



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL EM  
RODOVIAS PEDAGIADAS E NÃO PEDAGIADAS DO RIO GRANDE  
DO SUL**

Gabriele Peiter

Lajeado, julho de 2020



Gabriele Peiter

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL EM  
RODOVIAS PEDAGIADAS E NÃO PEDAGIADAS DO RIO GRANDE  
DO SUL**

Projeto de Monografia apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientadora: Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi.

Lajeado, julho de 2020

Gabriele Peiter

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL EM  
RODOVIAS PEDAGIADAS E NÃO PEDAGIADAS DO RIO GRANDE  
DO SUL**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil

Profa. Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi - Orientadora  
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Me. João Rodrigo Guerreiro Mattos  
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Me. Matheus Lemos Nogueira  
Universidade de Caxias do Sul

Lajeado, julho de 2020

## RESUMO

O presente trabalho consiste na determinação do Índice de Segurança Potencial (ISP), é um procedimento indicado para a análise de rodovias brasileiras, e tem finalidade de retratar as condições de segurança de segmentos rodoviários, resultando em um perfil dos trechos inspecionados, sendo possível identificar os que apresentam maiores problemas nas condições de segurança e a característica física que causa essas deficiências. A metodologia baseia-se em fazer uma avaliação de campo das rodovias pedagiadas RSC-453 e BR-386, e não pedagiadas ERS-413 e BR-116, utilizando uma planilha de inspeção que contém 34 características principais a serem analisadas, como buracos na pista, qualidade da sinalização horizontal e vertical entre outros, dispondo também, de um gabarito de notas. A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que as rodovias variaram entre “Potencialmente razoavelmente seguro”, “Potencialmente seguro” e “Potencialmente inseguro”, o ISP global da RSC-453 foi de 6,95, a BR-386 de 7,39, a ERS-413 de 5,07 e a BR-116 de 5,11. Com os resultados, percebe-se que nas rodovias pedagiadas existe um maior investimento em manutenção e conservação do que nas não pedagiadas.

**Palavras-chave:** ISP, rodovias, concessão rodoviária, segurança viária.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1 Problema de pesquisa	10
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 Justificativa da pesquisa	12
1.4 Estrutura do trabalho	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
2.1 Segurança no transporte	14
2.2 O Índice de Segurança Potencial	16
2.2.1 Definição do ISP	16
2.3 Características físicas avaliadas pelo ISP	21
2.3.1 Superfície do pavimento	22
2.3.1.1 Patologias nos pavimentos	22

<b>2.3.2</b>	<b>Curvas horizontais</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2.1</b>	<b>Superlargura</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2.2</b>	<b>Superelevação</b>	<b>26</b>
<b>2.3.2.3</b>	<b>Visibilidade nas curvas horizontais e verticais</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Interseções</b>	<b>29</b>
<b>2.3.3.1</b>	<b>Faixas de mudança e canalização nas interseções</b>	<b>29</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Sinalização rodoviária</b>	<b>30</b>
<b>2.3.4.1</b>	<b>Sinalização vertical</b>	<b>31</b>
<b>2.3.4.2</b>	<b>Sinalização horizontal</b>	<b>31</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Elementos longitudinais</b>	<b>32</b>
<b>2.3.5.1</b>	<b>Rampas</b>	<b>32</b>
<b>2.3.5.2</b>	<b>Ultrapassagem</b>	<b>33</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Seção Transversal</b>	<b>33</b>
<b>2.3.6.1</b>	<b>Faixa de tráfego e pista de rolamento</b>	<b>33</b>
<b>2.3.6.2</b>	<b>Acostamentos</b>	<b>34</b>
<b>2.3.6.3</b>	<b>Taludes</b>	<b>35</b>
<b>2.3.6.4</b>	<b>Separador central</b>	<b>36</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Usuários vulneráveis</b>	<b>37</b>
<b>2.3.7.1</b>	<b>Pedestres</b>	<b>38</b>
<b>2.3.7.2</b>	<b>Travessia de animais</b>	<b>38</b>
<b>2.3.8</b>	<b>Laterais da via</b>	<b>39</b>

<b>2.3.8.1 Componentes perigosos ao longo da via</b>	<b>39</b>
<b>2.4 Estudos semelhantes realizados</b>	<b>40</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>42</b>
<b>3.1. Área de estudo</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1 BR-116</b>	<b>44</b>
<b>3.1.2 BR-386</b>	<b>45</b>
<b>3.1.3 RSC-453</b>	<b>46</b>
<b>3.1.4 ERS-413</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Elaboração do Índice de Segurança Potencial (ISP)</b>	<b>47</b>
<b>3.2.1 Principais aspectos que influem na segurança da via</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2 Análise dos aspectos físicos do ISP</b>	<b>49</b>
<b>3.3 Elaboração dos procedimentos de avaliação</b>	<b>51</b>
<b>3.3.1 Determinação do comprimento dos segmentos</b>	<b>51</b>
<b>3.3.2 Estimativa da escala de notas e planilha de inspeção em campo</b>	<b>52</b>
<b>3.3.3 Processo de inspeção</b>	<b>53</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Estudo dos trechos analisados e análise proativa</b>	<b>55</b>
<b>4.1.1 BR-116</b>	<b>56</b>
<b>4.1.1.1 Curvas</b>	<b>59</b>
<b>4.1.1.2 Sinalização horizontal e vertical</b>	<b>60</b>
<b>4.1.1.3 Seção transversal</b>	<b>62</b>

