

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AUDITORIA DE SEGURANÇA  
VIÁRIA COM FOCO NA ETAPA DE INSPEÇÃO**

**CHRISTOPHE DE MORAIS PORTO**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM TRANSPORTES

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA/DF: JUNHO – 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AUDITORIA DE  
SEGURANÇA VIÁRIA COM FOCO NA ETAPA DE INSPEÇÃO**

**CHRISTOPHE DE MORAIS PORTO**

ORIENTADORA: MICHELLE ANDRADE

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM TRANSPORTES

BRASÍLIA / DF: JUNHO-2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AUDITORIA DE  
SEGURANÇA VIÁRIA COM FOCO NA ETAPA DE INSPEÇÃO**

**CHRISTOPHE DE MORAIS PORTO**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Michelle Andrade, *Dra.* (ENC-UnB)**  
(Orientador)

---

**Prof. Pastor Willy Gonzales Taco, *Dr* (ENC- UnB)**  
(Examinador interno)

---

**Prof. Fabio Zanchetta, *Dr* (ENC - UnB)**  
(Examinador interno)

## FICHA CATALOGRÁFICA

PORTO, CHRISTOPHE DE MORAIS

**Análise Comparativa de Métodos de Auditoria de Segurança Viária Com Foco na Etapa de Inspeção** [Distrito Federal] 2018.

xi, 69 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).  
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. Segurança Viária     | 2. Auditoria             |
| 3. Projetos Rodoviários | 4. Acidentes de Trânsito |

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Bacharel)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PORTO, C.M. (2018). Análise comparativa de Métodos de Auditoria de Segurança Viária com foco na etapa de inspeção. Monografia de Projeto Final em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 69 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Christophe de Moraes Porto.

TÍTULO: Análise Comparativa de Métodos de Auditoria de Segurança Viária Com Foco na Etapa de Inspeção

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil      ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Christophe de Moraes Porto  
e-mail: [christopheporto0@gmail.com](mailto:christopheporto0@gmail.com)  
Telefone: (61) 99999-2142  
Brasília/DF

## DEDICATÓRIA

*Este trabalho é dedicado aos meus pais, Cleoman e Guiomar, e ao meu irmão Ádamo.  
Por me apoiarem, darem o máximo de si e por todos os sacrifícios que foram feitos para que  
consegúíssemos chegar mais longe.  
Obrigado por me ensinarem que desistir não é uma opção.  
Eis aqui mais uma de nossas vitórias!*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todos os ensinamentos e conselhos ao longo da vida, pelo ambiente feliz e de união que temos em casa e por todo o esforço depositado na minha educação sempre tentando me proporcionar o que havia de melhor.

Ao meu irmão, por ser meu parceiro para todas as horas e trazer alegria com seu “bom dia” de manhã e seu abraço quando chego em casa de noite.

À minha namorada Juliana, por ter passado comigo alguns dos melhores momentos da minha vida, e também por sempre ter ficado ao meu lado nas horas difíceis mesmo quando havia metade de um mundo nos distanciando. Você foi essencial para a conclusão dessa etapa.

Às minhas avós, Antônia e Mercedes, por todo o carinho que sempre me foi dado, com as suas histórias de dedicação e perseverança que sem dúvidas foi a base para muito do que sou hoje.

Aos meus tios e primos, por toda a atenção e por me acompanharem ao longo dessa fase.

A todos os meus amigos que participaram direta ou indiretamente nessa conquista. Em especial, ao Murilo, Gordinho e Marginal que sempre estiveram presentes; aos “amigos do Léo”, melhor grupo de amigos possível; aos amigos da engenharia civil, por toda parceria nos altos e baixos dessa graduação; e, principalmente, aos amigos/família que a Austrália me deu: Juliano, Douglas, Marília, Letícia, Bruno e Carlitos por todos os momentos intensos que vivenciamos juntos.

A todos os professores que tive por contribuírem em meu engrandecimento intelectual e pessoal.

Às pessoas que vêm e vão em nossas vidas, mas que em algum momento se fizeram imprescindíveis para o nosso crescimento pessoal.

## RESUMO

Esse trabalho tem como tema principal a segurança viária no Brasil. Os estudos realizados tiveram como foco ferramentas de auditoria que permitem a mensuração da potencialidade de riscos em rodovias. Essa temática torna-se relevante dada a dimensão que os acidentes de trânsito tomaram no país, responsáveis por mais de 40 mil mortes anualmente - das quais 20% ocorrem em rodovias federais – e deixando outros 26 mil gravemente feridos segundo relatórios de 2015 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Os mesmos relatórios ainda estimam que os acidentes ocorridos nas rodovias federais custaram aos cofres públicos e à população cerca de 12 bilhões de reais no ano de 2014. Esse cenário faz com que os acidentes em rodovias federais representem uma das principais causas de morte no país e por esse motivo a sua abordagem com enfoque na busca de soluções passa a ter um apelo social e econômico. Para tanto, se faz necessária a tomadas de medidas preventivas. Uma das primeiras medidas cabíveis é a identificação dos trechos das rodovias cujas características físicas compactuam com a origem de acidentes e que necessitam de intervenções. Esse trabalho teve como objetivo a comparação de dois métodos de inspeção e de identificação de riscos: o método de “Classificação por Estrelas” desenvolvido pelo Programa Internacional de Avaliação de Rodovias (ISP) e o método do Índice de Segurança Potencial desenvolvido por Nodari (2003). Tal comparação foi realizada por meio de um estudo de caso aplicado a um segmento de 203 quilômetros de extensão da BR-364/MT, e os resultados apontaram que o método de Classificação por Estrelas apresentou em sua avaliação segmentos com diferentes níveis de segurança, destacando-se alguns segmentos com alto índice de criticidade, enquanto que os resultados do método ISP, de modo geral, apontaram os mesmos segmentos com razoável potencial de segurança. Ao motivo desse contraste atribuiu-se as diferentes etapas metodológicas de cada método que se encontram melhor detalhadas no trabalho.

**Palavras-chave:** Segurança Viária. Auditoria de Segurança Viária. Identificação de Riscos. Acidentes de Trânsito.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. OBJETIVO .....	2
1.2. ESCOPO DO PROJETO .....	2
1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. RISCO X ACIDENTE.....	5
2.1.1. Definição de Acidentes .....	5
2.1.2. Definição de Risco .....	5
2.1.3. Fatores de risco associados a acidentes .....	6
2.2. GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM RODOVIAS.....	7
2.2.1. Iniciativas Reativas .....	7
2.2.2. Ações reativas com foco no fator via/meio ambiente.....	7
2.2.3. Iniciativas Proativas .....	8
2.3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA (ASV).....	9
2.3.1. Definições da Auditoria de Segurança Viária.....	9
2.3.2. Motivos para realização de uma ASV .....	10
2.3.3. Quando realizar uma auditoria de segurança viária .....	11
2.3.4. Custos e benefícios de implementação de ASV .....	11
2.3.5. O processo de auditoria.....	12
2.4. MÉTODOS DE INSPEÇÃO A SEREM COMPARADOS .....	15
2.4.1. Classificação por Estrelas (iRAP).....	16
2.4.2. Índice de Segurança Potencial (ISP).....	25
3. METODOLOGIA DO TRABALHO .....	31
3.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
3.2. CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS .....	33
3.2.1. Plataforma <i>Online</i> .....	33
3.2.2. Capacitação <i>Online</i> .....	34
3.2.3. Capacitação Presencial.....	35
3.2.4. Classificação 5 estrelas .....	35



3.3. ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL (ISP) .....	38
3.3.1. Seleção dos trechos .....	38
3.3.2. Inspeção dos trechos selecionados .....	38
3.3.3. Obtenção das notas dos trechos .....	39
3.3.4. Elaboração dos mapas de localização .....	39
3.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS.....	40
3.4.1. Comparação dos processos metodológicos.....	40
3.4.2. Comparação dos resultados obtidos.....	40
4. RESULTADOS .....	41
4.1. DETALHAMENTO DO TRECHO ESTUDADO.....	41
4.2. RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS .....	42
4.2.1. Mapa de Classificação por Estrelas BR-364/MT.....	42
4.2.2. Adaptação do resultado Classificação por Estrelas .....	45
4.3. RESULTADOS ISP .....	47
4.3.1. Valores Obtidos .....	47
4.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS E ISP PARA O TRECHO DA BR-364 .....	55
4.4.1. Comparação dos Processos Metodológicos .....	55
4.4.2. Comparação dos Resultados Obtidos.....	58
5. Conclusões .....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
APÊNDICE A – DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS POR SEGMENTO DO SNV .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Fatores de causas de acidentes (elaboração própria). .....	7
Figura 2.2 Processo de Auditoria adaptado de AUSTROADS (2009) e Schopf (2003) .....	13
Figura 2.3 Processo de levantamento iRAP adaptado de iRAP (2016) .....	17
Figura 2.4 - Exemplos de codificação (iRAP, 2009) .....	21
Figura 2.5- Esquema da equação para obtenção do RPS de ocupantes de carro. Adaptado de iRAP (2009) .....	24
Figura 2.6 - Exemplo de Classificação por Estrelas aplicado na Indonésia (iRAP, 2016) .....	25
Figura 2.7 Etapas do método ISP adaptado de NODARI (2003).....	26
Figura 3.1 Trecho estudado.....	32
Figura 3.2 Página inicial para uso das ferramentas iRAP .....	34
Figura 3.3 - Interface de curso online do RAP Capacity .....	35
Figura 3.4 - Procedimentos para obtenção de mapa de Classificação por Estrela .....	36
Figura 4.1 - Mapa de Classificação por Estrelas obtidos pela plataforma ViDA. Fonte: iRAP .....	43
Figura 4.2 - Mapa de Classificação por Estrelas adaptado para extensões de 1km .....	46
Figura 4.3 - ISP da macro categoria "curva" .....	47
Figura 4.4 - ISP da macro categoria "interseções" .....	48
Figura 4.5 - ISP da macro categoria "sinalizações vertical e horizontal" .....	49
Figura 4.6 - ISP da macro categoria "elementos longitudinais" .....	49
Figura 4.7 - ISP da macro categoria "seção transversal" .....	50
Figura 4.8 - ISP da macro categoria "usuários vulneráveis" .....	51
Figura 4.9 - ISP da macro categoria "laterais da via" .....	52
Figura 4.10 - ISP da macro categoria "elementos gerais" .....	53
Figura 4.11 - Curva de ISP Global para todos os segmentos de 1km analisados .....	53
Figura 4.12 - Mapa dos resultados obtido pelo método ISP (elaboração própria).....	54
Figura 4.13 - Mapa comparativo entre os resultados de ambos os métodos.....	58
Figura 4.14 - Mapa de calor da distribuição de acidentes na rodovia .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tabela de atributos avaliados e respectiva quantidade de categorias .....	19
Tabela 2.2 - Principais tipos de colisão para cada usuário da rodovia. ....	22
Tabela 2.3 - Risco relativo às diferentes categorias de delineamento.....	23
Tabela 2.4 - Riscos relativos às diferentes categorias de severidade lateral .....	23
Tabela 2.5 - Cores características para cada classificação por estrela .....	24
Tabela 2.6 - Macro categorias, características rodoviárias e respectivos pesos relativos. Adaptado de Nodari (2003).....	26
Tabela 2.7 - 4 níveis de notas associadas às condições das características físicas. ....	28
Tabela 2.8 - Escala semântica e de cores do ISP. ....	30
Tabela 3.1 - Correspondência de classificação entre métodos.....	40
Tabela 4.1- Trechos analisado na BR-364MT .....	41
Tabela 4.2 - Resumo da via em função do número de pistas .....	42
Tabela 4.3 - Tabela resumo da Classificação por Estrela por extensão e trechos do SNV .....	44
Tabela 4.4 - Tabela resumo da extensão total e respectivas porcentagens das faixas de classificação .....	45
Tabela 4.5 - Respectivas extensões e diferença porcentual das faixas antes e depois da adaptação.....	46
Tabela 4.6 - Tabela resumo do método ISP e respectivas extensões e porcentagens .....	54
Tabela 4.7 - Parâmetros e valor final do ISP Global de toda a rodovia analisada .....	55
Tabela 4.8 - Lista de atributos da Classificação por Estrela da avaliação do usuário motorista .....	57
Tabela 4.9 - Comparação entres os valores obtidos para ambos os métodos em função de suas faixas de valores.....	58

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ASV	Auditoria de Segurança Viária
AUSTROADS	Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities
CGMRR	Coordenadoria Geral de Manutenção e Restauração Rodoviária
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EUROSTAT	Comissão Econômica para a Europa
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
iRAP	International Road Assessment Program
ISP	Índice de Segurança Potencial
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAR	Programa de Avaliação de Rodovia
PRF	Polícia Rodoviária Federal
PVT	Projeto Vida no Trânsito
RAP	Road Assessment Program
RTMC	Road Traffic Management Corporation
UnB	Universidade de Brasília
VMD	Volume Médio Diário

# 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os acidentes de trânsito são foco de preocupação frequente de governantes e organizações da sociedade civil. Em 2013, 42.291 pessoas morreram em acidentes nas rodovias de todo o país, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (2015). No ano de 2014, houve 167.247 acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, que custaram para a sociedade R\$ 12,8 bilhões, de acordo com relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) de 2015.

Como apresentado pelo IPEA (2015) as causas desses acidentes são diversas e variáveis, mas que costumam estar relacionadas a pelo menos um dos três (3) fatores básicos de causas de acidentes que precisam ser adequadamente tratados: fator humano, fator veicular e fator via/meio ambiente (NODARI, 2003).

No que diz respeito aos fatores humanos e veiculares, várias medidas têm sido tomadas com o intuito de prevenir a ocorrência de acidentes (SOUZA, 2012), como: campanhas de educação para o trânsito, intensificação da fiscalização, aplicação de penalidades e a obrigatoriedade de cintos de segurança nos veículos (SCHOPF, 2006)

No tocante ao fator “via/meio ambiente”, as entidades responsáveis têm proposto iniciativas para identificar os pontos com maior incidência de acidentes, mapear os envolvidos e os locais de maior risco. Contudo, como observado nos manuais do DNIT (2009) e dado o cenário de urgência apresentado pelas estatísticas (WHO, 2011), há uma tendência na gestão de segurança viária nacional em priorizar os tratamentos reativos como por exemplo, o tratamento de pontos críticos (ou *black spots*), que são identificados após a ocorrência de um número significativo de acidentes e que, a esse ponto, já culminaram em desperdícios e perdas à comunidade de maneira geral (AUSTROADS, 2009).

Nesse contexto, uma abordagem que leve também em consideração medidas proativas – tomadas antes que ocorra um nível elevado de acidentes - de identificação e prevenção de riscos tem sido agregada aos modelos de gestão de segurança viária nos países desenvolvidos nas últimas décadas (SCHOPF, 2006). Mais ainda, sua expansão aos países em desenvolvimento tem sido uma tendência com o esforço de diversas instituições internacionais (iRAP, 2009).

Em meio a essas mudanças de abordagens que surge o conceito de Auditoria de Segurança Viária (ASV), que tem um caráter formal e investigativo de identificação de potencialidades de

riscos em um trecho rodoviário (NODARI, 2003) e para tanto, pode-se fazer uso de listas de verificação (*checklist*) para auxiliar na elaboração de laudos da infraestrutura existente em rodovias, das características que possam se configurar como geradoras de risco e orientar a tomada de intervenções preventivas (SCHOPF, 2006).

Para melhorar essa infraestrutura, podem ser aplicados métodos de análise de rodovias, com o diagnóstico de diferentes pontos que interferem na segurança viária, como obstáculos nas proximidades da pista, condição do pavimento, número de faixas, tipo de uso da região lindeira, acessos, cruzamentos, acostamentos, entre outros (LIMA *et. al*, 2008). Para essa análise, são utilizados diversos tipos de programas ou metodologias. O presente trabalho será desenvolvido sobre duas metodologias: a metodologia do Programa Internacional de Avaliação de Rodovias (iRAP) e a metodologia do Índice de Segurança Potencial (ISP) proposto por Nodari (2003).

O objetivo deste trabalho é aplicar os dois métodos de avaliação em um mesmo espaço de análise – trecho da BR364 situado no Mato Grosso – e compará-los. Assim, é possível identificar similaridades, discrepâncias e possíveis complementações entre eles. De janeiro a setembro de 2017, de acordo com dados abertos da Polícia Rodoviária Federal (2017), ocorreram 20.197 acidentes de trânsito no Mato Grosso. Desses, 6.200 foram na BR364, com 213 mortes durante os primeiros nove meses do ano de 2017.

Entende-se que este trabalho pode trazer retornos acadêmicos importantes à Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (UnB) por servir como contribuição para estudos mais aprofundados sobre o tema, trazer dados empíricos de análises proativas de atributos relacionados à infraestrutura rodoviária de um trecho da BR-364, do Mato Grosso, e incentivar uma reflexão acerca da importância de investimentos na área de segurança viária.

## **1.1. OBJETIVO**

O objetivo desse trabalho foi analisar, por meio de uma aplicação prática, dois diferentes métodos de inspeção de avaliação da segurança viária em rodovias identificando-se até que ponto diferentes metodologias de inspeção poderiam impactar na avaliação de um mesmo segmento de rodovia.

## **1.2. ESCOPO DO PROJETO**

Este projeto contemplará uma das etapas iniciais do processo de Auditoria de Segurança Viária: inspeção do local. Para tanto, se fará uso de dois métodos:

- Método internacional: Mapa de identificação “Classificação por Estelas”, presente na metodologia iRAP, a qual está amplamente empregada nos Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia, Europa e alguns países asiáticos.
- Método nacional: Método do Índice de Segurança Potencial (ISP) desenvolvido por Nodari em sua tese de doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2003.

Dada a aplicação de ambos os métodos, o escopo do projeto passará a ter um caráter qualitativo e comparativo de análise dos resultados, aos quais espera-se traçar um paralelo com o cenário de acidentes do local em questão, fazendo-se uso das informações de fatalidades e fluxo médio diário de veículos disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF) e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

### **1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho encontra-se estruturado conforme os capítulos descritos a seguir.

Este primeiro capítulo traz uma introdução na qual consta a contextualização geral sobre a segurança viária no Brasil. São também apresentados os objetivos gerais e específicos que regem as diretrizes tomadas nesse trabalho e a estrutura deste.

No segundo capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica relacionada aos aspectos da segurança viária que serão abordados nesse trabalho. Conceitos como acidente, origem de acidentes, cenários propícios e gerenciamento de rodovias são tratados com base no que é apresentado atualmente pela literatura nacional e internacional. É destinada uma seção para detalhar os conceitos fundamentais que abordam a ferramenta da Auditoria de Segurança Viária (ASV), assim como as indicações para sua realização, os custos, benefícios e seus processos de execução. Não obstante, esse capítulo tratará dos métodos que serão utilizados nesse trabalho apresentando suas origens e como funcionam.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia do trabalho, onde se apresenta a área de estudo e todos os procedimentos que foram realizados para a obtenção dos resultados finais. Destacam-se aqui os aspectos de ambos os métodos, além das ressalvas que foram tomadas a fim de se viabilizar a execução prática das análises.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos pela aplicação do método de Classificação por Estrelas, pelo método ISP e a comparação realizada entre eles.

No quinto capítulo é apresentada a conclusão do trabalho e quais as informações que foram possíveis se extrair como produto da análise comparativa de ambos os métodos.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo tem o intuito de explicar os principais conceitos relacionados a este estudo assim como uma representação do cenário que motiva suas abordagens. De maneira geral, serão abordadas as definições de acidentes, as causas e motivos mais comuns de acidentes, conceito de segurança viária, a evolução histórica da segurança viária, a auditoria de segurança viária e suas etapas, com foco principalmente na etapa de identificação e eliminação de pontos críticos.

### **2.1. RISCO X ACIDENTE**

#### **2.1.1. Definição de Acidentes**

A OMS (2012) define genericamente um acidente como sendo um evento independente do desejo do homem, causado por uma força externa, alheia, que atua subitamente e deixa ferimentos no corpo e na mente. Conceito esse que também é utilizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, vinculado ao Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (IPEA, 2015).

A Comissão Econômica para a Europa (2010) define “acidente” como um acontecimento súbito não desejado ou não previsto, ou sucessão específica de acontecimentos deste tipo, com consequências nocivas. O mesmo glossário define ainda acidente rodoviário, como sendo “um acidente que envolva pelo menos um veículo rodoviário, em circulação numa via pública ou numa via privada à qual o público tem direito de acesso, e do qual resulte pelo menos um ferido ou morto.”

Ferraz *et al.* (2012) definem acidente de trânsito como sendo um evento que envolve um ou mais veículos, motorizados ou não, que ao se movimentarem por uma via provoquem ferimentos em pessoas e/ou danos em veículos ou elementos externos como objetos próximos ao seu trajeto.

#### **2.1.2. Definição de Risco**

Castro (2002) define risco, no Glossário de Defesa Civil do Ministério de Integração Nacional, como:

1. Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis.
2. Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes destes.

3. Probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais.
4. Fatores estabelecidos, mediante estudos sistematizados, que envolvem uma probabilidade significativa de ocorrência de um acidente ou desastre.
5. Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos.

ABNT (2009) traz uma série de termos acerca da gestão de riscos, dentre eles a própria definição de risco, que varia a depender do contexto, mas que no que concerne ao escopo desse trabalho pode ser:

1. “Caracterizado pela referência aos eventos potenciais e às consequências, ou combinação deles”.
2. “Expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento e a probabilidade de ocorrência associada”.

