáforo. sem refúgio	15	0.0	0%
Travessia elevada. sem sinalização horizontal. sem semáforo. com refúgio	16	0.0	0%
Travessia elevada. sem sinalização horizontal. sem semáforo. sem refúgio	17	0.0	0%
Gradil			
Não presente	1	129.1	100%
Presente	2	0.0	0%
Gestão de velocidade / traffic calming			
Não presente	1	128.8	100%
Presente	2	0.3	0%
Estacionamento de veículos			
Ambos os lados	3	6.3	5%
Um lado	2	2.5	2%
Nenhum	1	120.3	93%
Provisão de calçada ou caminho informal – esquerda			
Sem separação física 0m a <1.0m	4	0.0	0%
Sem separação física 1.0m a <3.0m	3	0.0	0%
Sem separação física $\geq 3.0m$	2	0.0	0%
Barreira física	1	0.1	0%
Caminho informal 0m a <1.0m	7	0.0	0%
Caminho informal $\geq 1.0m$	6	0.0	0%
Nenhum	5	129.0	100%
Provisão de calçada ou caminho informal – direita			
Sem separação física 0m a <1.0m	0.0	0%	0.0
Sem separação física 1.0m a <3.0m	0.0	0%	0.0
Sem separação física $\geq 3.0m$	0.0	0%	0.0
Barreira física	0.1	0%	0.1
Caminho informal 0m a <1.0m	0.0	0%	0.0
Caminho informal $\geq 1.0m$	0.0	0%	0.0
Nenhum	129.0	100%	129.0
Via Lateral			
Não presente	1	129.1	100%
Presente	2	0.0	0%
Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas			
Nenhuma	6	129.1	100%

Faixa exclusiva para motocicletas dentro da pista principal	5	0.0	0%
Pista segregada de motocicleta de um só sentido sem barreira	2	0.0	0%
Pista segregada de motocicleta de um só sentido com barreira	1	0.0	0%
Pista exclusiva de motocicleta de duplo sentido sem barreira	4	0.0	0%
Pista segregada de motocicleta de duplo sentido com barreira	3	0.0	0%
Infraestrutura para bicicletas			
Nenhum	4	129.1	100%
Pista extralarga no exterior ($\geq 4.2\text{m}$)	5	0.0	0%
Faixa dentro da pista principal	3	0.0	0%
Ciclovia fora da pista principal	2	0.0	0%
Ciclovia fora da pista principal com barreira	1	0.0	0%
Via partilhada. com sinalização vertical	6	0.0	0%
Via de uso partilhado	7	0.0	0%
Obras			
Grandes obras viárias em andamento	3	0.0	0%
Obras viárias menores em andamento	2	0.0	0%
Não há obras viárias em andamento	1	129.1	100%
Distância de Visibilidade			
Deficiente	2	0.0	0%
Adequada	1	129.1	100%
VDMA			
0	-	0.0	0%
1000	-	0.0	0%
5000	-	129.1	100%
10000	-	0.0	0%
15000	-	0.0	0%
20000	-	0.0	0%
25000	-	0.0	0%
30000	-	0.0	0%
35000	-	0.0	0%
40000	-	0.0	0%
45000	-	0.0	0%
50000	-	0.0	0%
55000	-	0.0	0%
60000	-	0.0	0%
65000	-	0.0	0%
70000	-	0.0	0%
100000	-	0.0	0%