<b>4.1.1.4 Usuário vulnerável</b>	<b>64</b>
<b>4.1.2 BR-386</b>	<b>66</b>
<b>4.1.2.1 Interseções</b>	<b>69</b>
<b>4.1.2.2 Elementos longitudinais</b>	<b>70</b>
<b>4.1.2.3 Seção transversal</b>	<b>72</b>
<b>4.1.3 RSC-453</b>	<b>73</b>
<b>4.1.3.1 Superfície</b>	<b>75</b>
<b>4.1.3.2 Sinalização horizontal e vertical</b>	<b>77</b>
<b>4.1.3.3 Seção transversal</b>	<b>78</b>
<b>4.1.3.4 Laterais da via</b>	<b>79</b>
<b>4.1.4 ERS-413</b>	<b>80</b>
<b>4.1.4.1 Superfície</b>	<b>82</b>
<b>4.1.4.2 Sinalização horizontal e vertical</b>	<b>83</b>
<b>4.1.4.3 Seção transversal</b>	<b>85</b>
<b>4.1.4.4 Usuário vulnerável</b>	<b>86</b>
<b>4.1.4.5 Laterais da via</b>	<b>87</b>
<b>4.2 Comparação dos resultados</b>	<b>88</b>
<b>4.2.1 Rodovias estaduais</b>	<b>89</b>
<b>4.2.2 Rodovias federais</b>	<b>90</b>
<b>4.2.3 Rodovias pedagiadas</b>	<b>91</b>
<b>4.2.4 Rodovias não pedagiadas</b>	<b>92</b>

<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve grande crescimento nas áreas urbanas, que, em conjunto com a falta de investimento e planejamento, resultaram em impactos negativos para a segurança das vias brasileiras, segundo dados do Centro de Experimentação e Segurança Viária (CESVI), informações coletadas até o ano de 2006, apontam que há uma maior quantidade de acidentes em zona urbana, se comparado aos que ocorrem em rodovia, por exemplo, em 1999 foram 376.589 acidentes com vítimas, sendo 82.383 em área urbana e 31.208 em rodovias; já em 2006 o total foi de 320.333, destes, 245.350 foram em zona urbana e 49.035 em rodovias. Ou seja, ainda que haja grandes riscos nas estradas, como a utilização de grandes velocidades, baixa iluminação, pistas menos conservadas, as rodovias ainda causam menos acidentes.

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), em 2019, 48,1 % das rodovias do país apresentaram problemas de sinalização; no quesito pavimento 52,4 % foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas sendo o mesmo para 76,3 % para a geometria. Já no Rio Grande do Sul, 73,6 % das vias possuem imperfeições e 59,8 % dos pavimentos foram considerados regulares, ruins ou péssimos.

Segundo o Departamento de Trânsito do Rio Grande do Sul (DETRAN-RS), no primeiro semestre de 2019, ocorreram 733 acidentes fatais, totalizando 806 óbitos. Baseando-se nisto, fica claro a importância do gerenciamento da segurança

das vias, assim como se ter uma ferramenta de avaliação das condições de um determinado trecho. Por este fato, o presente trabalho analisará a situação da segurança viária de determinados trechos do Estado do Rio Grande do Sul, com o intuito de retratar aos condutores, as condições em que vão se deparar ao trafegar as rodovias.

A conservação das rodovias gera grandes gastos para o Governo em todas as suas esferas (federal, estadual e municipal), e como são priorizados os serviços de saúde e educação, o estado pode optar por passar a gestão para uma empresa privada, que tem o dever de manter boas condições de tráfego. Para isso, passam a cobrar uma tarifa para poderem administrá-las. Devido a cobrança desta taxa, espera-se que a rodovia tenha índices melhores de segurança se comparada as que não possuem pedágios.

O Índice de Segurança Potencial (ISP), é indicado para o estudo do trecho de uma rodovia, registrando os locais que devem ter prioridade no tratamento da segurança, ajudando na tomada de decisões sobre a interferência a ser adotada.

## **1.1 Problema de pesquisa**

Qual o nível de segurança e a condição em que se encontram algumas rodovias pavimentadas, pedagiadas e não pedagiadas, no Estado do Rio Grande do Sul?

## **1.2 Objetivos**

A seguir serão apresentados os objetivos geral e específico desta monografia.

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar a segurança de alguns trechos de rodovias federais e estaduais, pedagiadas e não pedagiadas no Rio Grande do Sul utilizando o Índice de Segurança Potencial.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) verificar as condições de segurança para cada trecho rodoviário, por meio de levantamento em campo;
- b) determinar o ISP dos trechos analisados;
- c) identificar os trechos mais críticos de cada rodovia analisada;
- d) propor melhorias nos trechos críticos;
- e) comparar o ISP de rodovias federais e estaduais, pedagiadas e não pedagiadas;
- f) verificar a influência dos pedágios na qualidade da rodovia.

### **1.3 Justificativa da pesquisa**

Acidentes rodoviários são uma grande preocupação no mundo. Branco (1999), cita que, de acordo com estatísticas, os países mais desenvolvidos lidam com milhares de acidentes e vítimas todos os anos. O Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2017), apresenta que, no ano de 2010, houve um grande crescimento na frota de veículos do Brasil, impulsionado pelos benefícios concedidos pela indústria automobilística, porém, na infraestrutura das vias não aconteceram ampliações significativas, resultando um total de 89.396 acidentes em rodovias federais no ano de 2017. No Rio Grande do Sul, em 2018, foram 4.138 acidentes (com morte ou feridos) em rodovias, porém, houve uma queda de 7,6 % do total de mortes em comparação com 2017.