### **2.1.3. Fatores de risco associados a acidentes**

As possibilidades de interações entre diferentes fatores de risco, que variam no espaço e no tempo, fazem com que o tema tome proporções complexas e que sua abordagem caminhe para estudos embasados em probabilidades e estatísticas (iRAP, 2009).

Dessa forma, a fim de se obter padrões de comportamentos e de causas dos diversos acidentes, a gênese de suas ocorrências pode se dar por três grandes fatores contribuintes: fatores humanos, fatores relativos ao veículo e fatores relativos à via/meio ambiente, como expresso na Figura 2.1. Esses fatores por sua vez, costumam estar relacionados de modo que a causa de um acidente pode se dar pela combinação de dois ou até mesmo três dos fatores (NODARI, 2003), (JOHNSTON, 2006), (FERRAZ, JR., BEZERRA, BASTOS, & RODRIGUES, 2012), (ALMEIDA, *et al.*, 2013), (AUSTROADS, 1994).

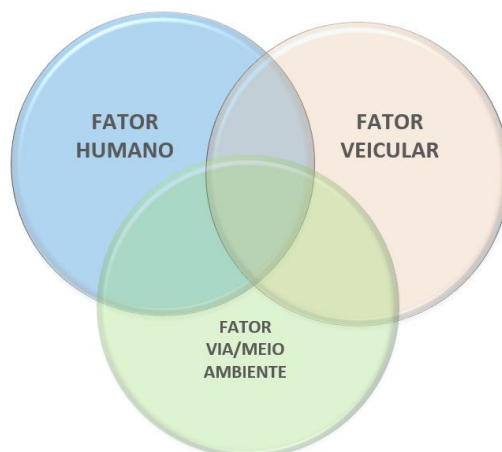


Figura 2.1 Fatores de causas de acidentes (elaboração própria).

## **2.2. GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM RODOVIAS**

Segundo Nodari (2003), o processo de gerenciamento da segurança viária em rodovias, no que diz respeito ao aspecto de segurança e à identificação de pontos críticos, pode ser separado em duas categorias distintas: ótica reativa, também chamada pela autora de corretiva; e a ótica proativa de análise.

### **2.2.1. Iniciativas Reativas**

As iniciativas reativas, como o próprio nome sugere, são reações motivadas pela ocorrência de uma ação prévia. No âmbito da segurança viária, a ocorrência alvo de análise são os acidentes. Nesse sentido, pode-se dizer que as análises reativas, por definição, são aquelas que ocorrem levando em consideração históricos de acidentes e, portanto, se dão após ocorrências em quantidade e frequência pertinentes para serem alvos de análise (NODARI, 2003).

### **2.2.2. Ações reativas com foco no fator via/meio ambiente**

As ações reativas fazem uma análise das condições da infraestrutura rodoviária por meio do reconhecimento das informações constantes nos registros de acidentes. Dessa forma, como exemplo de avaliações reativas que focam no fator via/meio ambiente de causas de acidentes, estão as análises presentes em um vasto número de livros, artigos e relatórios para a obtenção dos denominados *black spots* ou “pontos negros” (NODARI, 2003).

No Brasil, o histórico da aplicação de métodos reativos passam, dentre outros documentos, pelas seguintes referências apresentadas por (DNIT/UFSC, 2009):

- Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros - DENATRAN (1982);
- Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias - DNER (1986);
- Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo - DNER (1998);
- Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos - MENESES (2001);
- Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito – CEFTRU (2002);
- Metodologia para Identificação de Segmentos Críticos – DNIT (2009).

A análise reativa é atualmente a mais utilizada no cenário nacional como relatado no histórico de metodologias apresentado por DNIT (2009) e por MT (2002). Por se tratar de uma análise *a posteriori*, as iniciativas reativas demandam maior acurácia na coleta de dados de modo que o banco de dados de acidentes reportados deva refletir, ou ao menos se aproximar ao máximo, da real situação em campo (iRAP, 2014). Contudo, Ferraz *et. al.* (2012) apresentam algumas limitações na documentação de acidentes no sistema nacional, de modo que muitos dos acidentes não são registrados e tantos outros não contém informações confiáveis já que são feitos por meio de Boletim de Ocorrência prestados pelos próprios acidentados.

### **2.2.3. Iniciativas Proativas**

As iniciativas proativas são, por sua vez, voltadas para uma análise do potencial de ocorrência de acidentes, ou seja, se trata de uma análise prévia que leva em consideração a susceptibilidade de pelo menos um dos fatores causadores de acidentes se manifestar no trecho analisado (NODARI, 2003).

As utilizações de medidas proativas têm como benefícios, principalmente, a redução de gastos com acidentes e mortes uma vez que a tomada de decisão de forma precoce atua como uma prevenção e é, portanto, essencial para os sistemas de segurança viária (AUSTROADS, 2009).

Mais ainda, considerando uma das definições de risco apresentadas na seção anterior temos que o conceito de risco está intimamente ligado à definição de iniciativas proativas apresentadas por Nodari (2003) e se faz indiretamente presente também nos trabalhos de Schopf (2006), Souza

(2012) e Assunção (2015) que analisaram a questão do risco associados ao componente viário-ambiental com enfoque em abordagens proativas, e que ilustram de certa forma a crescente relevância do tema no país.

Nesse contexto, Nodari (2003) apresenta como exemplos de programas proativos as ferramentas de Análise de Conflitos e a Auditoria de Segurança Viária, essa última que se trata de um dos assuntos principais abordados neste trabalho e será melhor detalhada na seção 2.3.

## **2.3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA (ASV)**

Os alicerces teóricos da Auditoria de Segurança Viária são atribuídos a Malcolm Bulpitt, que por volta de 1980, começou a aplicar os conceitos de auditoria da segurança em ferrovias. Após algumas modificações e adaptações, Bulpitt passou a aplicar os conceitos de verificação independente no setor rodoviário e otimizar os projetos rodoviários desenvolvidos pelo Departamento de Transportes e Rodovias do Município de Kent. Mais tarde, em 1990, Bulpitt foi o autor do primeiro manual “Diretrizes para Auditoria de Segurança Viária”, publicado pelo Instituto de Rodovias e Transportes da Inglaterra (FERRAZ *et. al*, 2008) e (ASSUNÇÃO, 2015).

### **2.3.1. Definições da Auditoria de Segurança Viária**

O emprego da terminologia Auditoria de Segurança Viária (ASV) é feito, segundo Ferraz *et al*. (2012) para caracterizar uma análise formal, sob a ótica da segurança no trânsito, de uma via, elemento viário ou esquema de circulação que pode se encontrar em diferentes etapas, seja em projeto ou em estrutura existente e em funcionamento. Os autores ainda acrescentam que é necessário que o processo da auditoria seja desempenhado por uma equipe de examinadores qualificados e independentes.

Esse mesmo conceito é apresentado de maneira semelhante como sendo uma avaliação formal de uma via futura, de um projeto de tráfego ou de uma estrutura viária existente, na qual é necessário um time independente e qualificado para elencar os níveis potenciais de colisões e performances de segurança (AUSTROADS, 2009), e que, segundo Castrillón e Candia (2003), se trata da definição mais aceita e difundida pelos órgãos e especialistas da área.

Em seu trabalho, Assunção (2015) apresentou definições empregadas pelo *Road Traffic Management Corporation* (RTMC) da África do Sul, que o caracteriza como “um exame formal

de um projeto novo ou em melhoramentos, havendo a interação com os usuários da rodovia, em que uma equipe independente e qualificada identifica potenciais problemas de segurança viária e sugere medidas para atenuá-los”.

Observa-se então, que apesar das várias definições de Auditoria e Segurança Viária existentes, elas apresentam quase em sua totalidade a necessidade de que seja feita uma avaliação formal e que leve em consideração os aspectos de segurança em uma abordagem multidisciplinar e independente (HILDEBRAND e WILSON, 1999), (GOLD, 1998).

No que diz respeito ao fato de ser formal, Nodari (2003) ressalta o fato de se tratar de um processo metódico e com procedimentos pré-estabelecidos que resultam em um relatório escrito devidamente avaliado e respondido pelo responsável do projeto auditado. E, no referente ao caráter independente da equipe envolvida, a autora destaca a necessidade de condutas imparciais por parte dos auditores, a fim de se garantir resultados de análises mais condizentes e menos tendenciosos.

Sendo assim, como uma forma de sintetizar a definição, Castrillón e Candia (2003) trazem em seu “*Guía para Realizar una Auditoria de Seguridad Vial*”, um resumo dos aspectos mais relevantes da definição de ASV, que são:

- I. Um processo formal com base em consideração acerca da segurança viária;
- II. Realizada por uma equipe de profissionais independentes que não têm nenhuma relação anterior com o projeto;
- III. Realizada por uma equipe multidisciplinar com treinamento e experiência pertinentes;
- IV. Uma metodologia que analisa a segurança de todos os usuários da vida.

### **2.3.2. Motivos para realização de uma ASV**

A aplicação de uma metodologia de ASV traz benefícios que se estendem desde os impactos diretos mais óbvios até aspectos mais abrangentes que impactam nas políticas de segurança de maneira geral (AUSTROADS, 2009), como:

- I. Redução do número de acidentes;
- II. Redução da severidade dos acidentes;
- III. Redução de custos associados aos acidentes;
- IV. Redução da necessidade de trabalhos corretivos.

- V. Redução do custo total para a comunidade, durante a vida útil do projeto, incluindo acidentes, interrupções de trânsito e lesões (CASTRILLÓN E CANDIA, 2003).

Pode-se observar que boa parte dos benefícios aqui apresentados dizem respeito a uma etapa de análise ainda em fase de projeto. Isso se deve principalmente ao fato de o quanto antes forem identificados os problemas, menos oneroso tendem a ser suas intervenções. Isso fica ainda mais claro, quando há a necessidade de reconstrução que culmina em processos de retrabalho (AUSTROADS, 2000), (HILDEBRAND E WILSON, 1999) e (CASTRILLÓN E CANDIA, 2003).

Contudo, a implementação de uma ASV pode se dar em diferentes etapas do projeto, incluindo os momentos após a conclusão das obras, por mais que a relação dos benefícios seja reduzida se comparado às identificações prematuras de irregularidades. Inclusive, é recomendado que um processo de auditoria seja feito em segmentos viários já em operação, por motivos de controle de desempenho (AUSTROADS, 2009).

### **2.3.3. Quando realizar uma auditoria de segurança viária**

A Auditoria de Segurança Viária pode se desenvolver em qualquer etapa da fase de projeto de uma nova rodovia, seja na etapa de estudo de viabilidade, projeto preliminar, projeto definitivo antes da abertura ao tráfego e depois da abertura de tráfego (FERRAZ, *et al.* 2002) (AUSTROADS, 2009).

AUSTROADS (2009) também indica que o processo de auditoria pode ser realizado para uma rodovia existente e pode estar envolvido nas diversas fases do ciclo de vida do empreendimento, contudo, é melhor que seja realizada o quanto antes dado seu caráter preventivo.

### **2.3.4. Custos e benefícios de implementação de ASV**

#### **a. Custos**

Austroads (2009) indica que o custo de um processo de auditoria pode variar a depender do estágio e do porte do projeto a ser auditado, mas que tipicamente fica em torno de 4% dos custos de projeto (*design*) apesar desse valor poder aumentar em projetos com escopo menor.

Castrillón e Candia (2003) apresentam que, em termos gerais, os custos de uma ASV compreende: o custo referente a equipe de auditoria e o custo de tempo adicional empregado na supervisão das interferências propostas pelo auditor.

Mais ainda, para se conhecer o custo total da melhoria instituída pela Auditoria, é necessário agregar os custos de implantação das recomendações, e portanto, para projetos que ainda estão em etapa de *design*, os custos médios do processo de auditoria fica em torno de 1% e os projetos auditados na etapa de construção aumentam consideravelmente, ficando em torno dos 10% na etapa de construção (CASTRILLÓN E CANDIA, 2003).

#### **b. Benefícios**

Os benefícios do processo de auditoria são verificados devido ao seu caráter proativo de ação segundo AUSTROADS (2009) e alguns deles enfatizado por Nodari (2003), Castrillón e Candia (2003) e Hildebrand *et. al* (1999) , quando bem implementados, proporcionam:

- Redução do risco de acidentes;
- Minimização das severidades dos acidentes;
- Apaziguamento do montante de investimentos necessários para intervenções tardias;
- Redução dos custos à comunidade, uma vez que acidentes de tráfego geram propagações de ricos com impostos, saúde, manutenção e de qualidade de vida aos indivíduos envolvidos (WHO, 2011).

#### **2.3.5. O processo de auditoria**

Os processos de elaboração de uma auditoria de segurança viária seguem passos bem definidos na literatura, mas que a depender do escopo do projeto auditado certas etapas podem ser mais breves do que outras ou apresentar certas particularidades (AUSTROADS, 2009) (SCHOPF, 2006).

A Figura 2.2 a seguir ilustra de forma resumida como se dão as etapas para elaboração de uma auditoria com base em AUSTORADS (2009), Castrillón e Candia (2003) e as adaptações de Schopf (2006).



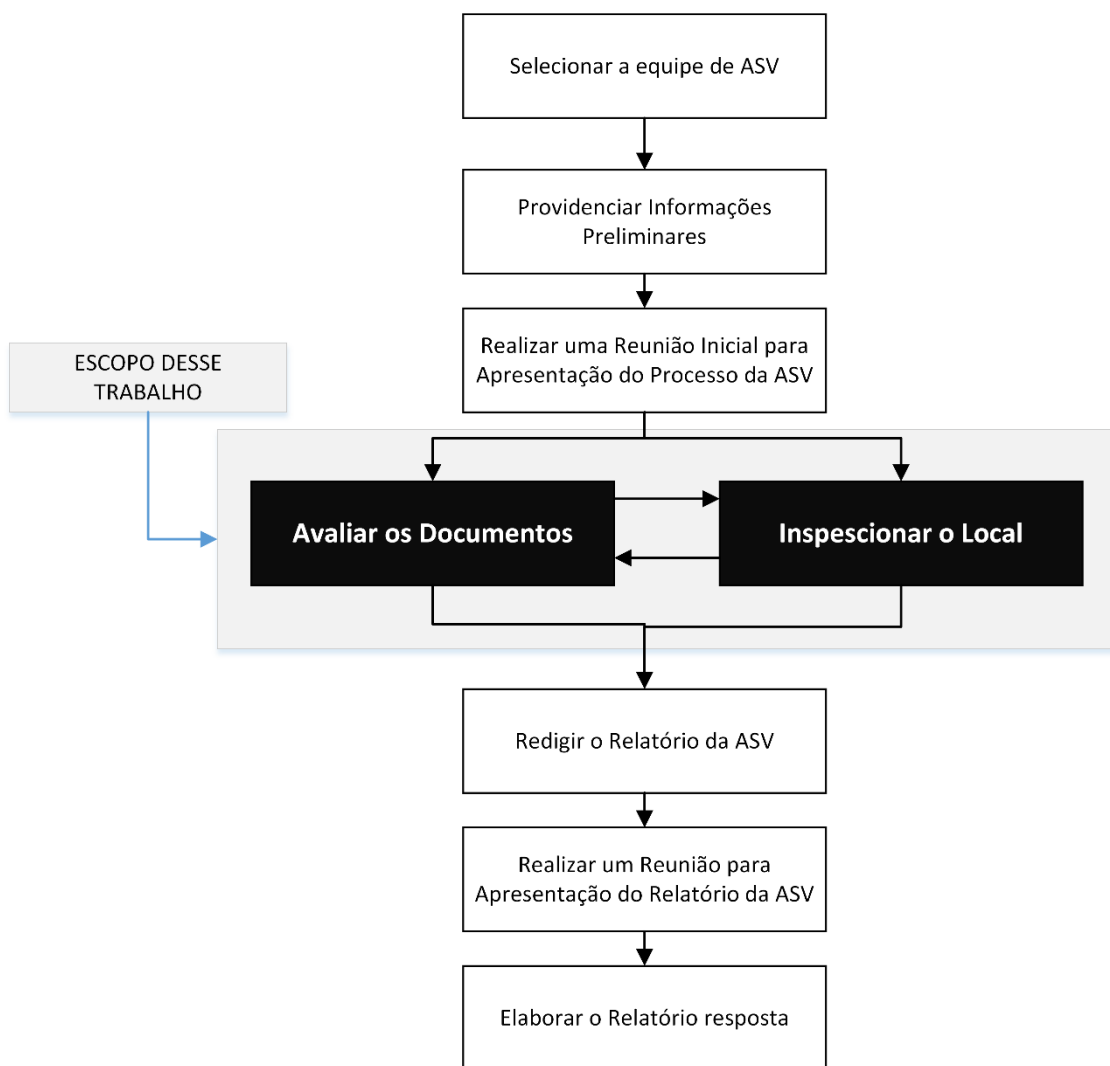


Figura 2.2 Processo de Auditoria adaptado de AUSTROADS (2009) e Schopf (2003)

Dentre as etapas do processo de realização de auditoria, apenas duas fazem parte do foco de análise desse trabalho: “Avaliar os documentos” e “Inspeccionar o local”. Os dois métodos que pretende-se utilizar, para a realização dessas etapas, encontram-se detalhados na seção 2.4. Por esse motivo, serão as únicas a serem aprofundadas na fase de revisão bibliográfica desse trabalho.

#### a. Avaliação dos documentos

Essa fase tem o objetivo de avaliar as informações do histórico da rodovia e levantar o estado de desempenho de segurança e potenciais acidentes da rodovia. Além disso, se dá em paralelo à fase de inspeção do local e nessa etapa ainda são revisados todos os documentos e informações pertinentes antes e depois das inspeções (AUSTROADS 2009).

Para o caso de auditorias realizadas em rodovias existentes e já em operação (caso apresentado nesse trabalho) os relatórios de acidentes são uma importante fonte de informação a serem avaliadas pois, apesar de seu caráter reativo, permitem tirar conclusões sobre o histórico de desempenho de segurança e o potencial de acidentes da rodovia (SCHOPF, 2006) e (JOBS, 2012).

Dentre os documentos que necessitam ser avaliados, Castrillón e Candia (2003) mencionam:

- Fluxo de usuários;
- Informação de acidentes;
- Informações de auditorias realizadas previamente, se disponíveis;
- Planos de construção.

#### **b. Inspeção do local**

Essa etapa tem o objetivo de analisar as características físicas do projeto no local, onde são avaliados a questão dos atributos de infraestrutura presentes nas rodovias como é o caso das sinalizações horizontais e verticais, iluminação e características geométricas (AUSTROADS, 2009) (SCHOPF, 2006). Se trata de um procedimento que precisa ser realizado para proporcionar à equipe conhecimento das condições existentes em campo.

Essa etapa trata-se, portanto, do foco principal desse trabalho. A forma como o comparativo de métodos será realizado encontra-se expresso na seção seguinte.

## **2.4. MÉTODOS DE INSPEÇÃO A SEREM COMPARADOS**

Por se tratar de um primeiro diagnóstico do trecho de rodovia que se pretende analisar, a inspeção local é importante para que haja uma análise correta e para a elaboração de um laudo fidedigno com a situação em campo. Por tanto, a inspeção do local pode se configurar como uma etapa determinante e necessita ser realizada corretamente.

Contudo, dada a variabilidade da definição de acidente e a pluralidade de combinação de causas que podem acarretar no seu surgimento, há atualmente diferentes métodos de inspeção que analisam os mais variados atributos ao longo das rodovias para indicar suas respectivas potencialidades de ocorrência de acidentes.

Com o intuito de se observar como a utilização de diferentes métodos proativos de inspeção podem influenciar os resultados obtidos de segurança, propôs-se como alvo de análise dessa monografia a comparação de dois métodos.

Para a escolha de tais métodos, objetivava-se que:

- Ambos fossem de caráter proativo, de modo que o resultado obtido dependesse primordialmente dos dados coletados no mesmo segmento analisado por ambos os métodos;
- Um deles fosse difundido internacionalmente e com um histórico considerável de aplicações;
- Um deles tivesse relação com o meio acadêmico nacional e fosse fruto de linhas de pesquisa desenvolvidas em universidades brasileiras.

Dadas essas restrições para uma análise da correlação entre linhas de pesquisa nacional e internacional, os métodos escolhidos foram:

- Método de Classificação por Estrelas aplicado pelo Programa Internacional de Avaliação de Rodovias (iRAP) e o;
- Método de Índice de Segurança Potencial, elaborado por Christine Tessele Nodari como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 2003.

### **2.4.1. Classificação por Estrelas (iRAP)**

O método de Classificação por Estrelas (*Rating Stars*) foi desenvolvido pelo iRAP (Programa Internacional de Avaliação de Rodovias), uma instituição sem fins lucrativos, dedicada a salvar vidas por meio de rodovias mais seguras (iRAP, 2014).

Classificação por Estrelas corresponde a etapa de inspeção local que é um dos protocolos desempenhados pelo Programa para auditar a segurança em rodovias, que já foi feita em mais de 80 países no mundo e que somam mais de 700 mil quilômetros de rodovias avaliadas segundo a Classificação por Estrelas (iRAP, 2018).

O programa envolve - por meio de esforços internacionais das mais diferentes entidades respeitadas no ramo - uma série de processos de coleta de dados, levantamentos de campo e análises globalmente consistentes (iRAP, 2016), (WAIBL, TATE, & BRODIE, 2012).

Na figura 2.3 estão indicados quais os processos simplificados para a obtenção dos protocolos de “Classificação por Estrelas” e de “Planos de Investimentos de Vias Mais Seguras” que se estendem desde a etapa de inspeção da rodovia, passando pela utilização da plataforma *online* disponibilizada pelo iRAP (VIDA – *Software Online*) até a sua implementação. Contudo, o escopo desse trabalho engloba apenas a porção referente a obtenção da Classificação por Estrelas (processos pintados em preto na Figura 2.3).