1000000	-	0.0	0%
Fluxo de motocicletas			
100%	10	0.0	0%
81% - 99%	9	0.0	0%
61% - 80%	8	0.0	0%
41% - 60%	7	0.0	0%
21% - 40%	6	0.0	0%
11% - 20%	5	0.0	0%
6% - 10%	4	129.1	100%
1% - 5%	3	0.0	0%
0%	2	0.0	0%
Não registrado	1	0.0	0%
Fluxo de pedestres atravessando a via em horário de pico			
0	1	0.0	0%
1 a 5	2	127.4	99%
6 a 25	3	1.5	1%
26 a 50	4	0.2	0%
51 a 100	5	0.0	0%
101 a 200	6	0.0	0%
201 a 300	7	0.0	0%
301 a 400	8	0.0	0%
401 a 500	9	0.0	0%
501 a 900	10	0.0	0%
900+	11	0.0	0%
Fluxo de pedestres na hora de pico ao longo da rodovia – direita			
0	1	0.0	0%
1 a 5	2	127.5	99%
6 a 25	3	1.5	1%
26 a 50	4	0.1	0%
51 a 100	5	0.0	0%
101 a 200	6	0.0	0%
201 a 300	7	0.0	0%
301 a 400	8	0.0	0%
401 a 500	9	0.0	0%
501 a 900	10	0.0	0%
900+	11	0.0	0%
Fluxo de pedestres em hora de pico ao longo da rodovia – esquerdo			
0	1	0.6	0%

1 a 5	2	126.9	98%
6 a 25	3	1.5	1%
26 a 50	4	0.1	0%
51 a 100	5	0.0	0%
101 a 200	6	0.0	0%
201 a 300	7	0.0	0%
301 a 400	8	0.0	0%
401 a 500	9	0.0	0%
501 a 900	10	0.0	0%
900+	11	0.0	0%
Fluxo de bicicletas em horário de pico			
0	1	0.0	0%
1 a 5	2	128.8	100%
6 a 25	3	0.3	0%
26 a 50	4	0.0	0%
51 a 100	5	0.0	0%
101 a 200	6	0.0	0%
201 a 300	7	0.0	0%
301 a 400	8	0.0	0%
401 a 500	9	0.0	0%
501 a 900	10	0.0	0%
900+	11	0.0	0%
Velocidade real praticada (percentil 85)			
>=150km/h	25	0.0	0%
145km/h	24	0.0	0%
140km/h	23	0.0	0%
135km/h	22	0.0	0%
130km/h	21	0.0	0%
125km/h	20	0.0	0%
120km/h	19	0.0	0%
115km/h	18	0.0	0%
110km/h	17	0.0	0%
105km/h	16	0.0	0%
100km/h	15	0.0	0%
95km/h	14	0.0	0%
90km/h	13	0.0	0%
85km/h	12	110.2	85%
80km/h	11	0.0	0%

75km/h	10	0.0	0%
70km/h	9	0.0	0%
65km/h	8	14.7	11%
60km/h	7	0.0	0%
55km/h	6	0.6	0%
50km/h	5	0.0	0%
45km/h	4	2.4	2%
40km/h	3	0.0	0%
35km/h	2	1.2	1%
<30km/h	1	0.0	0%
Velocidade real praticada (média)			
>=150km/h	25	0.0	0%
145km/h	24	0.0	0%
140km/h	23	0.0	0%
135km/h	22	0.0	0%
130km/h	21	0.0	0%
125km/h	20	0.0	0%
120km/h	19	0.0	0%
115km/h	18	0.0	0%
110km/h	17	0.0	0%
105km/h	16	0.0	0%
100km/h	15	0.0	0%
95km/h	14	0.0	0%
90km/h	13	0.0	0%
85km/h	12	0.0	0%
80km/h	11	110.2	85%
75km/h	10	0.0	0%
70km/h	9	0.0	0%
65km/h	8	0.0	0%
60km/h	7	14.7	11%
55km/h	6	0.0	0%
50km/h	5	0.6	0%
45km/h	4	0.0	0%
40km/h	3	2.4	2%
35km/h	2	0.0	0%
<30km/h	1	1.2	1%

(Fonte: o autor, com base em dados da plataforma ViDA)

Anexo B – Resumo de localização das contramedidas.