Devido à falta de manutenção e monitoramento da segurança viária, este trabalho tem como justificativa tratar deste tema de forma metódica e objetiva, com a finalidade de reduzir os prejuízos sociais e econômicos resultantes dos acidentes viários no Rio Grande do Sul, empregando o método de avaliação de segurança potencial.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

Este trabalho é composto por 5 capítulos, sendo o primeiro composto pela introdução, subdividida em problema de pesquisa, objetivos geral, específico e justificativa do trabalho.

O capítulo 2 apresenta o referencial bibliográfico, onde são retratadas as equações de cálculo do índice, dados de acidentes e aspectos gerais das rodovias.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada para a obtenção do índice, tais como, inspeção em campo, tabelas com características a serem avaliadas.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussão acerca dos dados obtidos através da avaliação em campo.

O capítulo 5 é composto pelas considerações finais a respeito do trabalho.

## 2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Segundo Hoel, Garber e Sadek (2011), o transporte tem como objetivo a troca de bens, informações, movimento de pessoas, e contribui para o desenvolvimento econômico do país. A qualidade do transporte está diretamente ligada com o direito da sociedade de utilizar os seus recursos naturais e influencia também no preço dos produtos.

Conforme Lee (2015), uma rodovia pode ser entendida como um elemento com dimensões longitudinais, com referência geométrica a uma linha contínua. Ela é projetada e executada a fim de possibilitar seu uso de uma forma segura e eficiente, por todos os tipos de veículos automotores que tenha autorização para circular em vias públicas, obedecendo às normas vigentes.

### 2.1 Segurança no transporte

Para Hoel, Garber e Sadek (2011), calcula-se que, aproximadamente, 1,2 milhão de pessoas são mortas e 50 milhões se ferem por ano em rodovias de todo o mundo; No Brasil as principais causas de acidentes são a falta de atenção, não manter a distância segura, velocidade divergente à permitida, defeito mecânico no

automóvel, animais na pista, violar as sinalizações, sono do condutor ao volante, abuso de álcool, ultrapassagem inadequada e, por último, defeitos na via. É possível perceber que nos últimos anos foram inseridas medidas com a finalidade de melhorar a segurança do veículo, como os *air bags*, freios ABS e cintos de segurança.

Embora hajam vários fatores que possam envolver um acidente, Hoel, Garber e Sadek (2011), classificam as causas em quatro categorias: condição do veículo, ações do condutor, ambiente físico ou climático e características geométricas da via. O condutor pode cometer erros de várias maneiras, como falta de atenção, desrespeito às leis vigentes, entre outros. Problemas mecânicos no veículo também podem ocasionar colisões. A rodovia deve fornecer distância de visibilidade apropriada para a velocidade exigida do trecho, a sinalização precisa estar de acordo com o exigido pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

De acordo com Bonatto (2018), o fator humano é considerado o maior causador de acidentes, e uma das melhores maneiras de lidar com esta situação é a educação, que deve preparar os condutores e pedestres. Além disso, deve-se ter um investimento em infraestruturas de transporte mais seguras, veículos mais inteligentes, um controle do uso do solo, e um maior cuidado com as vítimas acidentadas.

Segundo Schopf (2006), a segurança viária pode ser classificada de duas maneiras: as ações corretivas e as preventivas. As corretivas são aquelas com objetivo de resolver os problemas que causam excessos de acidentes em determinados locais da rodovia, e as preventivas identificam situações de risco que possam vir a ocasionar colisões, antes que elas ocorram. Estas ações também podem se diferenciar em seu custo, sendo a preventiva de um valor menos exorbitante, visto que age antes que ocorram os acidentes.

As melhorias também podem ser em forma de leis, normas e fiscalização, que segundo Hoel, Garber e Sadek (2011), são medidas necessárias quando a intenção é melhorar a segurança do transporte. Porém, primeiramente é preciso definir o

resultado que se pretende obter com esta ação, sendo que o principal objetivo deste planejamento é evitar colisões.

Também destaca-se as melhorias introduzidas nas rodovias. Como expõe a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2019), houve um aumento de 8,4% na extensão de rodovias federais pavimentadas entre os anos de 2008 a 2018, sendo quase 1% ao ano e, para mitigar o número de acidentes, as medidas mais adotadas são um projeto de qualidade para a geometria da via, sinalização com retrorefletores e sistema anti-ofuscamento e operações para manter a qualidade da rodovia. Acredita-se que é através da prevenção que haverá avanços na segurança viária.

## **2.2 O Índice de Segurança Potencial**

O Índice de Segurança Potencial é um método resultado da tese da Prof. Dra. Christine Tessele Nodari (2003), para avaliação de trechos rodoviários rurais pavimentados e de pista simples. É um procedimento indicado para a análise de rodovias brasileiras, e tem finalidade de retratar as condições de segurança de segmentos rodoviários, resultando em um perfil dos trechos inspecionados, sendo possível identificar os que apresentam maiores problemas nas condições de segurança e a característica física que causa essas deficiências.