A Figura 2.3 traz o esquema representativo do processo de levantamento do iRAP. Note-se que as caixas hachuradas em preto são as etapas empregadas nesse estudo.

Nesse contexto, a Classificação por Estrelas se trata de uma “análise simples e objetiva do nível de segurança oferecida por uma rodovia” (iRAP, 2016), seja ela em etapa de projeto ou já em operação.



Figura 2.3 Processo de levantamento iRAP adaptado de iRAP (2016)

#### a. Método

A Classificação por Estrelas envolve uma inspeção de elementos da infraestrutura que (baseados em pesquisas e histórico prévios) impactam no surgimento e na severidade de acidentes no trânsito. (iRAP, 2016). As rodovias são classificadas em uma escala de 1 a 5 estrelas quanto à sua segurança aos usuários.

As rodovias avaliadas com 4 e 5 estrelas, são as consideradas mais seguras e se configuram como apropriadas para a velocidade do tráfego em questão. Quanto aos elementos de infraestrutura presentes nesse tipo de rodovia pode-se ressaltar a possível presença de áreas medianas largas e barreiras para a separação de tráfegos opostos, delineações adequadas, faixas mais largas e boa condição da cobertura do pavimento, presença de acostamentos, ausência de obstáculos ao longo do segmento e adequada separação de áreas para diferentes usuários como pedestres e ciclistas (iRAP, 2016).

As rodovias menos seguras, por sua vez (avaliadas em 1 e 2 estrelas) são aquelas que não apresentam a infraestrutura adequada para o provimento da segurança dos usuários que operam à velocidade da via. O relatório de metodologia do iRAP (2016) aponta que as análises realizadas apontam que rodovias com essas características se configuram como aquelas em que

prevalencem as faixas únicas de rolagem, faixas largas, acostamentos não pavimentados, má delimitação das sinalizações horizontais, interseções pouco visíveis e presença constante de elementos perigosos ao longo da via como árvores, postes e barrancos próximos à via. Essas rodovias ainda são inapropriadas para o uso em comum de pedestres e ciclistas, acarretando riscos a esses usuários.

#### **b. Inspeção**

Quanto à forma de se inspecionar a infraestrutura local, o iRAP trabalha com duas possibilidades: a inspeção feita diretamente na rodovia ao se dirigir pelo trecho estudado ou a inspeção baseada em vídeo registros que pode ser feita em um computador após coleta no local.

A inspeção realizada diretamente na rodovia envolve a presença de pelo menos duas pessoas, uma responsável por dirigir o veículo e um passageiro responsável por registrar os elementos presentes na rodovia. Esse tipo de inspeção é técnica e necessita que os avaliadores sejam devidamente capacitados e possuam acreditação do iRAP para realizá-la (iRAP,2016).

A inspeção baseada em vídeo registros difere da realizada no local uma vez que os dados são previamente coletados para posteriormente terem seus elementos de infraestrutura aferidos. Os vídeos são gravados com equipamentos especiais que realizam a filmagem com qualidade e permitam análises de imagens em intervalos de 100 metros. Após a coleta do material, os avaliadores realizam a inspeção dos vídeos simulando uma viagem virtual pela rodovia e analisando os elementos presentes.

#### **c. Elementos avaliados**

Os elementos avaliados na metodologia são aqueles “conhecidos por meio de extensivas linhas de pesquisa, como aqueles que impactam a ocorrência de choques e a severidade desses” (iRAP, 2009, p.9). Dessa forma, o foco do Programa é analisar o estado dos elementos que impactam na ocorrência dos tipos de colisões mais comuns para ocupantes de carros, motos, ciclistas e pedestres. Na Tabela 2.1 são apresentados quais os atributos avaliados e a quantidade de categorias correspondente a cada um.

Tabela 2.1 - Tabela de atributos avaliados e respectiva quantidade de categorias

<b>Atributos</b>	<b>Categorias</b>	<b>Atributos</b>	<b>Categorias</b>
Fluxo Observado de Motocicletas	6	Pontos de Acesso a Propriedades	4
Fluxo Observado de Bicicletas	5	Número de Faixas	6
Fluxo Observado de Pedestres Atravessando as Rodovias	6	Largura da Faixa	3
Fluxo Observado de Pedestre ao Longo da Via - Lado Direito	6	Curvatura	4
Fluxo Observado de Pedestre ao Longo da Via - Lado Esquerdo	6	Qualidade da Curva	3
Uso do Solo - Direita	6	Inclinação	3
Uso do Solo - Esquerda	6	Condição da Rodovia	3
Tipo de Área	2	Resistência ao deslizamento/aderência	5
<b>Limite de Velocidade</b>	<b>13</b>	<b>Delineamento</b>	<b>2</b>
Limite de Velocidade para Motocicletas	13	Iluminação Pública da Via	2
Limite de Velocidade para Caminhões	13	Infraestrutura para Travessia de Pedestres	11
Diferencial de Velocidades	2	Qualidade da Travessia de Pedestres	3
Tipo de Canteiro Central	15	Infraestrutura para Travessia de Pedestres - na via transversal	11
Sonorizadores ao Longo do Eixo da Pista	2	Canalização de Pedestres	2
Severidade Lateral - Distância à Direita	4	Advertência de Zona Escolar	4
Severidade Lateral - Objeto à Direita	17	Supervisor de Travessia em Zona Escolar	3
Severidade Lateral - Distância à Esquerda	4	Gestão de Velocidade	2
Severidade Lateral - Objeto à Esquerda	17	Estacionamento de Veículos	3
Sonorizadores ao longo do acostamento	2	Provisão de Calçada ou Caminho Informal - direita	7
Largura do Acostamento Pavimentado - Direita	4	Provisão de Calçada ou Caminho Informal - Esquerda	7
Largura do Acostamento Pavimentado - Esquerda	4	Rua Lateral	2
Tipo de Interseção	18	Infraestrutura Para Veículos Motorizados de Duas Rodas	6
Canalização da Interseção	3	Infraestrutura para Bicicletas	7
Volume de Tráfego na Via Transversal	7	Obras Viárias	3
Qualidade da Interseção	3	Distância de Visibilidade	2

Cada elemento da infraestrutura é identificado, analisado e classificado separadamente dentro de categorias pré-estabelecidas. O relatório de Metodologia do iRAP (2009) traz um exemplo para ilustrar como essa classificação pode ser feita:

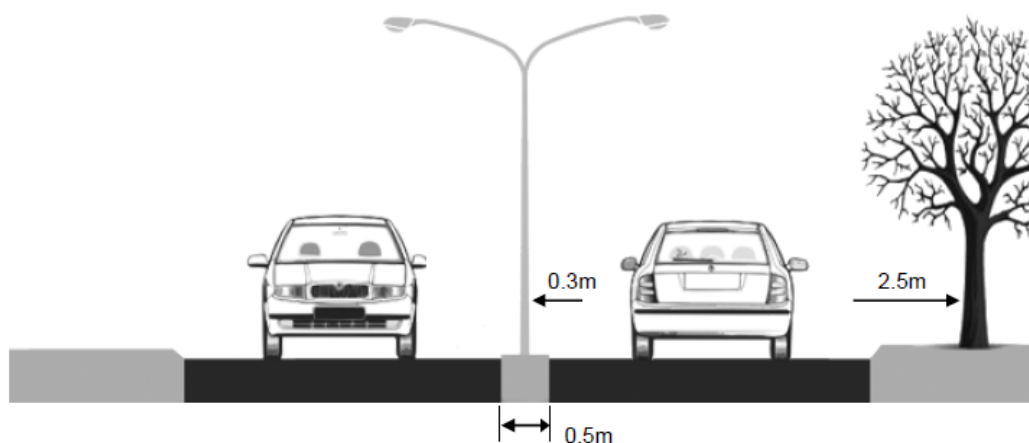
A respeito de um dos atributos, condição do delineamento (em negrito na tabela 2.1) pode ser feita em duas categorias:

- Adequada, onde a sinalização de risco de ultrapassagem, linhas centrais e linhas periféricas encontram-se presentes e adequadamente visíveis;
- Inadequada, onde a sinalização de riscos de ultrapassagem, linhas centrais e periféricas estão em condições precárias ao longo de extensões consideráveis.

Esse mesmo procedimento de avaliação é realizado para todos os outros atributos (cada um com suas respectivas categorias) em um processo contínuo ao longo de 100 metros para toda a extensão a ser avaliada.

A codificação dos elementos que caracterizam os potenciais riscos para a Segurança Viária, devem seguir os procedimentos estabelecidos pelo Programa Internacional de Avaliação de Rodovias – iRAP, especificados no RAP-SR-2-2 – Manual de Codificação do iRAP para Classificação por Estrelas. A Figura 2.4 que foi retirada do apêndice do manual, indica um exemplo de como a avaliação deve proceder.





Grupo de atributos	Atributo	Notas
Lado direito da via-distância	1 a 5m	Distância da borda da pista até a árvore, à direita
Lado direito da via-objeto	Árvore	Árvore com diâmetro >10cm
Tipo de canteiro central	0 a 1m	Largura completa do canteiro central
Lado esquerdo da via-distância	0 a 1m	Distância da borda da pista até o poste de iluminação no canteiro central
Lado esquerdo da via-objeto	Poste de iluminação	Suporte de placa ou poste ou coluna com diâmetro >10cm

Figura 2.4 - Exemplos de codificação (iRAP, 2009)

#### d. Quantificação dos atributos avaliados

Após a inspeção dos elementos de infraestrutura, é necessário “quantificar” o risco que o cenário de todos os elementos envolvidos acarreta à rodovia. Essa quantificação é realizada com o auxílio do *software online* VIDA, ao qual são feitos *uploads* de arquivos em formato csv. com as avaliações da fase de inspeção.

Nesse *software* é calculada a Pontuação de Proteção da Rodovia (*Road Protection Score – RPS*), uma pontuação a cada 100 metros que visa representar em termos quantitativos a tendência e severidade da ocorrência de colisões (iRAP, 2009).

O relatório de Metodologia (iRAP, 2009) indica que um dos aspectos importantes para a aplicação do RPS é sua consistência global, permitindo sua aplicação em diversos países mesmo quando um histórico detalhado de acidentes não se encontra disponível. O mesmo relatório aponta também que o RPS foi projetado para oferecer uma base de estimativas de número de mortes e acidentados que são passíveis de ocorrer em uma rede rodoviária, precisando para isso, de um modelo que avaliasse o risco de todos os usuários envolvidos na rodovia, servisse para mensurar a proporção dos tipos de acidentes e analisasse fatores de riscos detalhados.

Quanto aos usuários envolvidos, a proporção de usuários, sejam eles motoristas, motociclistas, ciclistas ou pedestres, pode variar entre países e necessitar de diferentes tipos de infraestrutura. Portanto, o iRAP elabora uma avaliação RPS separada para cada tipo de usuário. Contudo, essa monografia levará em consideração especificamente a avaliação referente aos motoristas para que seja possível fazer a comparação com o outro método escolhido que será detalhado na seção seguinte.

O RPS do iRAP é calculado com base na influência que os atributos avaliados têm na ocorrência dos principais acidentes relacionados a cada tipo de usuário (iRAP, 2009) segundo a Tabela 2.2, contudo, como ressaltado anteriormente, essa monografia se restringirá às avaliações referentes aos ocupantes de carro, cujas causas de acidentes se encontram em negrito.

Tabela 2.2 - Principais tipos de colisão para cada usuário da rodovia.

Ocupantes de carros	Motociclistas	Ciclistas	Pedestres
Saída de pista	Saída de pista	Colisão/Atropelamento ao longo da via	Atropelamento ao longo da via
Colisão Frontal	Colisão Frontal	Colisão/Atropelamento atravessando avia	Atropelamento atravessando avia
Colisão em interseções	Colisão em interseções	Colisão em interseções	

Adaptado de (iRAP,2009)

Quanto aos fatores de risco, o relatório de Metodologia do iRAP indica que há diferentes fatores que influenciam a susceptibilidade de ocorrência de acidentes (chamado aqui de “fator de susceptibilidade”) assim como suas severidades (“fator de severidade”).

#### e. Fator de Susceptibilidade

O relatório de metodologia (iRAP, 2009) ilustra a susceptibilidade de acidentes ocorrerem em curvas com delineamento inadequado ser maior do que a susceptibilidade do mesmo tipo de colisão ocorrer em segmentos retos, o que demonstra um maior fator de risco para a primeira situação do que para a segunda.

O mesmo relatório exemplifica quantitativamente o atributo do delineamento que, como apresentado no subitem ‘c’ dessa seção apresenta duas categorias possíveis. Para os dois casos os riscos relativos encontram-se expostos na tabela seguinte, que indica que um delineamento inadequado possui uma susceptibilidade probabilística de originar 20% mais mortes e acidentes sérios do que o mesmo segmento de rodovia com o delineamento adequado (iRAP, 2009).

Tabela 2.3 - Risco relativo às diferentes categorias de delineamento

<b>Delineamento</b>	<b>Risco Relativo</b>
Adequado	1,00
Inadequado	1,20

**f. Fator de severidade**

Além da quantidade de acidentes, é alvo também da análise do iRAP a severidade dos acidentes, o relatório de Metodologia do iRAP (2009) apresenta o exemplo de algumas categorias de severidades ao longo da rodovia como expressa a Tabela 2.4, que assim como o item “e” denota a proporção de relação entre os acidentes, mas com foco dessa vez na severidade e potencialidade risco de morte e injúrias de cada uma das categorias.

Tabela 2.4 - Riscos relativos às diferentes categorias de severidade lateral

<b>Severidade Lateral</b>	<b>Fator de Risco</b>
Barreira de segurança	1,75
Distância a objetos rígidos 5-10 m	3,80
Valetas profundas de drenagem e taludes de corte	5,00
Penhasco	10,00

**g. Fator de calibração**

O iRAP também inclui um fator de calibração para garantir um reflexo realista da proporção de acidentes. Tais fatores não se encontram explícitos no relatório de Metodologia (iRAP, 2009), mas o relatório relata que são todos com base em análises e proporções de fatalidades para cada tipo de colisão e leva em consideração a relação de acidentes em zonas rurais, semiurbanas e urbanas.

**h. Equação para cálculo do RPS**

Para o cálculo do RPS para cada usuário são utilizados diferentes atributos da fase de inspeção, assim como aqueles que correspondem mais aos fatores de susceptibilidade, que são ponderados para cada tipo de colisão juntamente com o fator de correção, de modo que o RPS referente ao ocupante de carro é obtido segundo o diagrama a seguir, adaptado do relatório de metodologia do iRAP (2009). Na Figura 2.5 é apresentado o esquema da equação para obtenção do RPS de ocupantes de carro.

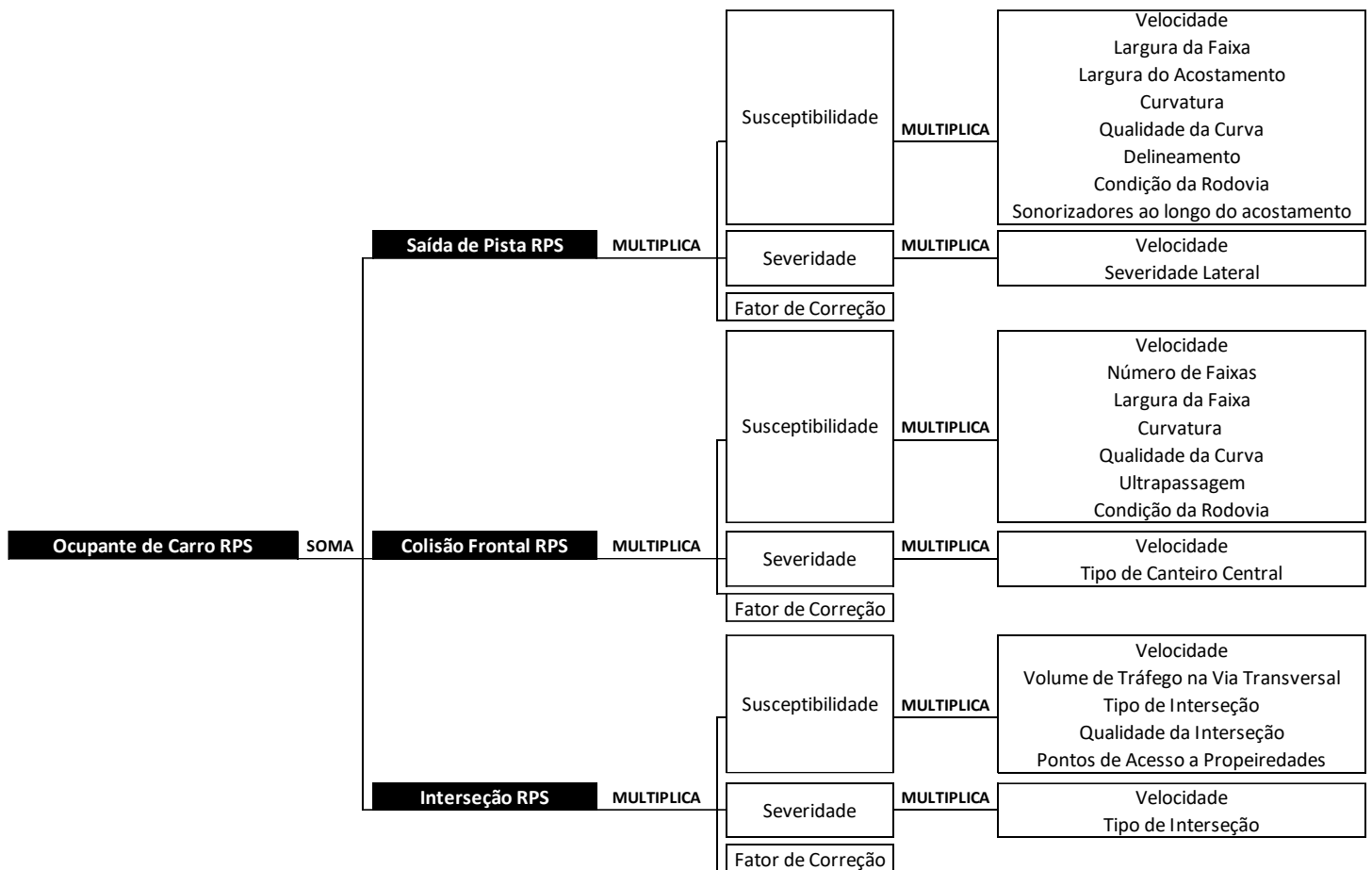


Figura 2.5- Esquema da equação para obtenção do RPS de ocupantes de carro. Adaptado de iRAP (2009)

### i. Obtenção dos Mapas de Classificação por Estrela

Como produto da avaliação das ponderações dos fatores e da obtenção do RPS para os ocupantes de veículos, o *software online* ViDA elabora um mapa suavizado com as respectivas classificações dos segmentos em cores (Figura 2.6), assim como um resumo das porcentagens referentes a cada classificação.

Tabela 2.5 - Cores características para cada classificação por estrela

Cor Característica	Classificação (estrelas)
	1
	2
	3
	4
	5



Figura 2.6 - Exemplo de Classificação por Estrelas aplicado na Indonésia (iRAP, 2016)

### 2.4.2. Índice de Segurança Potencial (ISP)

O Índice de Segurança Potencial (ISP) é um método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples (NODARI, 2003). Ele foi elaborado por Christine Tessele Nodari, em tese de dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 2003.

O método – que se aplica a rodovias rurais de pista simples, pavimentadas, de sentido duplo – foi desenvolvido usando como base características físicas das rodovias e tem como objetivo auxiliar na “identificação sistemática de locais potencialmente perigosos do ponto de vista da segurança viária, possibilitando que operadores rodoviários atuem preventivamente na melhoria da segurança rodoviária” (NODARI, 2003).

### a. Método

O método ISP proposto por NODARI (2003) é composto por duas etapas que encontram-se expressas no fluxograma simplificado da Figura 2.7.

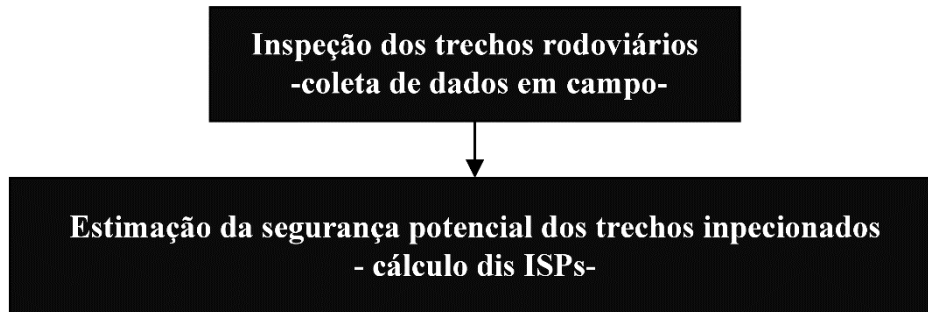


Figura 2.7 Etapas do método ISP adaptado de NODARI (2003)

### b. Elementos avaliados

O método ISP mapeia os segmentos considerados críticos para uma rodovia por meio de uma análise de nove macro categorias: Superfície do pavimento, curva, interseções, sinalização horizontal e vertical, elementos longitudinais, seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da rodovia e elementos gerais.

Dentro dessas nove macros categorias, encontram-se distribuídas trinta e seis características físicas da rodovia que foram consideradas mais relevantes por Nodari (2003) em meio a extensas pesquisas em *checklists* usados em Auditorias de Segurança Viária de diferentes países.