Km	Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	Iluminação pública (meio de ‘ quarteirão)	Melhorar delineamento da curva	Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	Sinalizações horizontal e vertical (interseção)	Sonorizadores ao longo do acostamento
72.3					X	X		
72.4					X			
74						X		
74.5					X			
74.6						X		
75.9						X		
76						X		
76.1						X		
76.8					X			
76.9					X	X		
77.4					X			
77.5					X			
77.6						X		
77.7						X		
77.8						X		
78.6					X	X		
78.7					X			
79					X	X		
79.1					X	X		
79.2					X	X		
79.3					X	X		

79.4		X	X	
79.5			X	
79.6			X	
79.7			X	
79.8		X	X	
79.9		X	X	
80	X			
80.1		X	X	
80.2			X	
80.6			X	
80.9			X	
81.1			X	
81.2			X	
81.3			X	
81.4		X	X	
81.5		X	X	
81.6		X	X	
81.7		X		
81.8		X		
81.9		X	X	
82		X	X	
82.1		X	X	
82.2		X	X	
82.3		X	X	
82.4		X	X	
82.5		X	X	
82.6		X	X	
82.7		X	X	
82.8		X	X	
82.9		X	X	
83		X	X	
83.1		X	X	
83.2		X	X	
83.3		X	X	
83.5			X	
83.6		X	X	
83.7		X	X	
83.8		X	X	
83.9			X	
84.1		X	X	
84.2		X		
84.3		X	X	X
84.4		X		X

84.5	X		X
84.6	X		X
84.7	X		X
84.8		X	
84.9		X	
85	X	X	
85.2	X	X	
85.3	X	X	
85.4	X	X	
85.6	X	X	
85.7	X	X	
86	X		
86.3		X	
86.4		X	
86.5	X	X	
86.6	X	X	
86.7	X	X	
86.8	X	X	
86.9	X	X	
87	X	X	
87.1	X	X	
87.2	X	X	
87.8		X	
87.9		X	
88		X	
88.1		X	
88.2		X	
88.3		X	
88.4		X	
88.5		X	
88.6		X	
88.7		X	
88.8		X	
89.1	X	X	
89.2	X	X	
89.3		X	
89.4	X	X	
89.5	X		X
89.9	X	X	
90.3	X		
90.4	X		
90.5	X		
90.6	X		

90.7		X	X	
90.8		X	X	
90.9		X		
91.1				X
91.2				X
91.3				X
91.6		X		
91.9		X		
92	X	X		X
92.1				X
92.2	X			X
92.3			X	
92.4			X	
92.5		X	X	
92.6		X	X	X
92.7		X	X	
93		X	X	
93.1		X	X	
93.2		X	X	
93.3		X	X	
93.4		X		
93.5		X		
93.6		X		
93.7	X			X
93.8		X	X	X
93.9	X	X		X
94		X		
94.1	X			
94.2	X			
94.9		X		
95		X		
95.4			X	
95.5			X	
95.6			X	X
95.7			X	X
95.8				X
95.9	X			X
96		X	X	
96.1		X	X	
96.2		X	X	
96.4	X			X
96.5	X	X		X
96.6	X	X		X

96.7	X		X		X
96.8			X		
96.9			X		
97			X		
97.1		X	X		
97.2			X	X	
97.3	X	X	X		
97.4			X	X	
97.5			X		
97.9				X	
98				X	
98.1				X	
98.2				X	
98.3				X	
98.4				X	
98.5			X	X	
98.6				X	
98.8				X	
100			X	X	
100.1			X		
100.2			X		
100.3			X	X	
100.4			X	X	
100.5			X		
100.6			X		
100.7			X		
100.8			X		
100.9			X		
101			X		
101.3			X		
101.4			X		
101.5			X		
101.6			X	X	
101.7			X	X	
101.8			X	X	
101.9			X	X	
102			X	X	
102.1			X	X	
102.2			X	X	
102.3				X	
102.4				X	
102.5			X	X	
102.6			X	X	

102.7	X	X
102.8	X	
102.9	X	
103	X	X
103.1	X	X
103.3	X	X
103.4	X	X
103.5	X	X
103.6	X	X
103.7	X	X
103.8	X	X
103.9	X	X
104		X
104.3	X	
104.4	X	
104.5	X	
104.6		X
104.7		X
104.8	X	X
105.1	X	X
105.2	X	X
105.3	X	X
105.4	X	
105.5	X	
105.6	X	X
105.7	X	X
105.8	X	X
105.9	X	
106	X	X
106.1	X	X
106.2	X	X
106.3	X	X
106.4	X	X
106.5	X	
106.6	X	
106.7	X	
106.8	X	
106.9	X	
107	X	X
107.1	X	X
107.2	X	X
107.3	X	X
107.4	X	X