### **2.2.1 Definição do ISP**

De acordo com Nodari (2003), o Índice de Segurança Potencial Global ( $ISP_{\text{global/segm}}$ ) aponta as condições globais de segurança de uma rodovia e é desenvolvido a partir dos Índices de Segurança Potencial Parcial ( $ISP_{\text{parcial/segm}}$ ) que

repercutem as condições potenciais de segurança relativo a cada macro categoria utilizada no estudo. Há 9  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Índices

$ISP_{\text{parcial/segm}}$	Macro categoria avaliada pelo $ISP_{\text{parcial/segm}}$
ISP <sub>sup.</sub>	Superfície do pavimento
ISP <sub>cur.</sub>	Curvas
ISP <sub>int.</sub>	Interseções
ISP <sub>sin.</sub>	Sinalização vertical e horizontal
ISP <sub>lon.</sub>	Elementos longitudinais
ISP <sub>tran.</sub>	Elementos da seção transversal
ISP <sub>vul.</sub>	Usuários vulneráveis
ISP <sub>lat.</sub>	Laterais da via
ISP <sub>el.g.</sub>	Elementos gerais

Fonte: Nodari (2003. p. 109).

Cada um dos  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  é uma união das características que constituem a macro categoria na qual o  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  se refere, onde o número de características em cada macro categoria se diferencia. Calcula-se os  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  a partir dos pesos adquiridos e notas obtidas nas análises que demonstram as condições em que cada aspecto se encontra na rodovia avaliada. Os  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  são exemplos compensatórios, ou seja, se há uma característica em nível alto supre a presença de uma em nível baixo, isto é, se houver uma boa iluminação em um cruzamento (nível alto do aspecto iluminação) pode compensar o projeto imperfeito da interseção (nível

baixo para o aspecto projeto) (NODARI, 2003). A Equação 1 mostra como se obter o  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  :

$$ISP_{\text{parcial/segm}} = \sum_{i=1}^m (p_i \cdot n_i) \quad (1)$$

Sendo:

$ISP_{\text{parcial/segm}}$  - Índice de segurança potencial parcial;

$p_i$  – peso da característica  $i$  em cada macro categoria;

$n_i$  – nota da característica  $i$  resultante da avaliação em campo;

$i$  – característica que integra a macro categoria.

Nodari (2003), esclarece que a consolidação dos 9  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  para se obter o  $ISP_{\text{global/segm}}$  deve ser feita utilizando a média geométrica nos  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  do trecho. O uso da média geométrica é adequado para a estabilização dos 9  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  em um  $ISP_{\text{global/segm}}$ , visto que a má atuação em uma macrocategoria não é compensado pelo bom desempenho em uma outra macrocategoria, diferentemente do  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  como explicado no parágrafo anterior. Por exemplo, curvas em condições ruins não são supridas por boas interseções no fornecimento de um ambiente viário seguro. Logo, esta média é aplicada pelo fato de que baixo desempenho em uma macro categoria não é suprido pelo bom desempenho de outra, com isto pretende-se reconhecer aqueles trechos que obtiveram valores de  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  similar nas 9 macro categorias analisadas. A Equação 2 mostra como se obtém do  $ISP_{\text{global/segm}}$  :

$$ISP_{\text{global}} = \sqrt[9]{ISP_{\text{su}} \cdot ISP_{\text{cu}} \cdot ISP_{\text{int}} \cdot ISP_{\text{sin}} \cdot ISP_{\text{lon}} \cdot ISP_{\text{tra}} \cdot ISP_{\text{vul}} \cdot ISP_{\text{lat}} \cdot ISP_{\text{el.g}}} \quad (2)$$

Sendo:

$ISP_{\text{global/segm}}$  – Índice de segurança global;

$ISP_{\text{sup}}$  – Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “superfície do pavimento”;

$ISP_{cur}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “curvas”;

$ISP_{int}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “interseções”;

$ISP_{sin}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “sinalização vertical e horizontal”;

$ISP_{lon}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “componentes longitudinais”;

$ISP_{tran}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “componentes da seção transversal”;

$ISP_{vul}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “usuários vulneráveis”;

$ISP_{lat}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “laterais da via”;

$ISP_{el. g}$  - Índice de segurança potencial parcial relativo à macro categoria “elementos gerais”.

O ISP é adquirido para cada segmento de 1 km de comprimento dentro do trecho da via analisada, não possuindo limite para a sua extensão. O  $ISP_{parcial/segm}$  representa a segurança potencial deste segmento e a condição de segurança potencial que engloba o trecho como um todo é indicado pelo Índice de Segurança Potencial Trecho ( $ISP_{trecho}$ ), que pode ser adquirido pela média geométrica dos  $ISP_{parcial/segm}$  (NODARI, 2003). Obtém-se o  $ISP_{trecho}$  a partir da Equação 3:

$$ISP_{trecho} = \sqrt[n]{\pi \cdot ISP_{segm}} \quad (3)$$

Sendo:

$ISP_{\text{trecho}}$  – Índice de segurança potencial do trecho avaliado;

$ISP_{\text{parcial/segm}}$  – Índice de segurança potencial dos segmentos que constituem o trecho analisado;

n – número de segmentos avaliados.

Ainda segundo Nodari (2003), o  $ISP_{\text{global/trecho}}$  é adequado para avaliar trechos da rodovia como um todo, sendo útil para apontar quais destes devem ter preferência ao que se refere à segurança. O  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  é indicado para identificar quais decisões devem ser tomadas sobre os locais a serem corrigidos e quais tratamentos adotar. Com isto, ainda pode ser analisado a partir das notas das observações em campo, qual o aspecto, dentro das macro categorias, que aponta os maiores problemas relacionados à segurança. A Tabela 2 mostra as faixas de valores dos ISP, relacionados à definição da condição de segurança potencial e a cor que corresponde ao perfil.