Como forma de se estabelecer o peso relativo e a influência que cada um dos trinta e seis fatores na segurança potencial de uma rodovia, Nodari (2003) recorreu a um questionário de pesquisa que foi submetido a 334 profissionais divididos em 4 grupos: policiais rodoviários, projetistas rodoviários nacionais, especialistas nacionais e especialistas internacionais. Dessa forma, e levando em consideração a ponderação dos resultados de seu questionário, Nodari (2003) chegou aos pesos relativos referentes a cada um dos trinta e seis parâmetros que se encontram expressos na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Macro categorias, características rodoviárias e respectivos pesos relativos.  
Adaptado de Nodari (2003)

Macrocategorias		Característica da Rodovia	Pesos Relativos
Superfície do Pavimento	1	Buracos na Pista	0,198
	2	Resistência à derrapagem	0,212

	3	Formação de espelhos d'água	0,217
	4	Cascalho solto na pista	0,189
	5	Desnível entre faixa e acostamento	0,184
		<b>SOMA</b>	<b>1,000</b>
<b>Curva</b>	6	Suavização de curvas horizontais	0,194
	7	Adoção de Superlargura	0,194
	8	Adoção de Superelevação	0,212
	9	Incidência de Curvas (tortuosidade)	0,184
	10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical	0,216
		<b>SOMA</b>	<b>1,000</b>
<b>Interseção</b>	11	Projeto (faixas adicionais e canalizações)	0,519
	12	Iluminação artificial nas interseções	0,481
		<b>SOMA</b>	<b>1,000</b>
<b>Sinalização Vertical e Horizontal</b>	13	Linhas demarcadoras das faixas de rolamento	0,176
	14	Uso de tachas refletivas nas linhas	0,165
	15	Credibilidade da sinalização vertical e horizontal	0,172
	16	Quantidade adequada de placas de sinalização	0,162
	17	Uso de balizadores	0,163
	18	Legibilidade e conspicuidade da sinalização vertical	0,163
		<b>SOMA</b>	<b>1,000</b>

(Continuação)

<b>Macrocategorias</b>		<b>Característica da Rodovia</b>	<b>Pesos Relativos</b>
<b>Elementos Longitudinais</b>	19	Suavização de rampas	0,283
	20	Oportunidades de ultrapassagem	0,342
	21	Distâncias de visibilidade	0,375
		<b>SOMA</b>	<b>1</b>
<b>Seção Transversal</b>	22	Larguras de faixas e acostamentos	0,278
	23	Pavimentação dos acostamentos	0,247
	24	Talude Laterais Suaves	0,222
	25	Largura da faixa e acostamento em pontes	0,252
		<b>SOMA</b>	<b>1</b>

<b>Usuários Vulneráveis</b>	26	Tráfego de ciclistas/pedestres	0,489
	27	Travessias para pedestres	0,511
	<b>SOMA</b>		<b>1</b>
<b>Laterais da Via</b>	28	Presença de elementos perigosos na lateral da via	0,343
	29	Acessos a propriedades e comércio lindeiro	0,332
	30	Localização e layout de pontos de ônibus	0,325
	<b>SOMA</b>		<b>1</b>
<b>Elementos Gerais</b>	31	Qualidade de outdoors e comerciais	0,203
	32	Transição entre ambiente rural/urbano	0,259
	33	Compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz	0,27
	34	Proteção contra invasão de animais de grande porte	0,268
	<b>SOMA</b>		<b>1</b>

### c. Inspeção dos trechos rodoviários

Para esse método, a inspeção deve ser feita em campo por uma equipe de, no mínimo, dois profissionais, sendo um deles motorista e o outro o avaliador com adequado conhecimento técnico (NODARI, 2003).

A avaliação deve ser feita em distâncias regulares de um quilômetro de extensão (conferidos pelo odômetro do veículo e com auxílio dos marcos quilométricos da rodovia), aos quais o avaliador atribui uma nota para cada um dos trinta e seis elementos a ser avaliados (NODARI, 2003). O gabarito das notas a serem atribuídas encontra-se expresso na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 - 4 níveis de notas associadas às condições das características físicas.

<b>Condições em campo da característica em análise</b>		<b>Nota</b>
Nível 1	Não existe "problema" sério	10
Nível 2	Existe uma quantidade pequena do "problema" descrito	7
Nível 3	Existe uma quantidade moderada do "problema" descrito	3
Nível 4	Existe uma grande quantidade do "problema" descrito	1

Adaptado de Nodari (2003)

O veículo deve trafegar pela rodovia com velocidade regulamentar, percorrendo primeiramente todo o trajeto a ser estudado de forma contínua para que o avaliador tenha uma noção adequada do trajeto a ser analisado, fazendo posteriormente (no trajeto de volta) a devida codificação dos atributos (NODARI, 2003).



Nodari (2003) ainda indica que cinco características dentre as trinta e seis precisam ser feitas em condições específicas de tempo e luminosidade, como é o caso da característica 3, referente à formação de espelhos d'água, que deve ser necessariamente inspecionada em dias de chuva. As características 12, 14, 17 e 18 devem ser analisadas no período noturno.

#### d. Equação para cálculo do ISP

Uma vez atribuídas as notas para todos os 36 elementos e sabendo-se o peso relativo de cada um deles para a segurança potencial é possível se calcular os ISPs, que são:

- **ISP parcial** – Decorre da combinação das características de cada macrocategoria e é o produto entre o peso e a nota de cada característica que compõe essa macrocategoria, como ilustra a equação:

$$ISP_{parcial} = \sum_{i=1}^m (p_i \times n_i)$$

São, portanto, obtidos nove ISPs parciais para cada quilômetro analisado, que correspondem as nove macrocategorias disponíveis.

- **ISP global por trecho** – Esse índice corresponde ao ISP para os trechos de um quilômetro analisados e é obtido por meio da média geométrica de todos nove ISP parciais.

$$ISP_{global/trecho} = \sqrt[9]{\prod ISP_{parcial}}$$

- **ISP global por segmento** – Esse índice corresponde ao ISP de um segmento maior que um quilômetro que se deseja analisar. É obtido por meio da equação seguinte e consiste na média geométrica dos ISP globais dos “n” trechos incluídos no segmento.

$$ISP_{global/segmento} = \sqrt[k]{\prod ISP_{global/trecho}}$$

Onde:

p – peso relativo da característica i da macrocategoria considerada;

m – número de características da macrocategoria considerada;

n – nota referente à característica i da macrocategoria considerada;

k – Número de segmentos que compõem o trecho analisado;

**e. Escala semântica de cores do ISP**

A escala de variação do ISP é 1 a 10, de modo que quanto mais próximo do valor unitário, mais potencialmente inseguro é considerado o segmento e quanto mais próximo de dez, mais potencialmente seguro. A escala semântica proposta por Nodari (2003) é subdividida em cinco faixas, e o valor do ISP, condição correspondente do segmento e respectivas cores podem ser conferidas na tabla seguinte.

Tabela 2.8 - Escala semântica e de cores do ISP.

<b>Valor do ISP</b>	<b>Condição Correspondente do Segmento</b>	<b>Cor Correspondente</b>
1 < IS P < 3	Potencialmente muito inseguro	
3 < ISP < 5	Potencialmente inseguro	
5 < ISP < 7	Potencialmente razoavelmente seguro	
7 < ISP < 9	Potencialmente seguro	
9 < ISP < 10	Potencialmente muito seguro	

Adaptado de Nodari (2003).

### **3. METODOLOGIA DO TRABALHO**

Essa etapa do trabalho consiste na explicação das etapas perpassadas para se atingir os resultados. Por conta do caráter comparativo do estudo, e da sua aplicação a um estudo de caso de uma rodovia real e em operação, a metodologia englobou três etapas principais.

A primeira etapa consistiu na determinação da região a ser estudada assim como suas características que justificassem a escolha.

A segunda etapa disse respeito ao processo de análise da Classificação por Estrelas e a todo o processo de capacitação para que se fosse capaz de se realizar uma codificação adequada da rodovia e de se utilizar as ferramentas *online* oferecidas pelo Programa Internacional de Rodovias (iRAP).

A terceira etapa foi referente ao Índice de Segurança Potencial e consistiu no estudo do trabalho elaborado por Nodari (2003), na elaboração, e na adaptação dos seus mecanismos de inspeção para que se fosse possível uma análise via vídeo registro semelhante ao feito pela Classificação por Estrelas do iRAP.

#### **3.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Para a aplicação dos métodos de inspeção, a primeira decisão a ser tomada deveria passar pela escolha da região (rodovia) a ser inspecionada. Essa decisão esteve primeiramente condicionada ao tipo de inspeção que se esperava fazer, inspeção *in loco* ou inspeção por vídeo registro.

A inspeção *in loco* consistiria na visita em campo e na passagem por toda a rodovia. Tal escolha demandaria um veículo e a necessidade de uma motorista, o que poderia se caracterizar como uma decisão dispendiosa. A necessidade de se deslocar ao local poderia também restringir bastante o raio que pudesse ser analisado, além da necessidade de todo o trajeto precisar ser feito ao menos duas vezes (uma vez para aplicação de cada método). Dessa forma, a decisão de se fazer uma inspeção *in loco* foi descartada.

A realização da inspeção via vídeo registro se mostrou ser uma opção mais viável dado a facilidade de realizá-la sem a necessidade do deslocamento ao local, apesar de ser necessário para essa situação uma adaptação do modelo ISP que não prevê uma inspeção que não fosse realizada fisicamente na própria rodovia (tal adaptação encontra-se exposta mais adiante nesse trabalho).

Mais ainda, com o apoio do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), os vídeo registros de todas as rodovias federais encontravam-se disponíveis para serem utilizados como análise. O acesso a tais vídeos pôde ser feito com o acesso à videoteca do DNIT que se encontrava disponível para acesso interno.

Dessa forma, optando-se por realizar uma inspeção “à distância” houve a possibilidade de escolha de uma rodovia que estivesse além das fronteiras do Distrito Federal e aumentou bastante o leque de opções de rodovias potencialmente utilizáveis no escopo desse trabalho.

Portanto, a rodovia escolhida situa-se na região do estado do Mato Grosso, mais especificamente um trecho de 200km da BR 364, trecho esse que se estende desde a divisa com o estado de Goiás até a cidade de Rondonópolis, como ilustrado na Figura 3.1.



Figura 3.1 Trecho estudado

A escolha dessa localidade para aplicabilidade nesse trabalho se justifica dentre outros motivos por:

- Se tratar de um trecho predominantemente rural e de pista única que permite a aplicação do método ISP;

- Se tratar de um trecho suficientemente extenso e diversificado quantos aos atributos das rodovias, na qual se esperava poder explorar todas as faixas de classificação de estrelas (método iRAP) e notas (método ISP);
- Por conveniência nas etapas de codificação dos atributos uma vez que uma das ferramentas que se pretendia utilizar foi desenvolvida pela empresa Dynatest e a possibilidade de sua utilização nesse trabalho permitiria um processo automatizado com ganho de tempo e produtividade.

## **3.2. CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS**

Uma vez feita a escolha da rodovia a ser estudada, a etapa seguinte consistiu no desenvolvimento dos procedimentos que tornassem viáveis a aplicação do método de Classificação por Estrelas do iRAP.

Dado que o método foi elaborado por uma organização internacional e possui uma padronização de etapas e processos, foi necessária uma capacitação prévia acerca dos métodos utilizados para que posteriormente se atingisse resultados satisfatórios. Os procedimentos perpassados encontram-se detalhados a seguir.

### **3.2.1. Plataforma *Online***

Para que fosse possível ter acesso às ferramentas ofertadas pelo iRAP foi necessário primeiramente realizar um cadastro na plataforma *online* ViDA disponível em [vida.irap.org](http://vida.irap.org).

Essa plataforma se trata de uma importante ferramenta e interface de interação dos usuários com o Programa Internacional de Avaliação de Rodovias. Ela se trata de uma ferramenta *online* para se realizar cálculos, gerenciar dados, analisar dados e gerar avaliações de Classificação por Estrelas (iRAP, 2017). Na Figura 3.2 é apresentada a interface do usuário para o manuseio das ferramentas do iRAP.

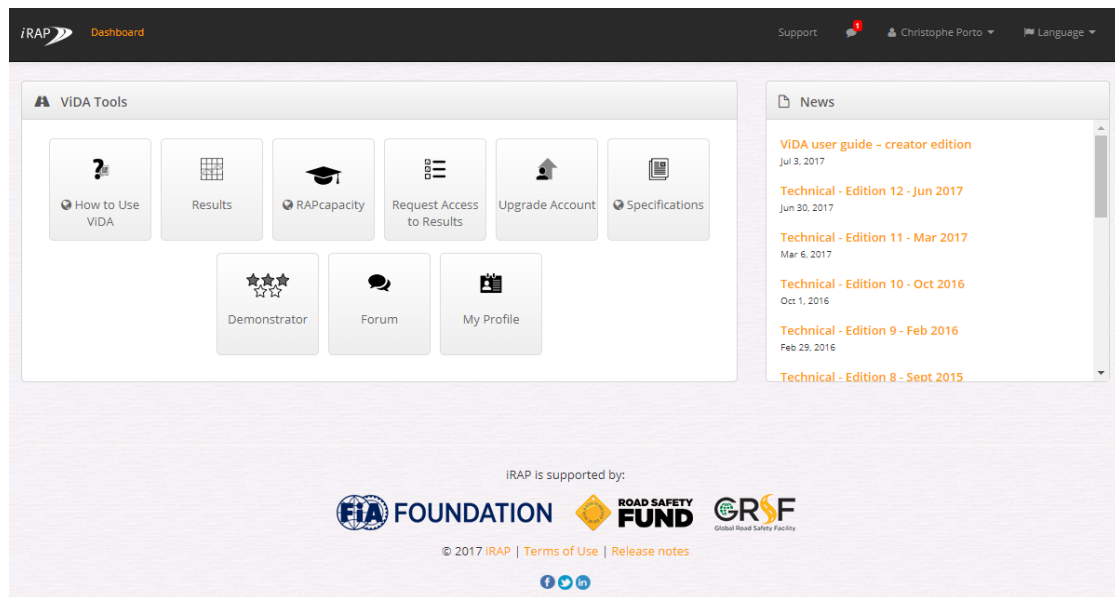


Figura 3.2 Página inicial para uso das ferramentas iRAP

### 3.2.2. Capacitação *Online*

Mais do que se cadastrar na plataforma, foi necessário entender como se dava seu funcionamento, como lidar com as diferentes ferramentas e qual o alcance das análises dentro do universo da segurança viária. Para tanto, o iRAP oferece em sua plataforma uma capacitação *online* por meio de vídeo aulas na denominada *RAP Capacity* disponível no endereço [capacity.irap.org/training](http://capacity.irap.org/training).

Dentre os cursos que foram feitos, os que estão diretamente relacionados à inspeção da rodovia e elaboração do mapa de Classificação de Rodovias (alvo dessa etapa da metodologia) foram os seguintes:

- *Getting Started and Accessing Results* – Esse curso teve como foco uma explicação inicial acerca do funcionamento de toda a plataforma e do tipo de análise que seria possível explorar;
- *Road Attribute Coding Course* – Esse curso explicou como ocorreria a etapa de inspeção (também chamada aqui de codificação), apresentou os atributos a serem analisados, a forma como se deveria proceder para uma análise correta e consistente;
- *Star Rating and Investment Plans from Design Course* – Esse curso foi responsável por apresentar como deveria ser feito o tratamento dos dados para a devida inserção dentro da plataforma e como proceder com a avaliação dos resultados. Além disso, esse curso

apresentou a forma de se realizar o Plano de Investimentos (iRAP, 2014), mas essa etapa não constitui parte integrante do escopo desse trabalho.

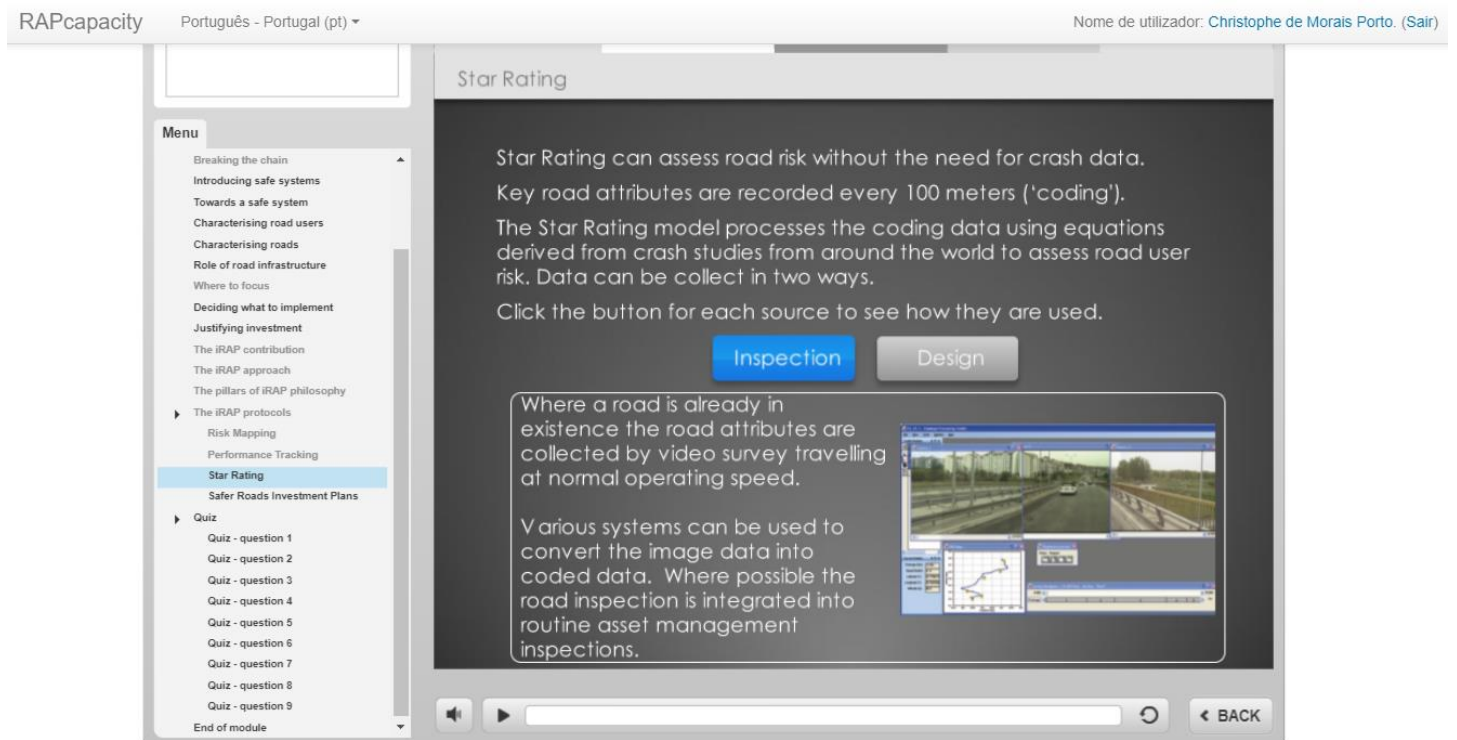


Figura 3.3 - Interface de curso *online* do RAP Capacity

### 3.2.3. Capacitação Presencial

Além da capacitação *online* que ficou responsável por uma preparação mais teórica e conceitual sobre o mecanismo da parte de inspeção, foi realizada também uma capacitação presencial com o auxílio de profissionais engenheiros que já haviam participado de treinamentos oficiais realizados pelo iRAP.

Esse treinamento consistiu em uma capacitação interna realizada pela empresa Dynatest que é atualmente uma das empresas brasileiras acreditadas pelo Programa para realizar a etapa de inspeção. Dessa forma, essa capacitação que consistiu em um curso de aproximadamente 20 horas e teve caráter prático se deu por meio de análises-testes para permitir a familiaridade com a ferramenta de codificação.

### 3.2.4. Classificação 5 estrelas

Os procedimentos para a obtenção de mapa de Classificação por Estrela por meio da inspeção de rodovias já existentes encontram-se especificado na Figura 3.4.



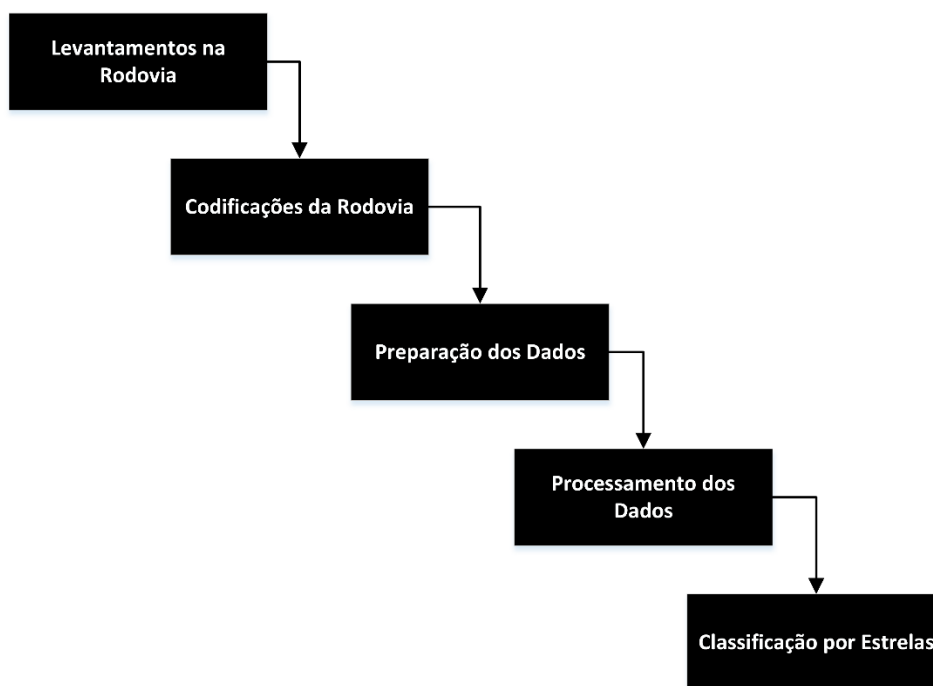


Figura 3.4 - Procedimentos para obtenção de mapa de Classificação por Estrela

#### f. **Levantamentos da Rodovia**

Essa etapa que se refere à coleta de dados na rodovia, como expresso anteriormente, foi realizada com o auxílio de vídeo registros disponibilizados pelo DNIT. Essas filmagens, foram referentes ao ciclo de coleta referente à 2015 uma vez que filmagens mais recentes ainda não se encontravam a disposição na videoteca do Departamento no momento da filmagem.