107.5		X	X	
107.6		X	X	
107.7		X	X	
107.8			X	
108		X		
108.1			X	
108.2			X	
108.5			X	
108.6			X	
108.8		X	X	
108.9		X		
109.6			X	
109.7			X	
109.8			X	
109.9			X	
110			X	
110.1			X	
110.2		X		
110.3		X	X	
110.5		X	X	
112.2			X	
112.3		X		
112.4		X		
112.5		X		
112.6		X		
112.8			X	
112.9			X	
113			X	
113.1			X	
113.2		X		
113.3		X	X	
113.4		X	X	
113.5		X	X	
113.6		X	X	
113.7		X	X	
113.8		X	X	
113.9		X		
114		X		
114.1		X	X	
114.3	X			X
114.4	X			X
114.5				X
114.6	X			X

114.7			X		
114.8			X		
114.9			X		
115	X				
115.1			X	X	
115.2			X	X	
115.3			X		
115.5	X	X			
115.6	X	X			
115.7				X	
116		X			X
116.1		X			X
116.2	X	X	X		X
116.5				X	
116.6				X	
116.9				X	
117.2				X	
117.3				X	
117.4				X	
117.5	X				X
117.6	X				X
117.7	X				X
117.8	X				X
118.1		X			
118.6			X	X	
118.7			X	X	
118.8			X	X	
118.9			X		
119.2				X	
119.3				X	
119.4				X	
119.5				X	
121.1			X		
121.3				X	
121.4				X	
121.5	X				X
121.6	X				X
121.7	X				X
121.8			X	X	
121.9			X	X	
123.9				X	
126.9				X	
127.1				X	

127.2			X	
127.3			X	
127.4			X	
127.5			X	
128			X	
128.1			X	
128.2			X	
131.2		X		
131.3		X	X	
131.4		X	X	
131.5		X	X	
131.6			X	
131.7			X	
131.8			X	
131.9			X	
132			X	
132.5		X	X	
132.9			X	
133			X	
133.1			X	
133.4			X	
133.5			X	
134.3		X	X	
134.4			X	
134.8			X	
135.7			X	
135.8			X	
136.2	X			X
137		X	X	
137.1		X	X	
137.2			X	
137.5			X	
137.7		X		
138.2		X	X	
138.3		X		
138.4		X		
138.5		X		
138.6		X		
138.7		X		
138.8			X	
139.5			X	
139.6			X	
139.7		X	X	

139.8			X	
139.9			X	
140			X	X
140.1			X	X
141			X	X
141.1			X	X
141.6				X
141.7		X		X
141.8			X	X
141.9			X	X
142.1	X	X		X
142.2	X	X		X
142.3	X			X
142.7			X	
142.8			X	X
142.9			X	X
143.4				X
143.5				X
143.6				X
143.7				X
144			X	
144.1			X	
144.2			X	
144.3			X	
144.4			X	
144.6		X		
144.7				X
145			X	
145.1			X	
145.2			X	
145.3			X	X
145.4			X	X
145.8			X	
145.9			X	
146.3			X	
146.7			X	X
146.8			X	X
146.9			X	
147			X	
147.1			X	
147.3			X	
147.4			X	
147.7			X	

147.8		X		
148.1		X		
148.2		X		
148.4		X		
148.8		X		
148.9		X		
149.5		X		
149.6		X		
149.7		X		
149.8		X		
149.9		X		
150.7		X		
150.8		X		
150.9		X		
151		X		
151.4			X	
151.5			X	
152		X		
152.1		X		
152.9			X	
153			X	
153.4	X			
153.5	X			
153.6	X			
153.7	X			
154.1	X			X
154.2	X	X		X
154.3	X	X		X
155.5		X	X	
155.6		X	X	
156.5		X	X	
156.6		X		
156.7		X		
158.6			X	
158.7			X	
158.8			X	
158.9		X	X	
159			X	
159.1			X	
160.3	X			
160.4			X	
160.5			X	
160.6			X	