Os valores dos ISPs de cada trecho avaliado, são calculados em planilhas do excel e são exibidos relacionados com uma escala de cores, que tem como finalidade demonstrar a condição de segurança potencial da seção, auxiliando na visualização do estado do trecho como um todo. Quanto maior o ISP, mais seguro é o local e mais claro é a tonalidade empregada na sua representação gráfica.

Tabela 2 – Faixas de valores dos ISP e cores correspondentes

<b>Valor do ISP</b>	<b>Condição correspondente do segmento</b>	<b>Cor correspondente</b>
1 < ISP < 3	Potencialmente muito inseguro	Preto
3 < ISP < 5	Potencialmente inseguro	Vermelho
5 < ISP < 7	Potencialmente razoavelmente seguro	Laranja
7 < ISP < 9	Potencialmente seguro	Amarelo
9 < ISP < 10	Potencialmente muito seguro	Branco

Fonte: Nodari (2003. p. 121).

Com base nos parâmetros de avaliação dos ISP parcial, serão apresentadas a seguir informações a respeito de cada área de análise realizada em campo.

### **2.3 Características físicas avaliadas pelo ISP**

Nodari (2003), expõe que um bom projeto rodoviário deve proporcionar ao condutor condições de comandar o veículo de forma simples, consistente e clara. Para um bom desempenho, várias características devem ser levadas em conta como os defeitos do pavimento, a geometria da via, a sinalização vertical e horizontal e as preferências de circulação. A via deve possibilitar condições para o condutor que, ocasionalmente, cometa um erro, consiga dominar o veículo novamente antes que ocorra o acidente. Caso seja inevitável a colisão, a rodovia deve oferecer circunstâncias que minimizem as consequências causadas. Alguns dos parâmetros

que influenciam na segurança viária, e são avaliados pelo método do ISP, são apresentados a seguir.

### **2.3.1 Superfície do pavimento**

Segundo Bernucci et al. (2006), o pavimento é uma estrutura constituída de múltiplas camadas de espessuras diferenciadas, construída sobre uma superfície compactada, com o intuito de resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e do clima, propiciando aos usuários boas condições de rolamento com comodidade e segurança.

Souza (2004), cita que as patologias estão associadas à má execução do projeto, problemas na construção, escolhas inadequadas de materiais, falta ou meios inadequados para conservação e manutenção. O resultado da combinação desses fatores, provoca problemas na estrutura das camadas e subcamadas dos pavimentos, gerando desconforto e falta de segurança na via.

#### **2.3.1.1 Patologias nos pavimentos**

Branco, Pereira e Santos (2016), argumentam que o pavimento rodoviário, a partir do momento em que é executado, começa a ser submetido a diversas ações que aumentam a sua deterioração, o que, conseqüentemente, reduz a sua qualidade. Bons projetos viários devem possibilitar ao motorista condições para realizar a função de condução do automóvel de forma simples, clara e consistente.

Conforme Branco (1999), existem sinais que comprovam que imperfeições e irregularidades na superfície do pavimento geram grande influência em parte dos acidentes. Porém, o problema de segurança, decorrente dos defeitos na pista, não

recebe a atenção necessária, devido à grande quantidade de manutenção nas rodovias. De acordo com a PRF (2019), três em cada cem acidentes em rodovias federais do país ocorrem por algum defeito na pista, essas imperfeições representam a sétima causa de acidentes, atrás de excesso de velocidade, ultrapassagem irregular e consumo de álcool.

A norma do DNIT 005/2003 – TER (DNIT, 2003), determina os termos técnicos utilizados em defeitos que ocorrem em pavimentos:

a) fenda: qualquer irregularidade que há na superfície do pavimento que acarreta em aberturas grandes ou pequenas. Pode ser subdividido em fissura e trinca,

- fissura: pequena fenda existente no revestimento que pode estar posicionada transversal, longitudinal ou obliquamente ao eixo da rodovia, que só pode ser notado a uma distância menor que 1,50 m;

- trinca: Fenda de fácil visibilidade, maior que a fissura;

b) afundamento: defeito permanente, caracterizado pelo rebaixamento da superfície do pavimento;

c) desgaste: causado pelo arranchamento gradual do agregado do pavimento, pode se caracterizar por dar aspereza ao revestimento, que é provocado pelos esforços do tráfego;

d) panela ou buraco: depressão que se forma devido a diversos fatores, podendo abranger as camadas localizadas abaixo do pavimento provocando sua degradação;

e) remendo: panela preenchida com camadas de pavimento.