O acervo de filmagens do DNIT é dividido em módulos sequenciais de modo que segmentos de filmagem podem ser procurados em função do quilômetro correspondente. Contudo, na rodovia escolhida para análise, houve uma extensão de 15,6km (do km 43,12 ao km 58,72) da BR-364 MT que estava indisponível e, portanto, consistiu em um ponto cego na análise da rodovia.

#### g. **Codificação da Rodovia**

A etapa da codificação para o método de Classificação por Estrelas é uma etapa que precisa ser realizada de acordo com o que prevê o método iRAP e deve ser realizado por empresas com o devido certificado de acreditação emitido pelo Programa. Dessa forma, essa etapa foi realizada com auxílio de um *software* desenvolvido pela empresa Dynatest Brasil e de um computador conectado a dois monitores (exigência do iRAP).



Programado para acessar diretamente o acervo do DNIT, o *software* coletava as coordenadas da rodovia além de seccionar o vídeo em imagens congeladas a cada 100 m (exigência do iRAP), de modo que os processos de avaliação dos 50 atributos da rodovia (*checklist*) pudesse ser feito de uma maneira automatizada e mais produtiva.

#### **h. Preparação dos Dados**

Após a codificação, foi-se necessário extrair a matriz de análise dos atributos de todos os trechos analisados. Essa matriz de análise consistia em uma base de dados extensa e com as informações dos 50 atributos para todos os segmentos de 100 metros da rodovia analisada.

A esses dados foram acrescentadas informações complementares solicitadas pelo iRAP, como por exemplo o Volume Médio Diário (VMD) dos trechos que foram analisados.

Após montada a base de dados, sua formatação teve de obedecer aos critérios do iRAP para que seu upload na plataforma ViDA pudesse ser feito de maneira correta. Sendo assim, foi-se elaborado um arquivo no formato .csv com todos os dados consolidados.

#### **i. Processamento dos Dados**

A plataforma por sua vez, realizou uma análise prévia dos arquivos solicitados para se fazer upload e indicou o número de inconsistências na formatação do arquivo, como, número de linhas, numeração dos atributos e formato das coordenadas. Uma vez superada essa parte, os dados encontravam-se devidamente inseridos na plataforma e aptos a serem analisados.

O upload do arquivo teve de ser feito por meio de uma conta cadastrada e com autorização de “*creator*” concedida àquelas pessoas que passaram pelo treinamento e por cursos de capacitação.

À plataforma VIDA ficou a cargo então, processar toda a base de dados coletadas, atribuir os respectivos pesos aos parâmetros avaliados, atribuir os fatores de severidade, calcular os respectivos RPS (*Road Protection Score*), realizar a homogeneização de segmentos e contabilizá-los para que fossem colocados em uma escala de classificação que daria origem ao mapa de Classificação por Estrelas.

#### **j. Classificação por Estrelas**

Um dos produtos dessa avaliação foi uma representação visual na forma de um mapa, em que os segmentos que foram previamente codificados, após passarem pela fase de cálculos

encontram-se expressos em diferentes cores e uma escala que varia de 1 a 5 estrelas, para os trechos com menor e maior risco, respectivamente.

A plataforma, por sua vez, elabora mapas de classificação para os diferentes usuários da rodovia, contudo, como o escopo desse projeto focava essencialmente em usuários motoristas de veículos, apenas esse mapa foi coletado para que pudesse ser alvo de comparação.

### **3.3. ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL (ISP)**

Essa parte da metodologia diz respeito ao estudo da aplicação do método proposto por Nodari (2003), desenvolvido para a avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples e que, portanto, abrange a área de aplicação desse trabalho.

#### **3.3.1. Seleção dos trechos**

Com o intuito de se fazer uma comparação mais fidedigna possível, selecionou-se para a aplicação desse método exatamente o mesmo segmento de 200km da rodovia BR-364MT utilizados para o método da Classificação por Estrelas.

#### **3.3.2. Inspeção dos trechos selecionados**

Quanto à forma de inspeção, assim como no método de Classificação por Estrelas, foi realizada com auxílio do acervo de vídeos do DNIT. Sendo assim, foram utilizadas exatamente as mesmas filmagens, o que permitiu uma comparação direta e independente de parâmetros variáveis no tempo, como por exemplo, crescimento de vegetação lindeira, eventuais campanhas de recapeamento e obras temporárias na rodovia, que, caso as inspeções fossem feitas espaçadas no tempo, poderiam impactar na avaliação dos métodos.

Para facilitar a codificação da rodovia e tornar o processo mais automatizado, foi-se elaborado uma planilha eletrônica com o auxílio da linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA) e com uma interface simples e amigável que facilitasse o processo de avaliação de atributos.

Sendo assim, o processo de avaliação da rodovia foi feito com o auxílio de uma rotina que envolvia um computador e dois monitores. Em um monitor se encontrava a interface da planilha eletrônica com todos os parâmetros devidamente expostos, de modo a não necessitar utilizar a barra de rolagem e permitir uma maior eficiência na coleta. Na segunda tela, se encontrava a filmagem do DNIT com resolução adequada e que permitisse a devida avaliação de todos os atributos alvo.

Nodari (2003) recomenda em seu trabalho que ao final de todo quilômetro percorrido o automóvel deveria parar para que o avaliador pudesse fazer as devidas anotações acerca do trecho de rodovia que acabou de analisar. Seguindo e adaptando essa recomendação, ao final de cada quilômetro do vídeo registro, a filmagem era pausada para que a planilha pudesse ser preenchida.

Dessa forma, esses procedimentos foram seguidos repetidamente ao longo de toda extensão da rodovia a ser analisada.

### **3.3.3. Obtenção das notas dos trechos**

Uma vez conhecidos os fatores de ponderação propostos por Nodari (2003) em seu trabalho e as fórmulas necessárias para se obter os índices parciais e finais dos segmentos, a planilha eletrônica foi elaborada para interpretar as notas atribuídas a cada atributo da rodovia e apresentar o cálculo final dos segmentos de um quilômetro analisados.

Por utilizar as mesmas filmagens, a análise do método ISP também teve um ponto cego na avaliação de aproximadamente 15,6 km por conta da não existência desse segmento no acervo do DNIT.

Para todo o restante da rodovia analisada, aos segmentos de um quilômetro foram atribuídos os respectivos índices que variavam de 1 a 10 seguindo o grau de potencialidade de segurança (NODARI, 2003).

### **3.3.4. Elaboração dos mapas de localização**

Com o intuito de tornar a comparação do produto de ambos os métodos mais palpável e de fácil análise, recorreu-se também a elaboração de uma representação gráfica para os resultados obtidos pelo método do Índice de Segurança Potencial.

Para tanto, recorreu-se a arquivos *shapefile* disponibilizados pelo IBGE (contorno dos estados) e pelo DNIT (rodovias) para conseguir se geoprocessar a localização dos segmentos com um quilômetro de extensão analisados. Essa elaboração se tornou possível com o uso de informações geográficas e do *software* de uso livre QGIS.

Nodari (2003) apresenta em seu trabalho uma escala de cores com apresentado anteriormente na tabela 2.8, portanto, a localização dos trechos analisados é feita por círculos devidamente coloridos de acordo com o grau de potencialidade de acidentes expresso por suas cores.

### 3.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS

#### 3.4.1. Comparação dos processos metodológicos

A inspeção proposta por Nodari (2003) previa que a coleta de dados fosse feita in loco, não fazendo referência em seu trabalho a possibilidade de realização com o auxílio de vídeo registros. Mais ainda, Nodari (2003) menciona em seu trabalho a necessidade de se percorrer o trecho mais de uma vez e com diferentes situações climáticas. Essas são indicações que sofreram adaptações para a viabilidade desse trabalho e, portanto, tiveram que ser levadas em consideração para a análise dos resultados finais.

#### 3.4.2. Comparação dos resultados obtidos

Tanto o método de Classificação por Estrelas quanto o método de Índice de Segurança Potencial categorizam os resultados obtidos em uma escala de cinco faixas de valores (5 estrelas e 5 faixas de ISP, respectivamente). Isso se comportou como um facilitador para a fase de elaboração de mapas, uma vez que ambos os métodos utilizam cores semelhantes para cada uma de suas faixas de valores (com exceção da cor verde para rodovias 5 estrelas que possuem paralelo com a cor branca para ISP variando de 9 a 10).

Tabela 3.1 - Correspondência de classificação entre métodos

Classificação por Estrelas	ISP
*****	9 < ISP < 10
****	7 < ISP < 9
***	5 < ISP < 7
**	3 < ISP < 5
*	1 < ISP < 3

## 4. RESULTADOS

### 4.1. DETALHAMENTO DO TRECHO ESTUDADO

Como mencionado na metodologia, os segmentos de rodovia estudados nesse trabalho compreenderam uma porção referente à BR-364 no estado do Mato Grosso. A identificação dos segmentos foi possível mediante consulta ao sistema Nacional de Viação (SNV) que possui uma relação detalhada e codificada dos trechos rodoviários federais (DNIT, 2017).

Dessa forma, o trecho analisado possui 203,30 km de extensão que se estendem desde a divisa entre os estados de Goiás e Mato Grosso até o acesso à cidade mato-grossense Rondonópolis. Esse espaço é subdividido segundo o SNV em 12 trechos como apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1- Trechos analisado na BR-364MT

Código	Local de Início	Local de Fim	km inicial	km final	Extensão
364BMT0590	ENTR MT-100(A) (DIV GO/MT) (ALTO ARAGUAIA)	FIM PISTA DUPLA *TRECHO URBANO*	0,0 km	1,5 km	1,5 km
364BMT0600	FIM PISTA DUPLA	ENTR MT-100(B)/299 (P/ARAGUAINHA)	1,5 km	15,7 km	14,2 km
364BMT0605	ENTR MT- 100(B)/299 (P/ARAGUAINHA)	ENTR MT-462	15,7 km	41,7 km	26,0 km
364BMT0610	ENTR MT-462	ENTR MT-107 (ALTO GARÇAS)	41,7 km	58,3 km	16,6 km
364BMT0615	ENTR MT-107 (ALTO GARÇAS)	ENTR MT-110	58,3 km	67,6 km	9,3 km
364BMT0620	ENTR MT-110	ENTR MT-461(A)	67,6 km	112,9 km	45,3 km
364BMT0625	ENTR MT-461(A)	ENTR MT-461(B)	112,9 km	117,9 km	5,0 km
364BMT0630	ENTR MT-461(B)	ENTR MT-470	117,9 km	166,0 km	48,1 km
364BMT0635	ENTR MT-470	ENTR MT-458 (P/NOVA GALILÉIA)	166,0 km	167,7 km	1,7 km
364BMT0640	ENTR MT-458 (P/NOVA GALILÉIA)	ENTR MT-459 (PEDRA PRETA)	167,7 km	176,8 km	9,1 km
364BMT0645	ENTR MT-459 (PEDRA PRETA)	ENTR BR-163(A)	176,8 km	201,0 km	24,2 km
364BMT0650	ENTR BR-163(A)	ENTR MT-270(A) (ACESSO RONDONÓPOLIS (I))	201,0 km	203,3 km	2,3 km
<b>Total:</b>					<b>203,3 km</b>

De toda a extensão de 203,3 km, uma porção de 16,9 km pertencentes ao trecho 364BMT0610 não pôde ser avaliada devido à falta de suas imagens no acervo do DNIT, restando para análise

uma extensão de aproximadamente 186 km de extensão que se encontram divididas quanto aos respectivos tipos segundo a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Resumo da via em função do número de pistas

<b>Tipo</b>	<b>Extensão</b>	<b>Porcentagem</b>
Pistas Pavimentadas Simples	183 km	98%
Pistas Pavimentadas Duplicada	4 km	2%
<b>Total</b>	~ 186 km	100%

Observa-se que 98% do trecho selecionado diziam respeito à segmentos do tipo pavimentado, simples e preponderantemente rural, o que permitiu a análise de ambos os métodos utilizados uma vez que atendia às exigências mais restritivas do método ISP que prevê sua aplicação para trechos rurais de pista simples.

## **4.2. RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS**

Como principal produto da aplicação desse método destaca-se o mapa de Classificação por Estrelas.

### **4.2.1. Mapa de Classificação por Estrelas BR-364/MT**

O mapa gerado pelo programa ViDA para a avaliação da rodovia 364 do Mato Grosso encontra-se expresso na Figura 4.1.



Figura 4.1 - Mapa de Classificação por Estrelas obtidos pela plataforma ViDA. Fonte: iRAP

Conforme visto na representação do mapa, a análise foi feita para a extensão pretendida, exceto o trecho do km 44 até o km 59 (7,7% do trecho total). O trecho mencionado ficou fora do estudo por não haver na videoteca do órgão imagens referentes a este trecho.

Observa-se pela multiplicidade de cores que o trecho avaliado teve variações ao longo da sua extensão, explorando as 5 categorias de estrelas propostas pelo método de Classificação, onde observa-se a existência de segmentos pretos que representa a classificação de 1 estrela, trechos mais inseguros da análise.

É possível observar ainda que há uma certa homogeneização dos trechos coloridos, não havendo mudanças bruscas a cada 100m (intervalo de análise do método). Isso se deve, como explicado na seção 2.4.1 ao processo de homogeneização aplicado pelo próprio *software* de processamento dos dados.

A Tabela 4.3 apresenta um resumo da classificação dos segmentos em função de suas distâncias e códigos do SNV.

Tabela 4.3 - Tabela resumo da Classificação por Estrela por extensão e trechos do SNV

SNV	km inicial	km final	Extensão	iRAP
364BMTO590	0,00	1,48	1,48	3
	1,48	1,58	0,10	1
364BMTO600	1,58	1,88	0,30	3
	1,88	4,48	2,60	1
	4,48	8,59	4,11	3
	8,59	13,80	5,21	1
	13,80	15,00	1,20	2
	15,00	15,80	0,80	3
364BMTO605	15,80	27,80	12,00	1
	27,80	33,71	5,91	2
	33,71	41,82	8,11	3
364BMTO610	41,82	43,12	1,30	3
**	43,12	58,72	15,60	**
364BMTO615	58,72	59,62	0,90	4
	59,62	62,72	3,10	3
	62,72	66,92	4,20	4
364BMTO620	66,92	70,72	3,80	3
	70,72	85,82	15,10	4
	85,82	88,92	3,10	5
	88,92	94,92	6,00	4
	94,92	103,92	9,00	3
	103,92	106,92	3,00	4
364BMTO625	106,92	112,22	5,30	3
	112,22	117,22	5,00	4
364BMTO630	117,22	121,55	4,33	4
	121,55	124,55	3,00	5
	124,55	127,55	3,00	4
	127,55	136,54	8,99	1
	136,54	139,54	3,00	2
	139,54	142,54	3,00	3
	142,54	148,54	6,00	2
	148,54	151,54	3,00	3
151,54	165,34	13,80	2	
364BMTO635	165,34	167,04	1,70	3
364BMTO640	167,04	176,16	9,12	3
364BMTO645	176,16	194,39	18,23	3
	194,39	200,38	5,99	4
364BMTO646	200,38	201,49	1,11	3
**	201,49	202,79	1,30	**



No ANEXO A pode ser conferido o detalhamento referente a cada segmento do SNV analisado e na Tabela 4.4 é apresentado um resumo da Classificação por Estrelas para toda a região avaliada.

Tabela 4.4 - Tabela resumo da extensão total e respectivas porcentagens das faixas de classificação

<b>Classificação</b>	<b>Extensão</b>	<b>Porcentagem</b>
*****	6,1 km	3%
****	47,5 km	26%
***	73,5 km	40%
**	29,9 km	16%
*	28,9 km	16%
<b>Total</b>	<b>186 km</b>	<b>100%</b>

Não Avaliado	16,90 km
--------------	----------

Os dados de taxas da Tabela 4.4 permitiram observar que:

- 29% da rodovia encontra-se em boas condições, classificadas com 4 ou 5 estrelas, e são consideradas potencialmente seguras ao usuário de veículos automotores;
- 40% foi a taxa correspondente a rodovias com 3 estrelas, nota essa que é considerada a mínima para o cumprimento de padrões básicos de segurança em países em desenvolvimento (iRAP, 2015);
- Cerca de 32% corresponderam aos segmentos com classificação igual a 1 ou 2 estrelas que se configuram, por esse método, como segmentos com alta susceptibilidade à ocorrência de acidentes.

Tal cenário revela uma condição variável do aspecto de segurança do segmento analisado ao longo de sua extensão, denotando uma alta susceptibilidade de risco de acidente em cerca de um terço de sua extensão.

#### **4.2.2. Adaptação do resultado Classificação por Estrelas**

Com o intuito de se viabilizar a análise posteriormente com o método ISP, fez-se necessário estipular uma distância que passaria a servir como base para uma análise direta ao longo da extensão da rodovia, dado que a análise do método ISP seria feita em segmentos com extensão de 1km e o resultado da Classificação por Estrelas foi apresentado com coloração homogênea, mas de extensões variáveis.

Optou-se então por segmentar a Classificação por Estrelas também em segmentos de 1km de extensão, como expresso no mapa da Figura 4.13, em que o diâmetro de cada círculo corresponde a 1000 metros e a sua respectiva cor faz referência a Classificação por Estrelas obtida pela plataforma *online* do iRAP (Figura 4.13).

Essa medida acarretou em algumas aproximações e impuseram aos resultados uma pequena dispersão como expressa a Tabela 4.5.

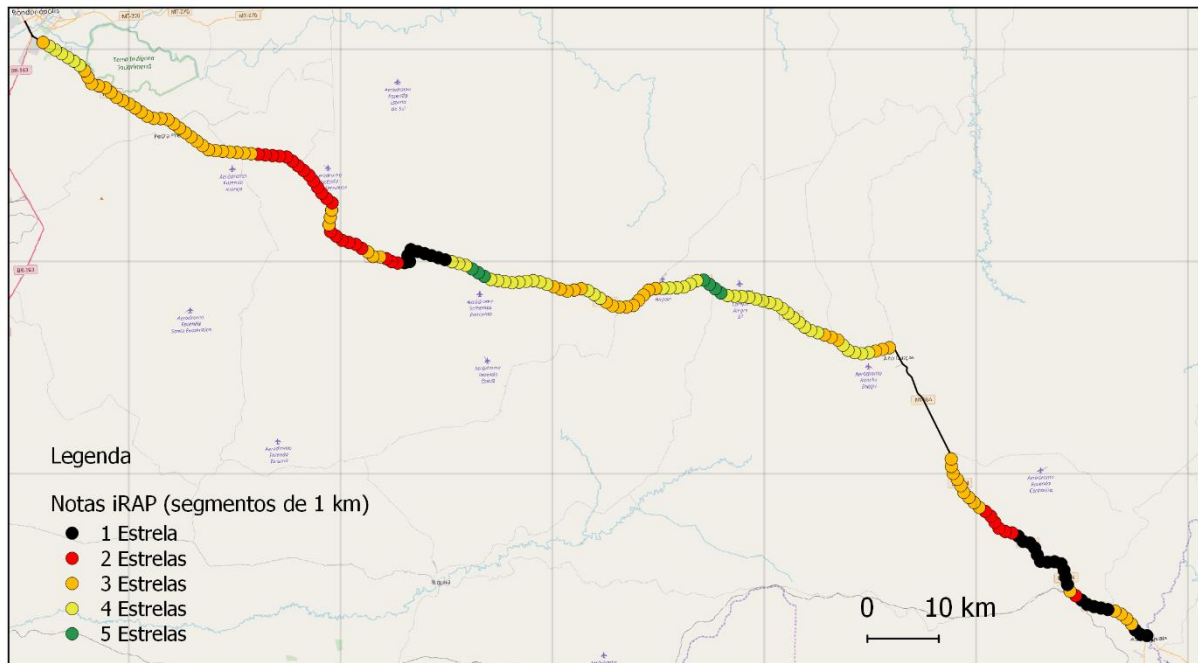


Tabela 4.5 - Respective extensões e diferença percentual das faixas antes e depois da Figura 4.2 - Mapa de Classificação por Estrelas adaptado para extensões de 1km adaptação

Estrelas	Original	Adaptado	Diferença
★	28,90 km	29,00 km	0%
★★	29,91 km	30,00 km	0%
★★★	73,46 km	73,00 km	-1%
★★★★	47,52 km	47,00 km	-1%
★★★★★	6,10 km	7,00 km	15%
<b>Total</b>	186 km	186 km	0%

Observa-se que não houver mudanças consideráveis, com exceção da classificação referente a 5 estrelas ao qual houve um acréscimo de 15%, mas que corresponde a uma distância

equivalente de 900 metros (apenas 0,5% da extensão total analisada da rodovia) e por esse motivo e devido ao caráter comparativo desse trabalho foram considerados plausíveis.