160.7			X	
160.8			X	
161.5			X	
161.9			X	
162.2		X		
162.3		X		
162.8	X			X
162.9	X			X
163	X			X
163.1	X			X
163.2	X		X	X
163.3	X			
163.4	X			
163.5	X			
163.6			X	
163.7			X	
163.8			X	
164.2			X	X
164.3			X	
164.7			X	
164.8			X	
164.9				X
165				X
165.1				X
165.3			X	
165.4			X	
165.5			X	
165.6			X	
165.7			X	
165.9			X	
166			X	
166.1			X	
166.3			X	
166.4			X	
166.9	X			X
167	X			X
167.1	X			X
168.7			X	
170	X			X
170.1	X		X	X
170.2	X			X
171.3	X		X	X
171.4	X		X	X

171.5	X				X	X
174				X	X	
174.9					X	
176.3					X	
176.4				X	X	
176.5		X				X
176.6		X				X
176.7		X				X
176.8				X	X	X
177.3				X	X	
177.5					X	
177.6				X	X	
177.7				X	X	
178.1				X	X	
178.3				X		
178.4	X			X		X
178.5	X			X		X
178.6	X			X		X
178.7	X					X
178.8	X					
179.4					X	
179.5	X	X	X	X		X
179.6	X	X	X	X		X
179.7	X	X	X	X		X
179.8	X		X	X	X	X
180.2		X				
180.3		X				
180.4					X	
180.7	X			X		X
180.8	X					X
180.9	X					X
181	X			X		X
181.4					X	
181.5				X	X	
181.6		X		X		
181.7					X	
181.8	X				X	X
181.9	X				X	X
182	X				X	X
182.9				X		
183.4				X	X	
183.7	X	X	X			X
183.8	X	X	X			X

183.9	X		X			X
184	X	X	X			X
184.1	X		X	X		X
184.2				X		
184.3				X		
184.4				X		
184.5				X		
184.7				X	X	
184.8				X		
184.9				X	X	
185				X	X	
185.4				X	X	
185.5				X	X	
185.7		X	X	X		
185.8		X	X	X		
186				X		
186.1				X		
186.4					X	
186.5		X	X			
186.6				X	X	
186.8					X	
186.9	X	X				X
187	X					X
187.1	X					X
187.2	X					X
187.3	X					X
187.6		X		X		
187.7				X	X	
187.8					X	
187.9					X	
188.4				X		
188.5				X		
189.3				X	X	
189.4					X	
189.5				X	X	
189.6				X		
190.3						X
190.4						X
190.5						X
190.6		X		X		X
190.7		X				X
190.8		X				X
190.9		X				X

191		X		X
191.2	X	X		X
191.3				X
191.4				X
191.5				X
191.7			X	X
191.8				X
191.9				X
192.1			X	X
192.2	X			X
192.3	X			X
192.4				X
192.5				X
192.9				X
193				X
193.1				X
193.2				X
193.3				X
193.4	X			X
193.5	X			X
193.9		X	X	
194		X		X
194.1	X	X		X
194.2				X
194.3				X
194.4	X			X
194.5	X			X
194.6		X		X
194.7		X		
194.8				X
194.9	X			X
195				X
195.1				X
195.2				X
195.3				X
195.8				X
195.9	X			X
196	X			X
196.1	X	X		X
196.2				X
196.4		X		
196.5		X		
196.6		X		

196.7		X		
196.8			X	
196.9			X	
197.2				X
197.3				X
197.4				X
197.5				X
197.6				X
197.9				X
198				X
198.1				X
198.2	X			X
198.3	X			X
198.4	X		X	X
198.5	X	X	X	X
199.6		X		
199.7		X		
199.8		X	X	

(Fonte: o autor, com base em dados da plataforma ViDA)