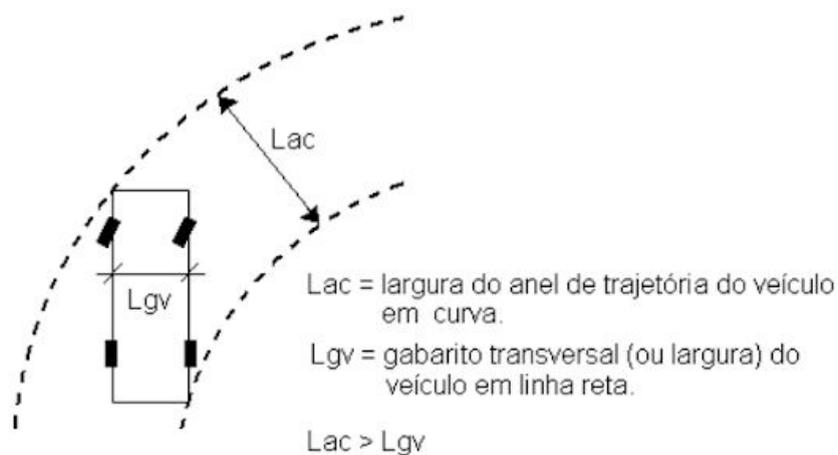
### **2.3.2 Curvas horizontais**

Conforme Lee (2015), quando se estabelece a velocidade diretriz do projeto geométrico de uma via, devem-se definir circunstâncias que permitam que o usuário consiga manter a velocidade de percurso adjacente à velocidade de referência, conferindo segurança e conforto. Em uma curva, as condições se modificam, pelo fato de haver esforços laterais que atuam sobre o veículo e causam uma maior sensação de enclausuramento, podendo impedir que a mesma velocidade de operação seja mantida. Com o intuito de minimizar essa impressão negativa, são inseridos os conceitos de superlargura e superelevação que auxiliam a garantir uma operação mais homogênea através da rodovia.

#### **2.3.2.1 Superlargura**

Para Antas et al. (2010), quando um veículo movimenta-se em uma curva, ele ocupa lateralmente um espaço maior do que em tangente (FIGURA 1), justificando a necessidade de que as faixas de rolamento projetadas sejam mais largas nas curvas, essencialmente naquelas que tiverem um menor raio e as quais forem destinados a veículos de maior porte.

Figura 1 - Superlargura



Fonte: Antas et al. (2010. p. 42).

Lee (2015), explica que a superlargura é calculada levando em conta sempre o veículo de maior porte, sendo assim, existem duas formas de destinação da superlargura para o aumento de largura nos trechos em curva, que são:

a) alargamento assimétrico da pista: quando o aumento da largura acontece somente no lado interno da curva;

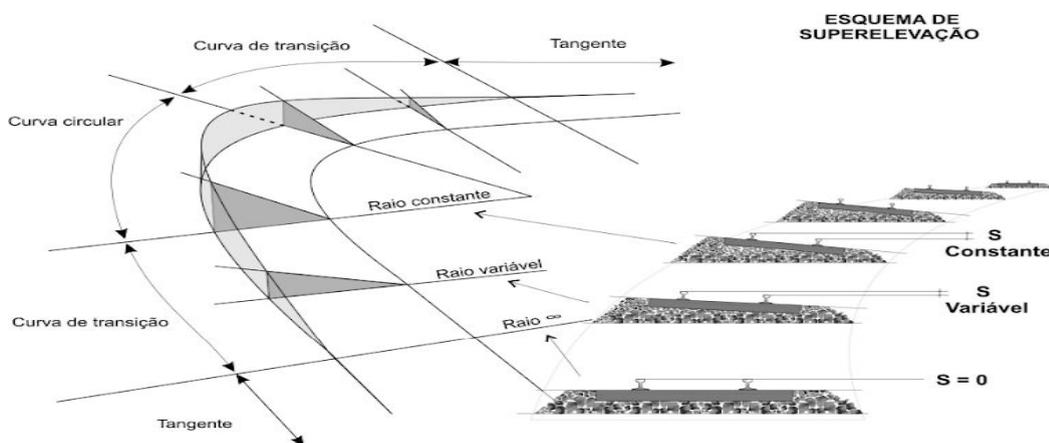
b) alargamento simétrico da pista: quando o aumento da largura é nos dois lados do eixo, sendo metade na parte interna da curva e a outra na parte externa.

Nodari (2003), cita que, se forem alargados 60 cm de cada faixa de uma rodovia, obter-se-á o benefício de 12 % menos acidentes previstos para este local. Se esta mesma quantidade fosse utilizada em acostamentos não pavimentados, seria uma redução de 7 %.

### 2.3.2.2 Superelevação

Segundo Senço (2008), quando um veículo percorre um trecho de uma rodovia em curva horizontal, ele fica sujeito às ações da força centrífuga, que funciona de dentro para fora da curva, propenso a permanecer em trajetória retilínea, tangente à curva. Desta forma, o condutor é obrigado a forçar o veículo a se manter no sentido desejado. Para mitigar os impactos dessas forças, e propiciar uma maior sensação de segurança e conforto, é utilizado o conceito de superelevação, que é a inclinação transversal da pista onde há curvas, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Forças que atuam sobre um veículo em curva



Fonte: Lee (2015. p. 117).

Conforme o Manual de Implantação Básica de Rodovia do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2010), os valores de superelevação variam entre 2 % e 10 %, podendo ser aceito 12 % em casos especiais se situações perigosas em curvas. Para Lee (2015), em situações onde há pouca demanda em curvas e raio muito grande, a superelevação não se torna necessária, pois a própria