### 4.3. RESULTADOS ISP

Como produtos da aplicação desse método, destacam-se os valores obtidos pela análise e a elaboração de um mapa de localização dos pontos avaliados.

#### 4.3.1. Valores Obtidos

Para cada uma das categorias avaliadas pelo método ISP, pode-se traçar um perfil de comportamento ao longo da rodovia, conforme apresentado nas Figuras 4.14 a 4.22.

No comportamento da curva ISP parcial referente às “curvas” (Figura 4.14), é possível notar a presença de extensas áreas com nota máxima, isso se deve ao fato de a rodovia analisada possuir extensos segmentos retilíneos aos quais não se atribuem os atributos analisados. Observa-se também a presença de quedas muito bruscas na altura do quilômetro 126 ao quilômetro 144, trechos que predominam curvas sequenciais devido ao caráter montanhoso do terreno nessa região.

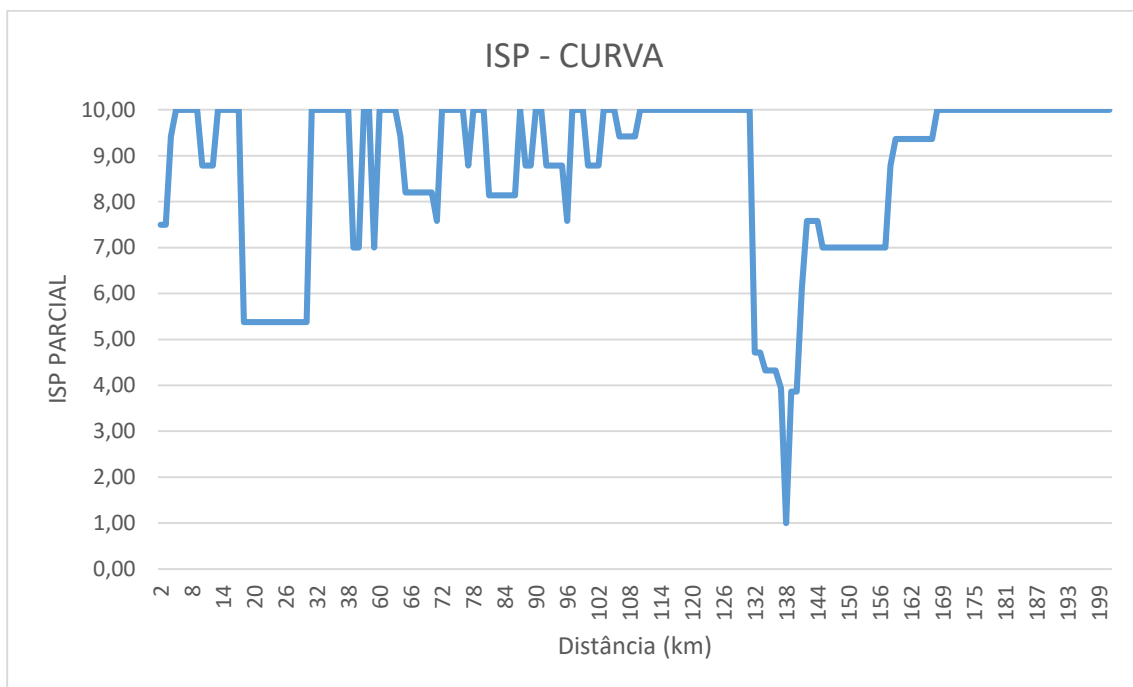


Figura 4.3 - ISP da macro categoria "curva"

No comportamento do ISP correspondente às interseções (Figura 4.15), observa-se que também há segmentos avaliados com nota máxima, por motivos similares aos das curvas. Ao logo da

rodovia rural, as interseções se restringiam a momentos pontuais referentes a entradas de fazendas e áreas industriais, além de regiões mais próximas aos centros urbanos.

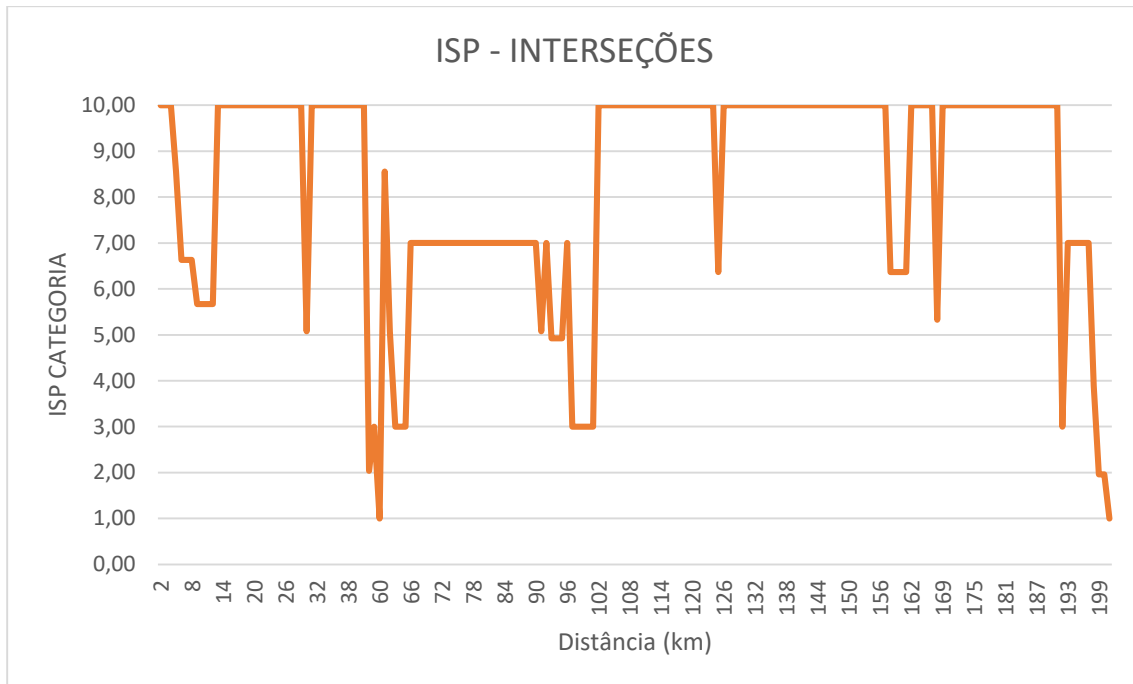


Figura 4.4 - ISP da macro categoria "interseções"

Da curva de ISP referente às sinalizações verticais e horizontais (Figura 4.16), observa-se que não há relação de notas maiores que 8, ficando a maioria dos segmentos situados em uma faixa que se estende de 3 a 5. Isso se deve às características da sinalização avaliadas ao longo da rodovia, como é o caso de áreas extensas com nenhuma ou com poucas faixas horizontais adequadamente pintadas; baixa quantidade de placas de sinalização vertical ao longo de sua extensão, e ausência de tachas refletivas em quase sua totalidade.

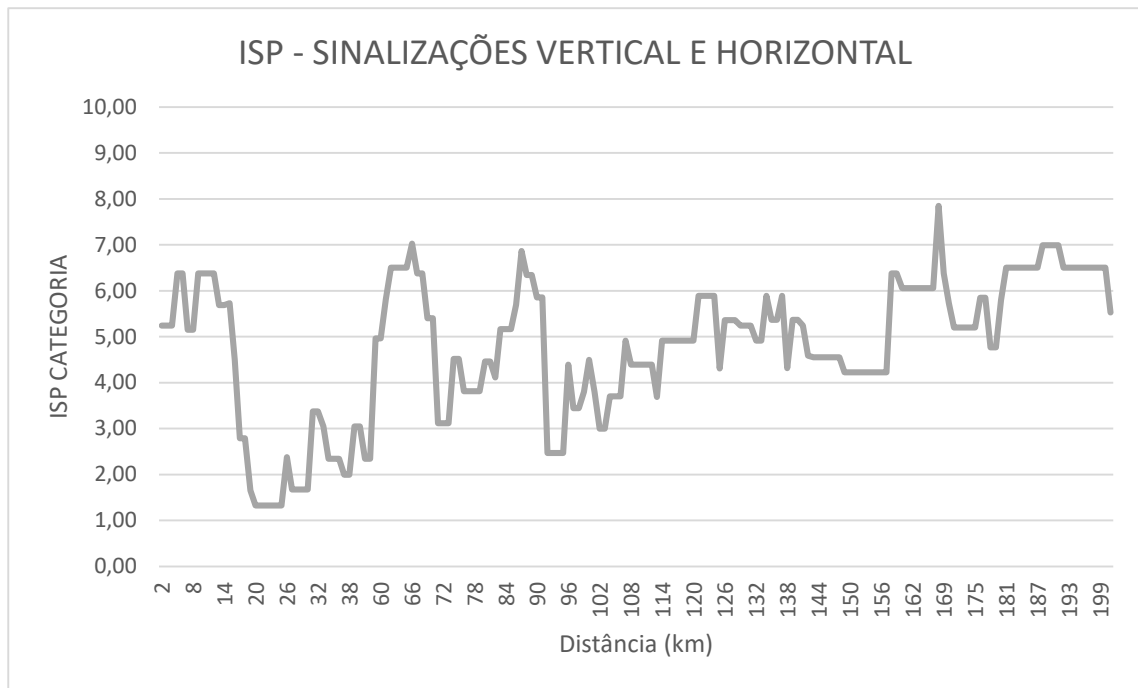


Figura 4.5 - ISP da macro categoria "sinalizações vertical e horizontal"

O perfil ISP para os elementos longitudinais é apresentado na Figura 4.17. A sua maior variabilidade se deve principalmente às oportunidades de ultrapassagem ao longo da via, que se julgou pontuais para serem realizadas de maneira segura, principalmente considerando-se que nessa via é esperado um número elevado de tráfego de caminhões.

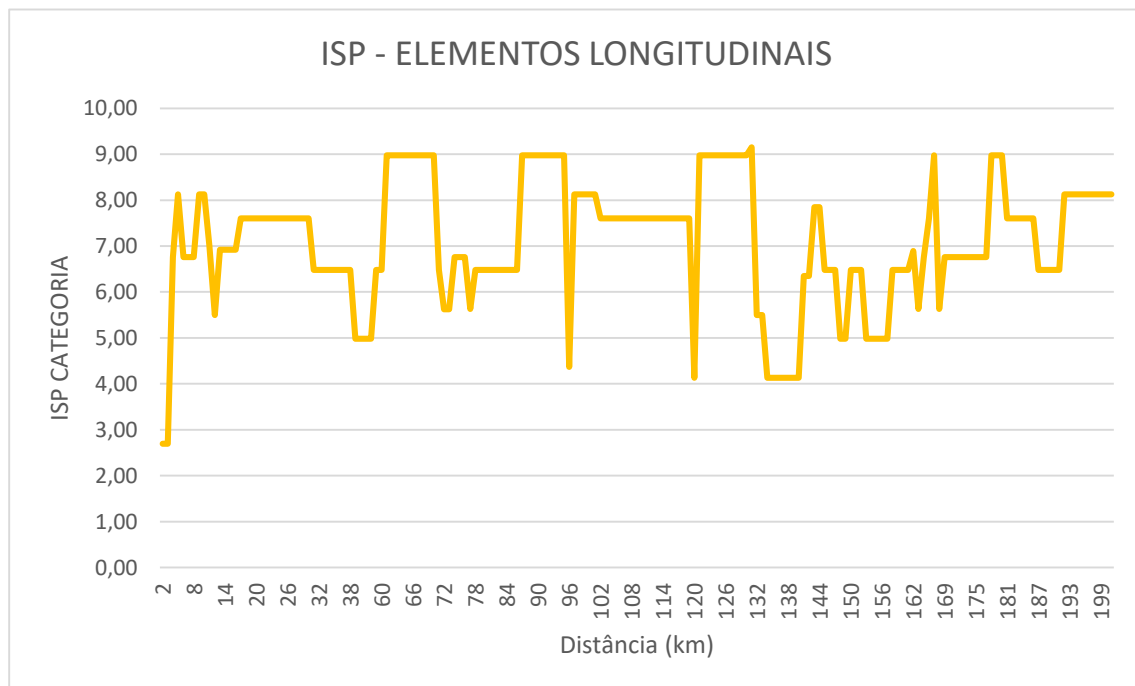


Figura 4.6 - ISP da macro categoria "elementos longitudinais"

Da curva de ISP para a categoria de seção transversal (Figura 4.18), depreende-se que ocorreu uma variabilidade considerável ao longo de sua extensão, principalmente com notas se alternando dentro da faixa da nota 4 e 7. Isso ocorreu principalmente aos fatores correspondentes as larguras da faixa e do acostamento e às condições da superfície do acostamento variou bastante ao longo da extensão.

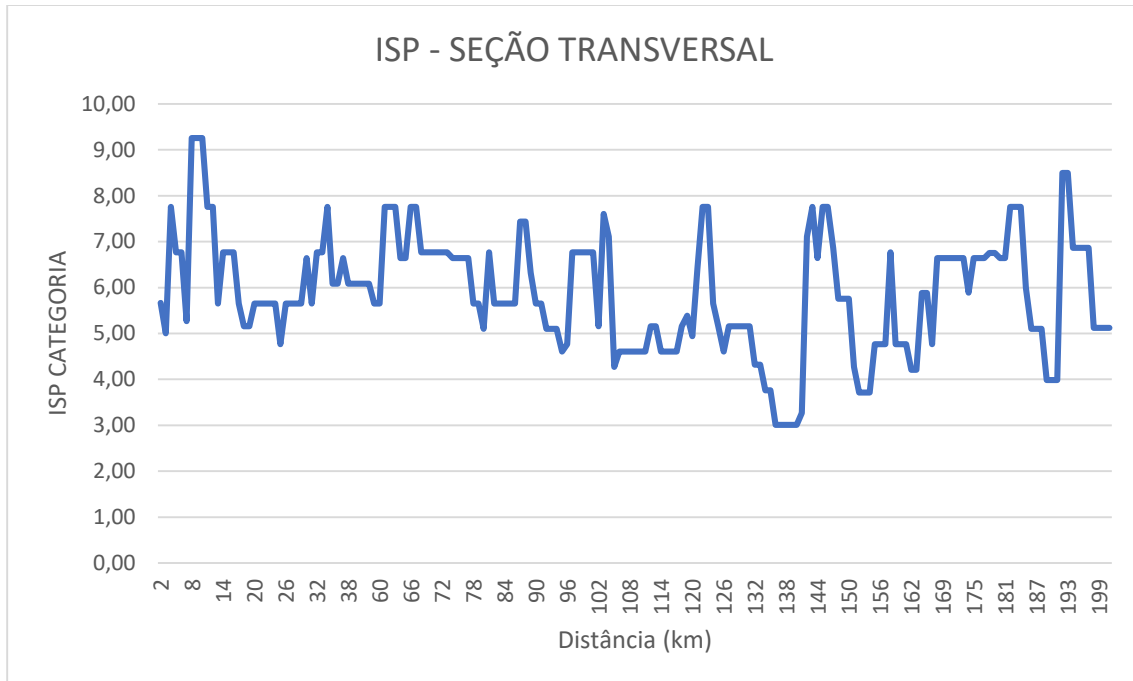


Figura 4.7 - ISP da macro categoria "seção transversal"

A curva de ISP para a macro categoria dos usuários vulneráveis (Figura 4.19) apresentou nota máxima ao longo de boa parte da extensão por se considerar que trechos rurais e muito distante da entrada de fazendas, indústrias e áreas urbanas poderiam dispensar esse tipo de tratativa. Por outro lado, sempre que próximo de áreas que poderiam remeter à circulação de pedestres ou ciclistas, avaliou-se a condição do possível tráfego e a presença de travessias, o que justifica certos pontos apresentarem notas mais baixas que os demais.

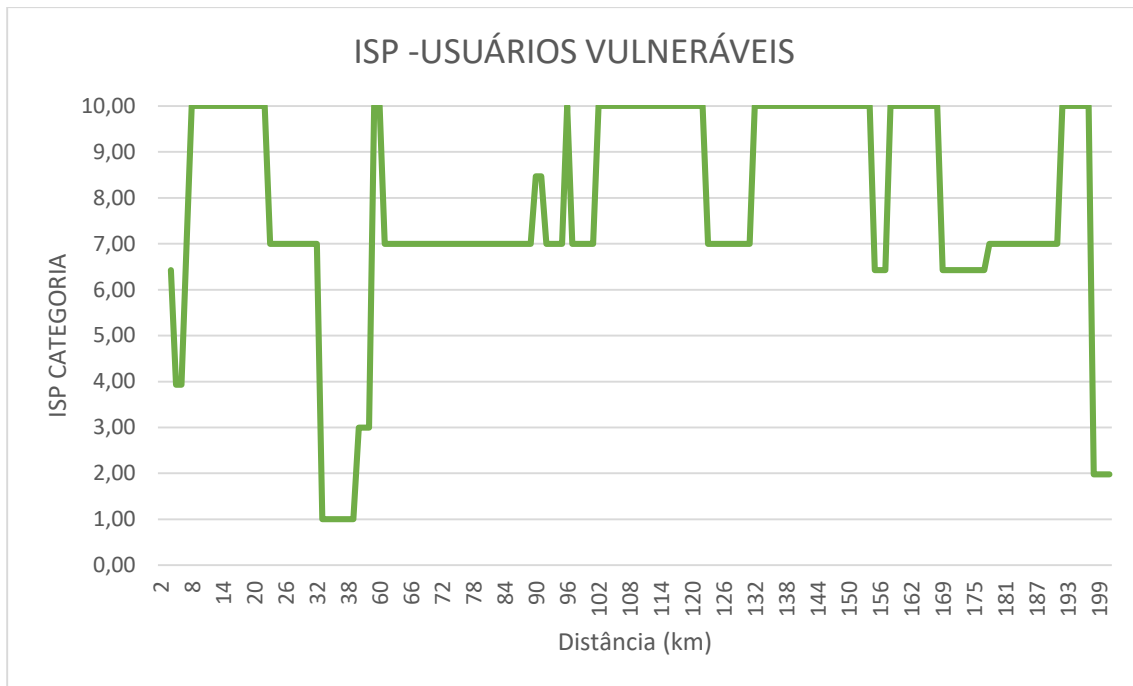


Figura 4.8 - ISP da macro categoria "usuários vulneráveis"

O comportamento variável do ISP referente às laterais da via se deu principalmente devido à análise dos atributos “elementos perigosos ao longo da via” e “acesso a propriedade e comércio lindeiro”. O primeira por conta do contraste da vegetação lindeira que ora se encontrava demasiadamente próxima à circulação de veículos com a presença de árvores espessas ora não se fazia presente permitindo uma área limpa de obstáculos. A segunda, por conta principalmente da entrada de fazendas e industrias próximas às vias que não possuíam um acesso adequado que poderia comprometer a segurança dos motoristas.

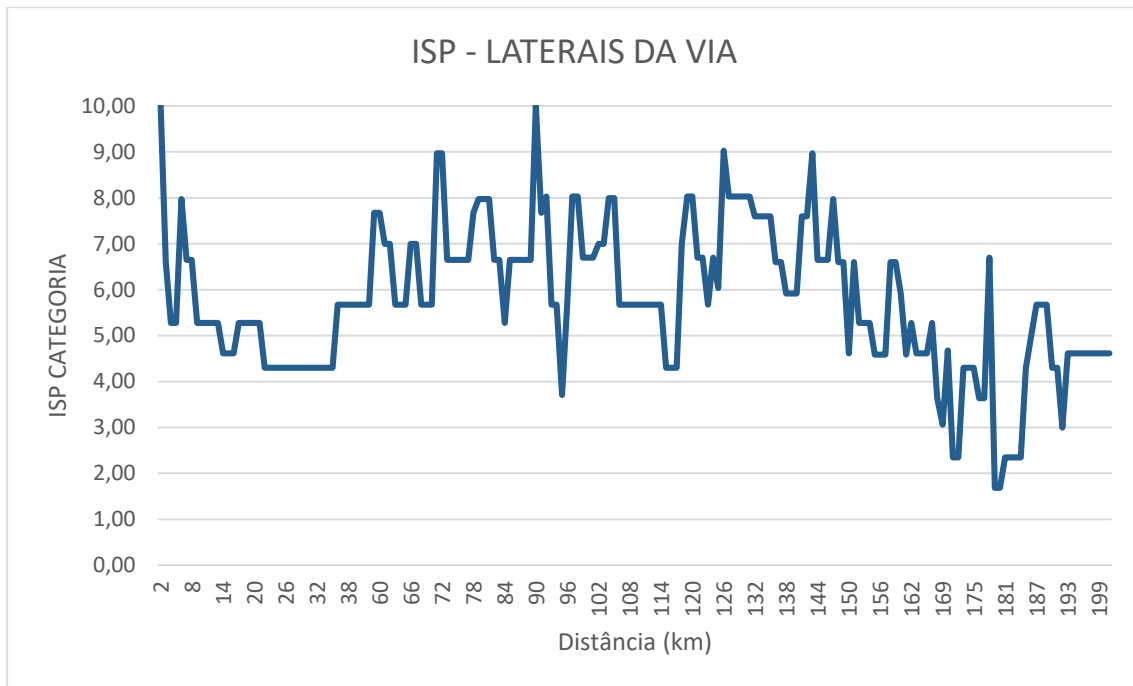


Figura 4.9 - ISP da macro categoria "laterais da via"

A curva de avaliação dos elementos gerais (Figura 4.21) se apresentou com valores consideravelmente elevados, variando na faixa da nota 7 a 10 em quase sua totalidade. Isso ocorreu por conta do uso de *outdoors* pouco frequentes ao longo da rodovia, “transição de ambiente rurais e urbano” se restringir às poucas áreas urbanas situadas no trecho analisado, e a “invasão de animais” se mal avaliada apenas naqueles locais em que não houvesse a presença de cercas protetoras e apresentasse indícios de ter seu uso destinado à pastagem. Por terem sido eventuais e localizados, justifica-se o comportamento da curva em questão.