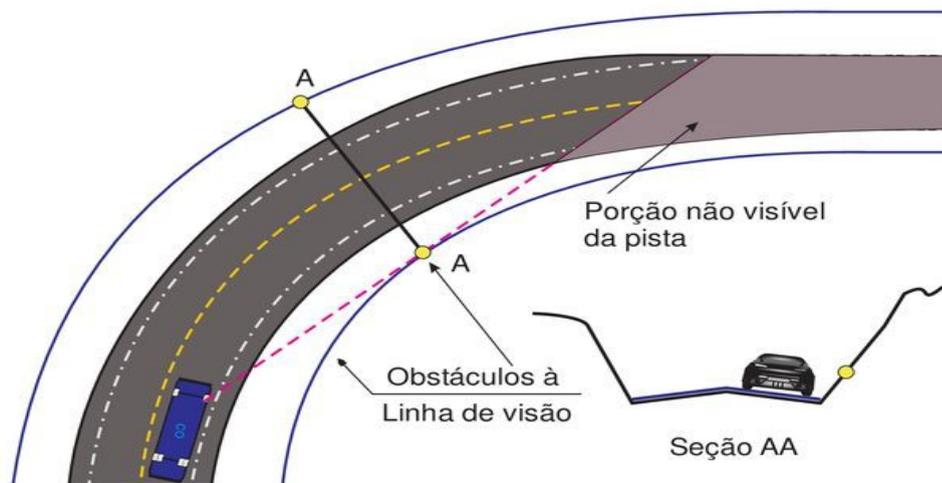
inclinação da pista absorve as ações da força centrífuga. O acostamento também deve acompanhar a inclinação da pista, com no mínimo 5 %.

### **2.3.2.3 Visibilidade nas curvas horizontais e verticais**

Os acidentes tem 1,5 a 4 vezes mais chances de ocorrer em trechos sinuosos do que em linhas retas, devido à alta exigência sobre o desempenho do condutor, podendo resultar em maior número de ferimentos graves e mortes (NODARI, 2003).

Pimenta e Oliveira (2004), apresentam que se deve respeitar uma distância de frenagem ao longo de toda a via. Nas curvas horizontais, quando a visão total da curva é impedida pelo talude, nas curvas que há aterro, ou onde existam obstáculos que impeçam a perfeita visibilidade, é preciso que o condutor do veículo que percorre no lado interno da curva possa visualizar um espelho sobre a sua faixa a uma distância que seja suficiente para conseguir parar o veículo sem que ocorra colisão. Com isso, todas as curvas projetadas devem garantir uma boa distância de visibilidade e que seja maior ou igual à distância necessária para frear, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Visibilidade em curva horizontal

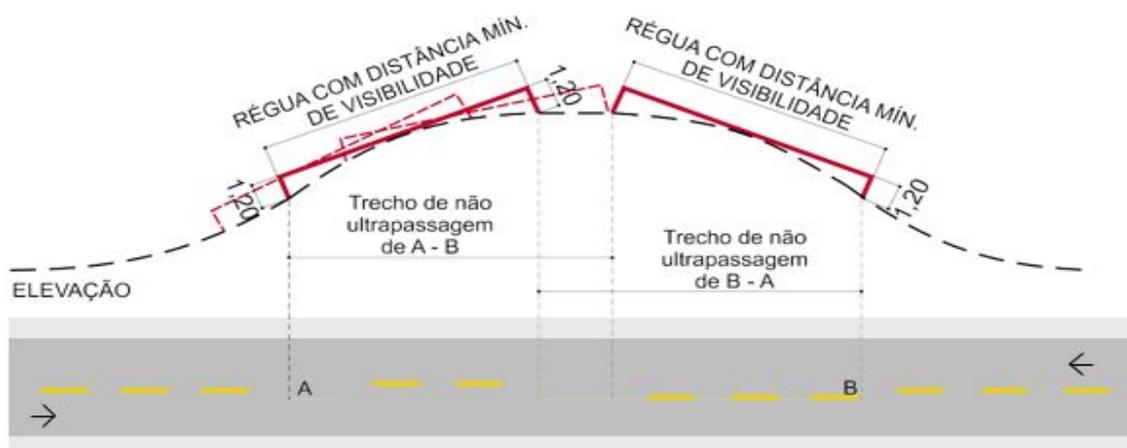


Fonte: Lee (2015. p. 206).

Lee (2015), cita que em curvas verticais também pode haver a limitação de parte da rodovia que é visível ao condutor, conforme Figura 4. Os objetos que podem ser visualizados sobre a pista, que necessitam de alguma manobra, são de três tipos:

- a) obstáculo fixo, que necessita de desvio ou manobras, com altura de 0,15 m;
- b) luzes da parte de trás de veículos se deslocando no mesmo sentido, disposto entre 0,46 m e 0,6 m acima da pista;
- c) veículo que se locomove em sentido contrário, altura de 1,30 m acima da pista.

Figura 4 – Visibilidade em curva vertical



Fonte: Lee (2015, p. 206).

### 2.3.3 Interseções

Conforme o DNIT (2015), a interseção é o local onde duas ou mais vias se interceptam, e são nelas que ocorrem grande número de acidentes, pois é o ponto do sistema viário onde o fluxo de tráfego entre em conflito mais regularmente. Apesar de ocupar apenas 4 % da quilometragem total de estradas federais e estaduais, é nestes locais que ocorrem cerca de 53 % dos acidentes. Vale ressaltar que a qualidade do projeto viário é afetada consideravelmente pela qualidade do projeto das suas interseções.

#### 2.3.3.1 Faixas de mudança e canalização nas interseções

Segundo Albano (2010), as faixas de modificação de velocidade são construídas a fim de proporcionar aos veículos espaço que permita manobras de aceleração e desaceleração, sem causar interferências no tráfego principal. Evitando

os problemas da falta de segurança, onde o condutor é forçado a tomar várias decisões ao mesmo tempo.