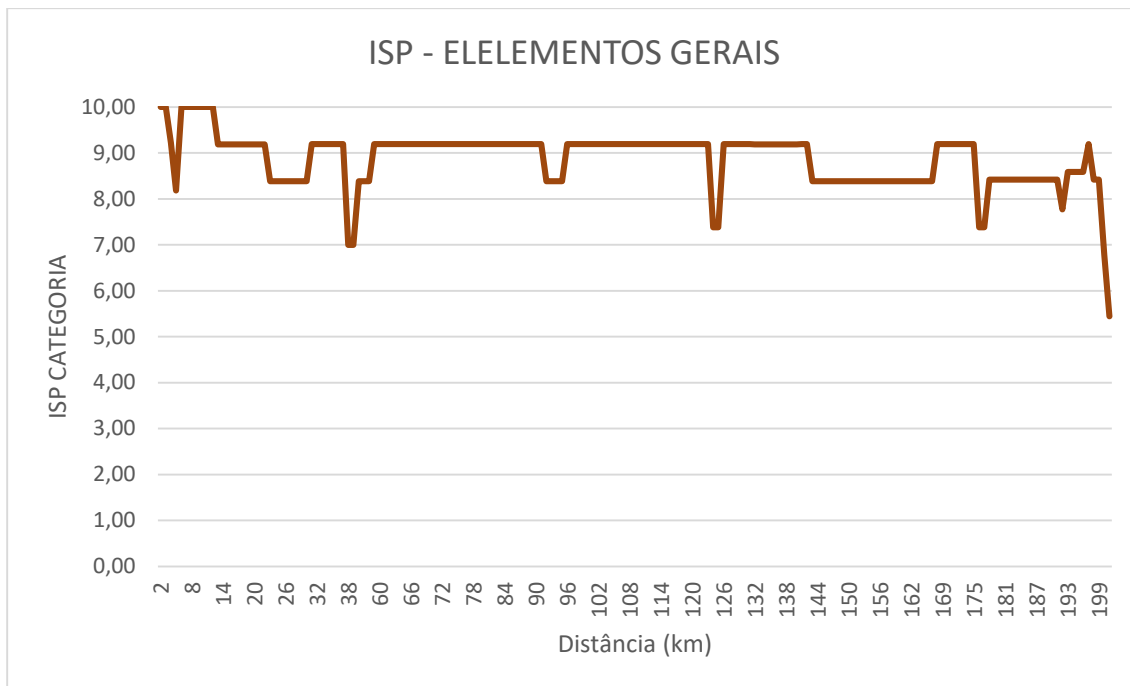


Figura 4.10 - ISP da macro categoria "elementos gerais"

Como apresentado na seção de metodologia o cálculo do ISP global se dá pela média geométrica dos 9 macros categorias avaliadas. Isso, portanto, remete ao comportamento da curva apresentada na Figura 4.22, a qual possui uma certa variabilidade ao longo da sua extensão, mas dentro de uma faixa estreita de valores (de 5 a 8 em sua maioria).

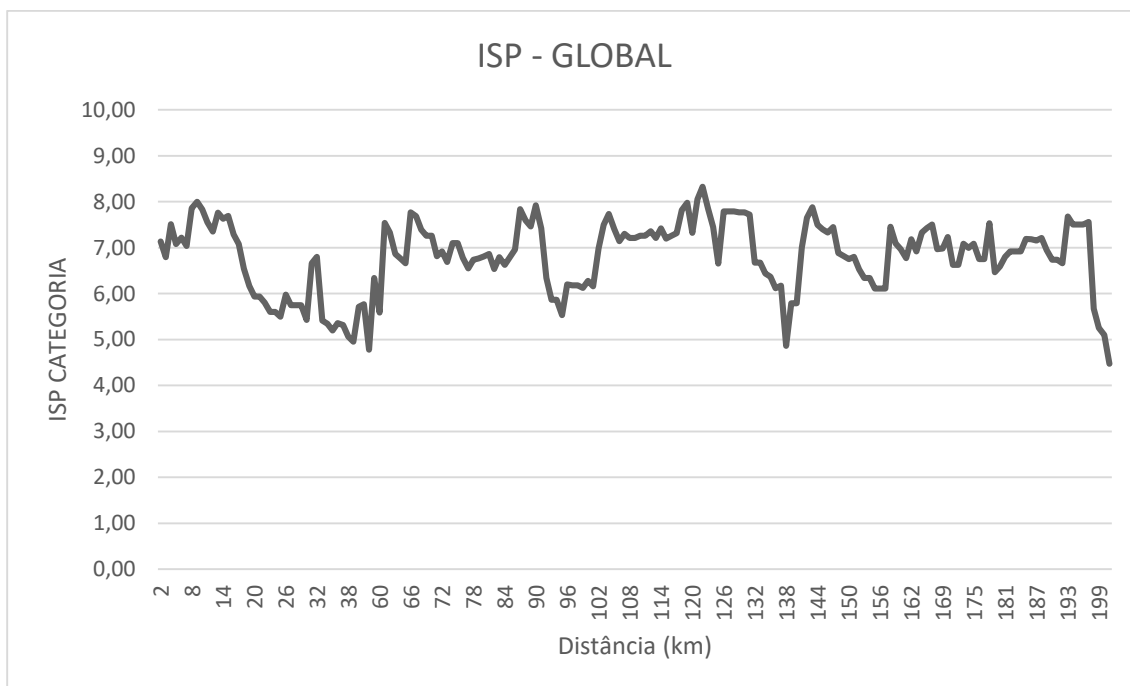


Figura 4.11 - Curva de ISP Global para todos os segmentos de 1km analisados

Visando uma representação que tornasse melhor a visualização do resultado e permitisse a compatibilização direta com os resultados obtidos pelo método da Classificação por Estrelas, optou-se pela elaboração de um mapa com o auxílio do *software* QGIS. O mapa encontra-se representado na Figura 4.23.

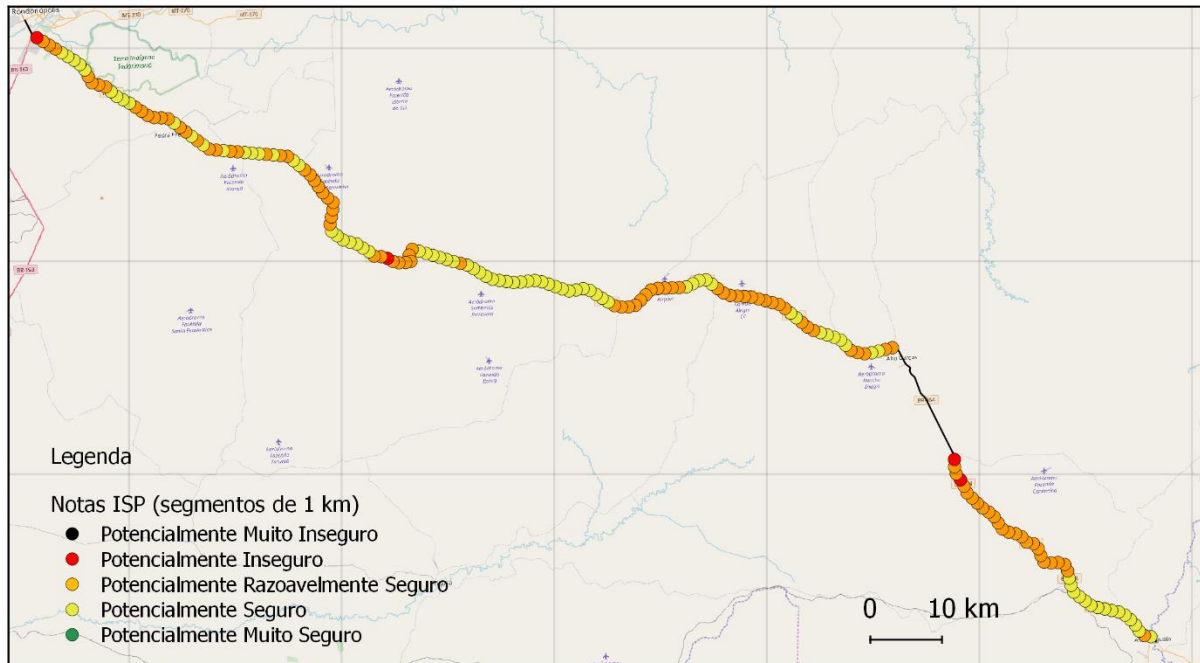


Figura 4.12 - Mapa dos resultados obtido pelo método ISP (elaboração própria).

Para o mapa em questão, cada círculo possui um diâmetro de 1000 metros, correspondendo exatamente a extensão de avaliação da rodovia proposta pelo método ISP. A porção descontínua que não possui nenhum círculo corresponde à porção que não foi avaliada por conta da falta de filmagens. A cor de cada círculo faz referência a cor correspondente à nota ISP do segmento, dentro categoria elaborada por Nodari (2003).

Na Tabela 4.6 está indicada um resumo das extensões que se enquadram dentro de cada categoria, com respectivas extensões e porcentagens.

Tabela 4.6 - Tabela resumo do método ISP e respectivas extensões e porcentagens

Classificação	Extensão	Porcentagem
$9 < \text{ISP} < 10$	0 km	0%
$7 < \text{ISP} < 9$	84 km	45%
$5 < \text{ISP} < 7$	98 km	53%
$3 < \text{ISP} < 5$	4 km	2%
$1 < \text{ISP} < 3$	0 km	0%
<b>Total</b>	<b>186 km</b>	<b>100%</b>

Observa-se da tabela que, mesmo havendo uma considerável variação da nota dos segmentos, das cinco faixas de valores apenas três apresentaram valores classificados.

Mais ainda, 98% da rodovia foi classificada com ISP igual a 5 ou mais, o que denota um caráter potencialmente seguro da maioria dos segmentos avaliados, e apenas 2% foi classificado dentro do intervalo de 3 a 5, compreendendo apenas a esses pontos a classificação de segmento potencialmente inseguro segundo a metodologia de Nodari (2003).

Utilizando a fórmula, proposta por Nodari (2003) e apresentada na fase de metodologia desse trabalho, para o cálculo do Índice de Segurança Potencial do Trecho analisado, observa-se que uma análise global de toda a extensão da rodovia remeteria aos valores apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Parâmetros e valor final do ISP Global de toda a rodovia analisada

<b>Número de Segmentos</b>	<b>Produto das Notas ISP</b>	<b>ISP GLOBAL</b>
186	7,7214E+151	6,56

Portanto, à rodovia BR-364MT seria atribuída a nota ISP igual a 6,56 que se situa dentro do intervalo de 5 a 7 proposto pelo método ISP e seria classificada genericamente como uma rodovia “potencialmente razoavelmente segura” segundo a metodologia proposta por Nodari (2003).

#### **4.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS E ISP PARA O TRECHO DA BR-364**

##### **4.4.1. Comparação dos Processos Metodológicos**

Quanto aos processos metodológicos, considerou-se como mais relevantes a nível de comparação entre os dois métodos usados: o tipo de inspeção, a extensão dos segmentos avaliados, o número de atributos avaliados e os fatores de ponderação de cálculo.

###### **a. Comparação quanto ao tipo de inspeção**

No que diz respeito à inspeção propriamente dita, o método de Classificação por Estrelas permite que essa seja feita tanto in loco quanto via vídeo registro. Já o método ISP apresentado por Nodari (2003) apenas faz menção às inspeções feitas no local.

Mais ainda, na fase de inspeção do método ISP é acrescida a necessidade (apesar de ter sido feito uma restrição nesse trabalho como expresso na metodologia) de se realizar a inspeção em diferentes condições climáticas como período noturno e período chuvoso (Nodari, 2003), o que impõe a necessidade de se realizar até três visitas ao campo. Para esse trabalho, a nível de ilustração, implica-se dizer que ao menos 600km de rodovia deveriam ter sido de fato percorridos para poder se fazer a análise.

Portanto, observa-se que a possibilidade de se realizar uma inspeção via vídeo registro proporciona um caráter de praticidade executiva à etapa de inspeção.

#### **b. Extensão do segmento avaliado**

Na inspeção da Classificação por Estrela são avaliados segmentos a cada 100 metros de rodovia enquanto no método ISP são avaliados a cada 1000 metros.

A avaliação de segmentos mais curtos tende a aumentar a acurácia dos resultados obtidos (Nodari, 2003) o que atribui ao método do iRAP uma vantagem relativa pelo fato de fazer 10 vezes mais avaliações em um mesmo trecho do que o método ISP.

Por outro lado, segmentos maiores tendem a possuir uma vantagem operacional, uma vez que avaliações mais espaçadas remetem a uma menor necessidade de preenchimento de formulários e a, conseqüentemente, um ganho de tempo expressivo.

#### **c. Número de atributos avaliados**

Na etapa de inspeção do método de Classificação por Estrelas são coletadas informações acerca de 50 diferentes atributos da rodovia. Contudo, por se tratar de um método que leva em consideração os usuários, a porção desses que é referente a análise empregada para motoristas de veículos se restringe a um total de 21 atributos, aos quais são possíveis atribuir parâmetros semi-quantitativos variados a depender de cada atributo (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 - Lista de atributos da Classificação por Estrela da avaliação do usuário motorista

Atributo	Valores Atribuíveis
Limite de Velocidade	13
Largura da Faixa	3
Largura do Acostamento Pavimentado - Direita	4
Largura do Acostamento Pavimentado - Esquerda	4
Curvatura	4
Qualidade da Curva	3
Delineamento	2
Condição da Rodovia	3
Sonorizadores ao longo do acostamento	2
Número de Faixas	6
Curvatura	4
Distância de Visibilidade	2
Tipo de Canteiro Central	15
Volume de Tráfego na Via Transversal	7
Tipo de Interseção	18
Qualidade da Interseção	3
Pontos de Acesso a Propriedades	4
Severidade Lateral - Distância à Direita	4
Severidade Lateral - Objeto à Direita	17
Severidade Lateral - Distância à Esquerda	4
Severidade Lateral - Objeto à Esquerda	17

No que se refere ao ISP, são coletadas informações acerca de 34 atributos dos quais 32 são referentes ao motorista de veículo.

Observa-se que o número de atributos analisado pelo método ISP é maior do que os da Classificação por Estrela no que se refere ao motorista de veículos.

Por outro lado, a análise referente a cada um dos atributos do método ISP se trata de uma análise qualitativa aos quais são atribuíveis 4 valores possíveis a depender da existência e intensidade do “problema descrito” (NODARI, 2003).

#### **d. Fatores de ponderação de cálculo**

Aos valores e formas utilizadas para a obtenção dos fatores de ponderação dos atributos considera-se que sejam atribuídas as maiores diferenças entres os métodos. Uma vez que Nodari (2003) recorreu à um questionário de pesquisa coletando a opinião baseada na experiência de diversos profissionais e o iRAP recorreu à uma extensa base de dados de diversos países acerca do impacto que determinadas infraestruturas têm sobre a incidência de acidentes.

#### 4.4.2. Comparação dos Resultados Obtidos

A respeito dos resultados obtidos por ambos os métodos, pode-se estabelecer um paralelo entre o nível de exploração de todas as 5 faixas de classificação correspondente de cada um. Para isso, insere-se aqui a definição de “grau de segurança” como uma forma de traçar a correspondência do nível de segurança a que cada faixa está submetida em ambos os métodos (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 - Comparação entre os valores obtidos para ambos os métodos em função de suas faixas de valores

Grau de Segurança	Classificação por Estrelas		ISP	
<b>Alto</b>	*****	6,1 km	9 < ISP < 10	0,0 km
<b>Médio Alto</b>	****	47,5 km	7 < ISP < 9	84,0 km
<b>Médio</b>	***	73,5 km	5 < ISP < 7	98,0 km
<b>Médio Baixo</b>	**	29,9 km	3 < ISP < 5	4,1 km
<b>Baixo</b>	*	28,9 km	1 < ISP < 3	0,0 km

Quanto à localização das respectivas faixas de valores, a Figura 4.24 a seguir permite uma comparação direta, ponto a ponto, dos valores atribuídos por cada método ao longo da extensão da rodovia. Para facilitar a visualização e análise, o traçado da rodovia foi duplicado e posto lado a lado com a coloração resultante da avaliação de cada método.

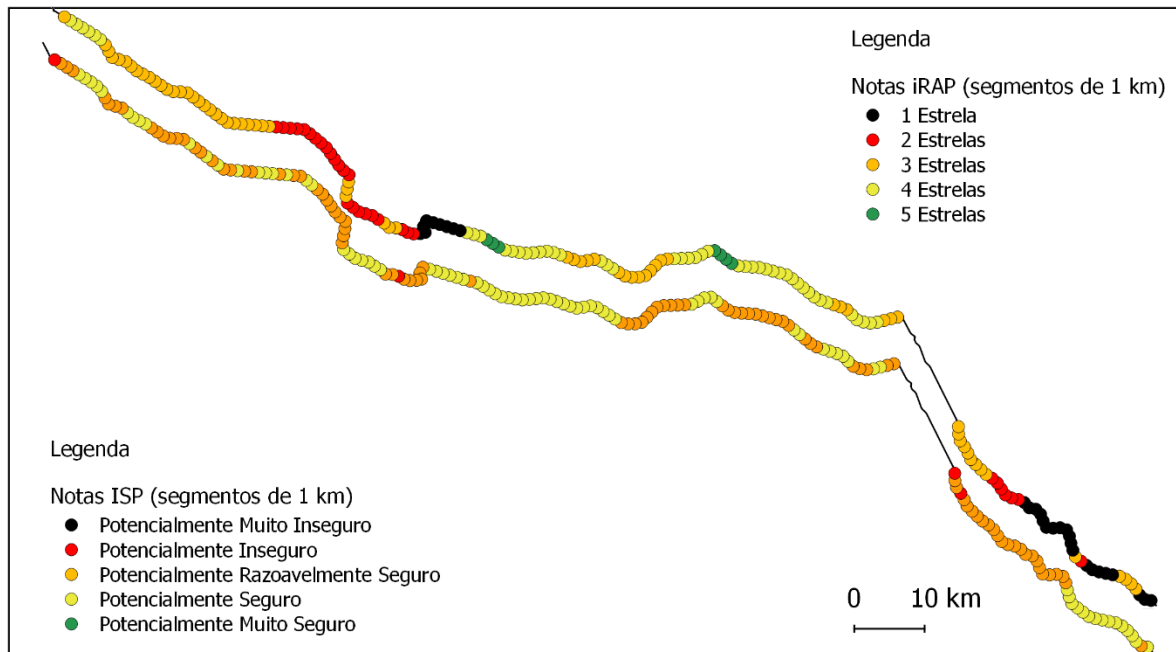


Figura 4.13 - Mapa comparativo entre os resultados de ambos os métodos

Observa-se que o resumo final da avaliação de ambos os métodos levou a resultados consideravelmente distintos quando analisados os valores absolutos e percentuais, uma vez que:

- O resultado do método de Classificação por Estrela explorou toda as 5 faixas de valores possíveis enquanto o ISP explorou 3 delas;
- Para o Método ISP cerca de 98% da rodovia encontra-se classificada com um grau de potencial de segurança médio ou acima, enquanto esse número diminui para 68% se analisado pela Classificação por Estrelas;
- Há 28,9km de rodovias consideradas com baixo grau de segurança segundo a Classificação por Estrela enquanto o ISP não indicou nenhuma extensão correspondente;
- Se analisadas geograficamente, as áreas que a Classificação por Estrelas indicou com “baixo” grau de segurança, apresentaram correspondência “médio” ou “médio alto” no método ISP.

Como forma de se procurar identificar onde os acidentes na rodovia em questão se concentram, optou-se por realizar um mapa de calor (Figura 4.25) com dados coletados do banco de dados da PRF em um período de 2010 a 2015, mesmo sabendo que tal análise não seria determinante para a validação de um método em detrimento do outro já que se tratam de métodos proativos de avaliação e que se restringem exclusivamente às análises do fator via/meio ambiente.

Para esse mapa em questão, a distribuição de acidentes está representada pela faixa vermelha ao redor da rodovia, aumentando sua intensidade nas regiões que concentraram uma maior quantidade de acidentes e apresentando uma tonalidade mais clara nas áreas em que os acidentes não foram tão frequentes.

A elaboração desse mapa, por sua vez, apresentou um ponto positivo no que diz respeito aos resultados obtidos pelo método da Classificação por Estrelas onde se observa que os pontos com maior intensidade de acidentes convergiram para as áreas que apresentaram uma maior concentração de acidentes nos 5 anos que antecederam as filmagens avaliadas, como expresso na Figura 4.25.

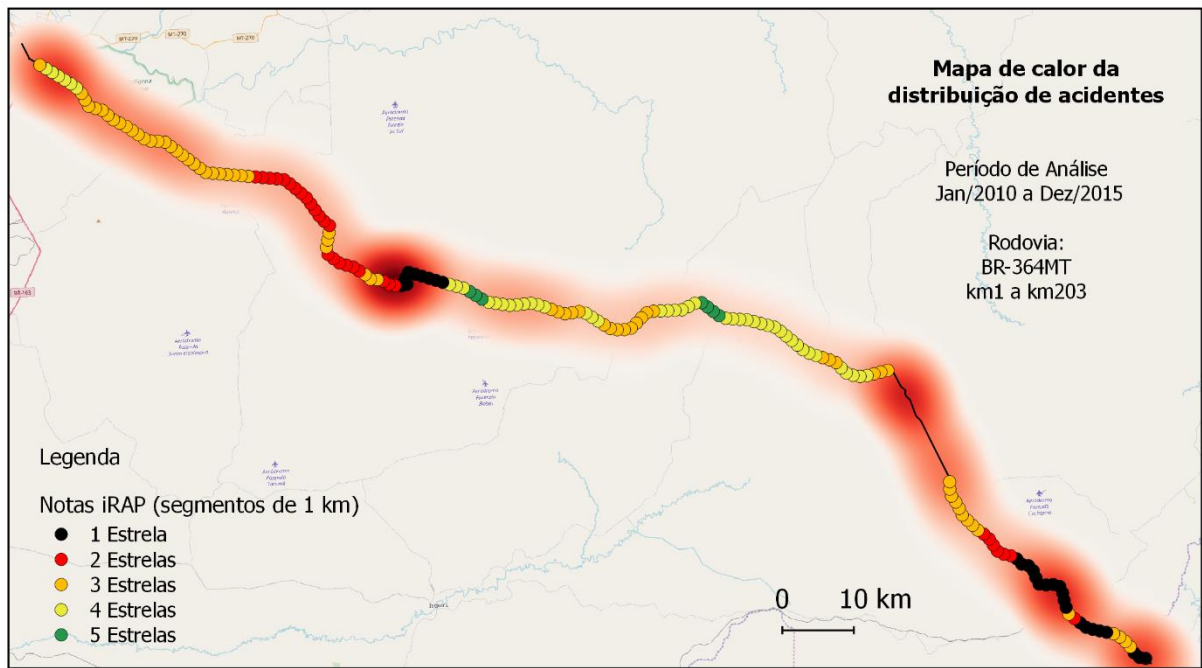


Figura 4.14 - Mapa de calor da distribuição de acidentes na rodovia



## 5. Conclusões

Pode-se concluir da elaboração desse trabalho que as aplicações de diferentes métodos de inspeção podem levar de fato a resultados distintos. Essa característica pode estar intrinsicamente ligada ao fato de se tratarem de métodos proativos que trabalham com a potencialidade de acidentes e de certa forma estão sujeitos às variabilidades de ações.

No que diz respeito às etapas metodológicas de cada método, atribuem-se ao motivo dessa distinção o tipo de inspeção, a extensão dos segmentos avaliados, os atributos avaliados por cada método e a ponderação desses atributos para o cálculo final. Desconsiderou-se para essa análise a variação decorrente do operador, uma vez que ambos os métodos foram realizados pelo mesmo indivíduo, utilizando os mesmos equipamentos e avaliando exatamente a mesma rodovia por meio de vídeo registros.

Quanto ao tipo de inspeção, a avaliação pode variar a depender de cada situação. Julgou-se a coleta de informações via vídeo registro como mais apropriada para longas extensões a serem analisadas, dada a dinamicidade e praticidade do procedimento. Praticidade essa que foi adaptada ao método ISP e permitiu análises consideravelmente mais rápidas do que se esperaria de uma análise em campo. Contudo, para extensões menores a serem avaliadas observa-se a vantagem da inspeção in loco em detrimento do vídeo registro dado a sua possível precisão mais elevada, e daí nota-se uma boa flexibilidade do método de Classificação por Estrelas que prevê a utilização de ambos os procedimentos.

Quanto à extensão dos segmentos, considerou-se que distâncias do método ISP de 1 quilômetro foram relativamente extensas para a análise de alguns atributos que se davam de maneira pontual ou com uma certa variação ao longo da extensão, como é o caso de “presença de elementos perigosos na lateral da via” e “acesso a propriedades e comércios lindeiros”, para esses casos o processo de avaliação se tornou um pouco confuso dado que teria que ser baseado em uma avaliação generalizada para todo o segmento.

Por outro lado, a avaliação a cada 100m da Classificação por Estrelas teve a facilidade de se permitir analisar elementos com alta taxa de variação em curtos espaços, o que pode ter acarretado em avaliações mais precisas e condizentes com o que prevê o método.

Quanto à lista de atributos, observa-se que o método ISP considera, para a potencialidade de segurança de motoristas, mais atributos do que o método de Classificação por Estrela (32 e 21, respectivamente). A princípio, esperava-se que esse maior leque de opções do método ISP, por

enquadrar mais combinações possíveis, iria apresentar uma boa exploração das faixas de valores de classificação. Contudo, o que foi observado é que das 5 faixas de valores, apenas 3 foram de fato exploradas.

Já o método de Classificação por Estrelas apresentou, em seus resultados, extensões enquadradas em todas as cinco classificações possíveis, revelando uma extensão de cerca de vinte quilômetros classificada com 1 estrela e, portanto, caracterizados como segmentos altamente críticos pelo ponto de vista de segurança.

Os resultados obtidos pelo método ISP se comportaram de maneira menos conservadora, superestimando a segurança em determinados pontos quando comparados aos resultados do mesmo trecho pelo método de Classificação por Estrela.

Os resultados obtidos pelo método iRAP apresentaram concordância com os pontos de maior concentração de acidentes na rodovia analisada. Essa observação, apesar de pouco conclusiva devido ao caráter proativo dos métodos empregados, levantou a hipótese de que os devidos tratamentos estariam sendo procedidos pela Classificação por Estrelas e que os resultados obtidos por ele apresentaram de certa forma maior acurácia.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se os esforços na elaboração de base de dados de coletas mais eficientes que possam proporcionar tratamentos estatísticos para a ponderação dos parâmetros a serem avaliados, uma vez que esse trabalho possibilitou demonstrar o impacto direto que essa etapa metodológica desempenha nos resultados finais obtidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2009). *ABNT NBR ISO 31000:2009*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ALMEIDA, R. L., FILHO, J. G., BRAGA, J. U., MAGALHÃES, F. B., MACEDO, M. C., & SILVA, K. A (2013). *Via, homem e veículo: fatores de risco associados à gravidade dos acidentes de trânsito*. Fortaleza.
- ASSUNÇÃO, L. T (2015). *Instrumento de auditoria de segurança viária para projeto rodoviários brasileiros*. Brasília: Universidade de Brasília .
- AUSTROADS (2009). *Guide to Road Safety Part 6: ROAD SAFETY AUDIT*. Sydney: Austroads Incorporated.
- BELLOS, E., EFSTATHIADIS, S., GKREMOS, I., & LOEUPULOS, V (2014). Road infrastructures' risk assesment: A valuable tool for investment decisions. *People Building and Environment 2014 (PEB2014)*, (p. 12). Kromeriz.
- CASTRILLÓN, A. D., e CANDIA, J. S (2003). *Guía para realizar una auditoria de seguridad vial*. CONASET, Santiago.
- CASTRO, A. L (2010). *Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres* (5ª ed.). Brasília.
- DNER (1988). *Manual de análise, diagnóstico, proposição de melhorias e avaliações econômicas dos segmentos críticos*. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes.
- DNIT/UFSC (2009). *Metodologia para identificação de pontos críticos*. Santa Catarina.
- EUROSTAT (2010). *Glossário de Estatísticas de Transportes* (4ª ed.).
- FERRAZ, C., JR., A. R., BEZERRA, B., BASTOS, T., e RODRIGUES, K. (2012). *Segurança Viária*. NEST USP, São Carlos.
- GOLD, P. A. (1998). *Segurança de trânsito - Aplicações de engenharia para reduzir acidentes*. Washington: Bancon Interamericano de Desenvolvimento.
- HILDEBRAND, E., e WILSON, F (1999). *Road Audit Safety Guidelines*. UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK, New Brunswick.
- IPEA (2015a). *Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do IPEA*. IPEA, Brasília.
- IPEA (2015b). *Acidentes de Trânsito das Rodovias Federais Brasileiras – Caracterização, Tendência e Custos Para a Sociedade*. IPEA, Brasília.
- iRAP (2009). *Star rating - Roads for Safety*. Hampshire.
- iRAP (2013). *Fact Sheet - Brasil*. São Paulo.

- iRAP Brasil (2014). *Relatório Técnico do Estado de São Paulo*. iRAP.
- JOB, R. S. (2012). Advantages and disadvantages of reactive (black spot) and proactive (road rating) approaches to road safety engineering treatments: When should each be used? *Policing and Education Conference* (p. 9). Wellington: Australasian Road Safety Research.
- JOHNSTON, I. (2010). *Highway Safety Manual* (Vol. 1). AASHTO.
- LIMA, I. M., FIQUEIREDO, J. C., MORITA, P. A., & GOLD, P. (2008). *Fatores condicionants da gravidade os acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. Brasília.
- MT (2002). *Procedimentos para o tratamento de locais críticos*. Brasília: Ministério dos Transportes.
- NODARI, C. T. (2003). *Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SCHOPF, A. R. (2006). *Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SOUZA, M. L. (2012). *Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária*. Brasília: Universidade de Brasília.
- WAIBL, G., TATE, D. F., E BRODIE, C. (2012). The development of a proactive road safety assessment tool - KiwiRAP. *Policing and Education Conference* (p. 11). Wellington: Australasian Road Safety Research.
- WHO (2011). *Decade of Action for Road Safety 2011-2020*. WORLD HEALTH ORGANIZATION, Geneva.
- WHO (2012). *Sistema de dados - Um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área*. World Health Organization.

## APÊNDICE A – DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS POR SEGMENTO DO SNV



Detalhamento trecho 1

Star Rating

Vehicle Occupant Star Rating Smoothed Star - Before countermeasure implementation

Código	364BMT0600
Local de Início	FIM PISTA DUPLA
Local de Fim	ENTR MT-100(B)/299 (P/ARAGUAINHA)
km inicial	1,50 km
km final	15,70 km
Extensão	14,20 km
Superfície Federal	PAV

© 2017 IRAP | [Terms of Use](#) | [Release notes](#)

IRAP is supported by:

Detalhamento trecho 2

Star Rating

Vehicle Occupant Star Rating Smoothed Star - Before countermeasure implementation

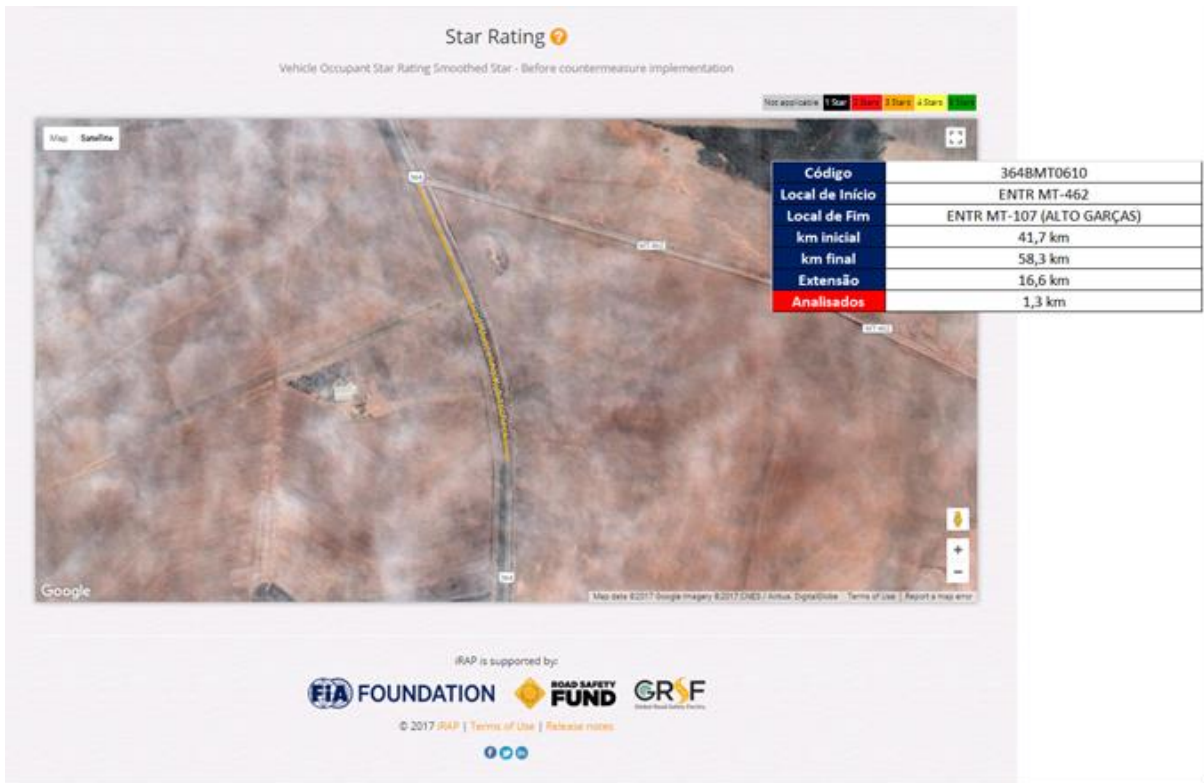
Código	364BMT0605
Local de Início	ENTR MT-100(B)/299 (P/ARAGUAINHA)
Local de Fim	ENTR MT-462
km inicial	15,70 km
km final	41,70 km
Extensão	26,00 km
Superfície Federal	PAV

© 2017 IRAP | [Terms of Use](#) | [Release notes](#)

IRAP is supported by:

Detalhamento trecho 3





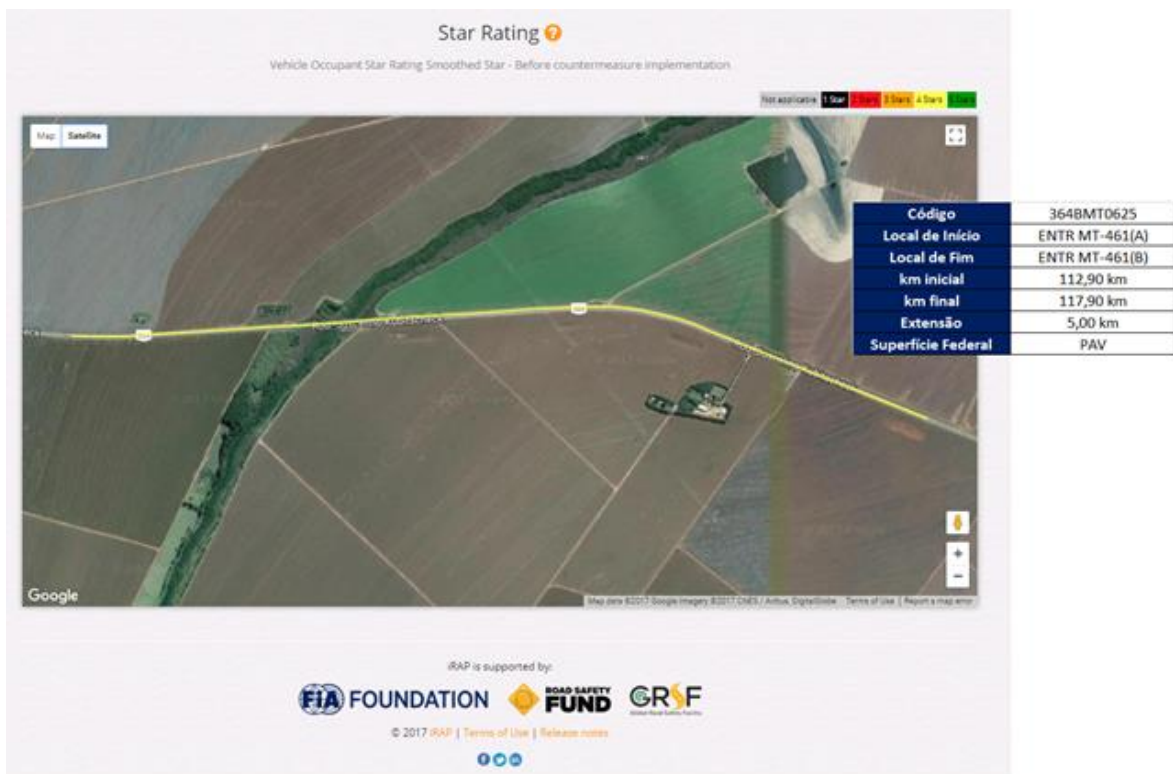
Detalhamento trecho 4



Detalhamento trecho 5

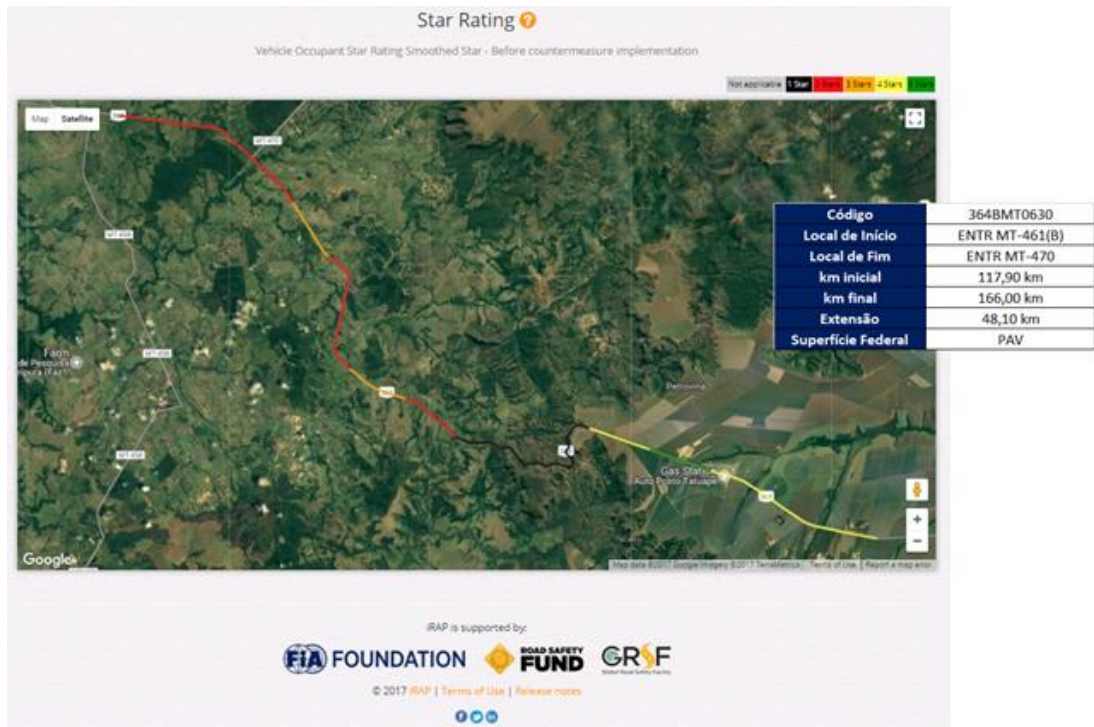


Detalhamento trecho 7



Detalhamento trecho 8

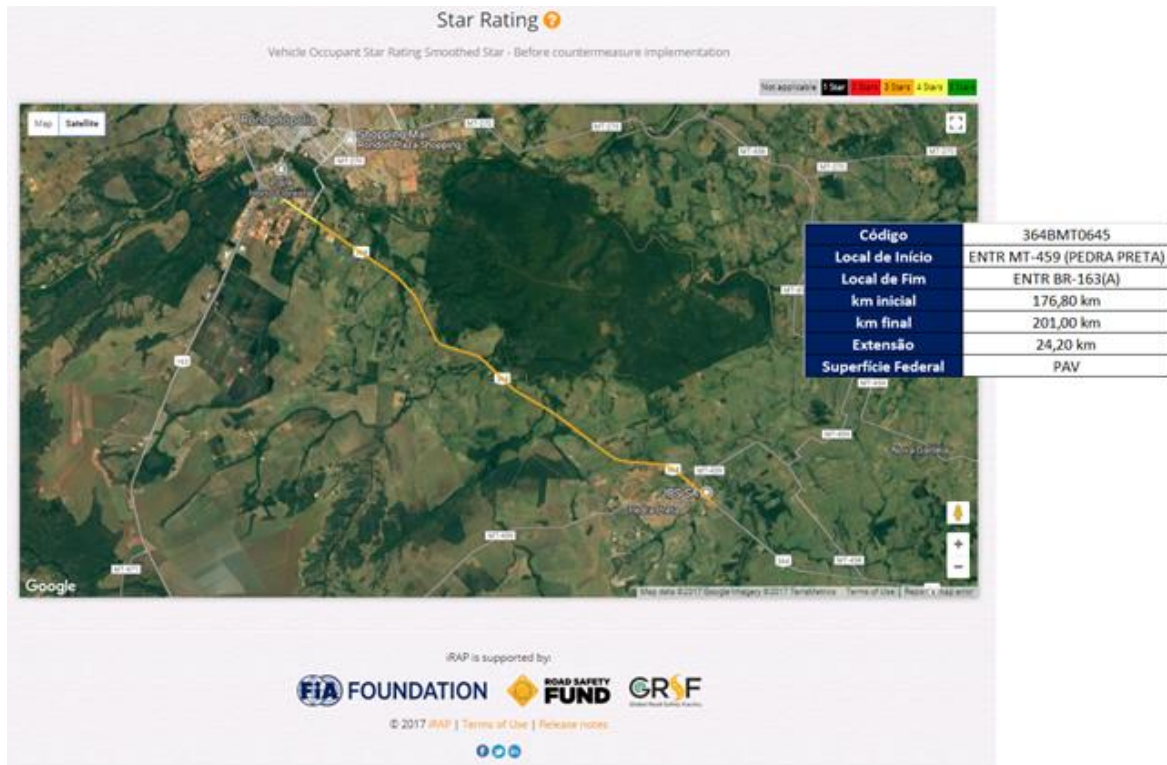




Detalhamento trecho 9



Detalhamento trecho 10



Detalhamento trecho 11