Conforme o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (DNIT, 2010), quando as interseções são largas e de difícil compreensão, devido à falta de sinalização instruindo o caminho a se seguir, podem confundir os condutores. Por este fato, pedestres que desejam atravessar as interseções ficam expostos a fluxo de várias direções, aumentando as chances de acidentes. Considerando isto, a canalização tem o intuito de reduzir estes problemas, que exigem um projeto minucioso, para tornar a travessia clara e fácil de se seguir. Deve-se tomar o cuidado de que ilhas grandes contornadas por meios-fios tornam-se mais visíveis do que ilhas pintadas, porém devem ser evitadas em áreas inferiores a 7 m<sup>2</sup>. É importante que se tenha a sinalização apropriada, como placas, pinturas termoplásticas, marcas do pavimento e tachões.

#### **2.3.4 Sinalização rodoviária**

Para Bonatto (2018), a fonte de informações para o usuário nas rodovias é a sinalização, ela auxilia na utilização da via com mais segurança e, conseqüentemente, evitando acidentes.

Segundo Júnior (2014), a sinalização rodoviária pode ser classificada em dois tipos: vertical e horizontal. O primeiro é em relação às placas, pórticos, balizadores entre outros. O segundo diz respeito aos serviços realizados na superfície do pavimento, como setas e zebrados, pinturas de faixas, instalação de tachinhas e tachões. Devem ser executados após a finalização da pavimentação, porém, o tráfego só deve ser liberado após a sua conclusão.

#### **2.3.4.1 Sinalização vertical**

Conforme o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2014), a sinalização vertical utiliza elementos que possuem forma e cor preestabelecidas, de padrão específico. Em rodovias de alta velocidade é obrigatório que as placas sejam retro refletivas, iluminadas ou luminosas, ou seja, precisam ter o mesmo formato, cores e dimensões durante o dia e noite. Elas devem sempre ser mantidas na posição correta, limpas e legíveis, assegurando que a vegetação e outras intervenções venham a prejudicar a sinalização.

Para Branco (1999), os balizadores são componentes refletores que tem o objetivo de orientar o veículo na pista. São empregados em locais da rodovia em que há obras de arte, estreitamento da pista e locais onde possa ocorrer neblina. Deverá ser sempre confeccionada em materiais que não prejudique caso ocorra uma colisão.

#### **2.3.4.2 Sinalização horizontal**

De acordo com Oliveira (2019), as linhas de centro e de bordo podem reduzir em até 20 % o número de acidentes, pois a sinalização horizontal pode auxiliar na redução da velocidade dos veículos. Uma das medidas utilizadas é diminuir os espaçamentos das linhas tracejadas conforme a redução do limite de velocidade, o que gera uma impressão de alta velocidade ao motorista.

O CONTRAN (2017), expõe que a sinalização horizontal pode ser considerada como uma controladora de fluxos, sendo um reforço da sinalização vertical e implantadas pelas entidades ou órgãos de trânsito. As marcas longitudinais separam e organização o tráfego, estabelecendo a parte da via destinada aos veículos, além de definir regras de transposição e ultrapassagem. Já as marcas

transversais controlam os deslocamentos dos veículos com os pedestres, informando aos condutores o momento de diminuir a velocidade e indicam onde há travessia de transeuntes. Para proporcionar uma maior visibilidade é necessário que a sinalização deva ser sempre retro refletiva. Conforme Branco (1999), as tachas têm a vantagem de orientar o tráfego dos veículos sem que o motorista perca a atenção na pista. São aplicados diretamente sobre as marcas horizontais.

### **2.3.5 Elementos longitudinais**

De acordo com Rosa (2012), os elementos longitudinais das rodovias são representados na vertical em projetos em planta, como por exemplo, as rampas. Quando se define o traçado vertical da rodovia, utiliza-se como princípio a relação uniforme entre demanda e capacidade, com baixo custo de implantação.

#### **2.3.5.1 Rampas**

Pecker (2003), cita que as rampas são a extensão do trecho da rodovia no qual os veículos pesados perdem velocidade sensivelmente. Já os veículos leves, sofrem pouca redução na velocidade em rampas com até 3 % de inclinação. Em geral, rampas de 3 % a 4 % de declividade não diminuem drasticamente a velocidades dos veículos que estão circulando, com isso, mantém a fluidez do tráfego, e conseqüentemente reduzindo o número de acidentes. Já as mais íngremes tornam viáveis um menor custo de implantação, porém diminui a fluidez do tráfego, não sendo indicadas para rodovias muito movimentadas. É importante que exista uma declividade mínima, de até 1 %, que garanta a capacidade de drenagem longitudinal da via, principalmente em trechos em corte.

### **2.3.5.2 Ultrapassagem**

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (DNIT, 2010), é necessário fornecer a de oportunidade de ultrapassagem sempre que possível em um trecho de rodovia. Principalmente em áreas onde há poucas chances e em vias em que tenham veículos lentos. As faixas de ultrapassagem são faixas auxiliares inseridas a diversos trechos de uma rodovia de dois sentidos de tráfego, para fornecer a frequência desejada de ultrapassagem, eliminando a interferência de veículos de baixa velocidade. Essas faixas são utilizadas em locais onde há restrições a ultrapassagens, devido a distância de visibilidade limitada ou grandes tráfegos. Por este fato, podem reduzir as chances de acidentes de 10 % a 40 %.

### **2.3.6 Seção Transversal**

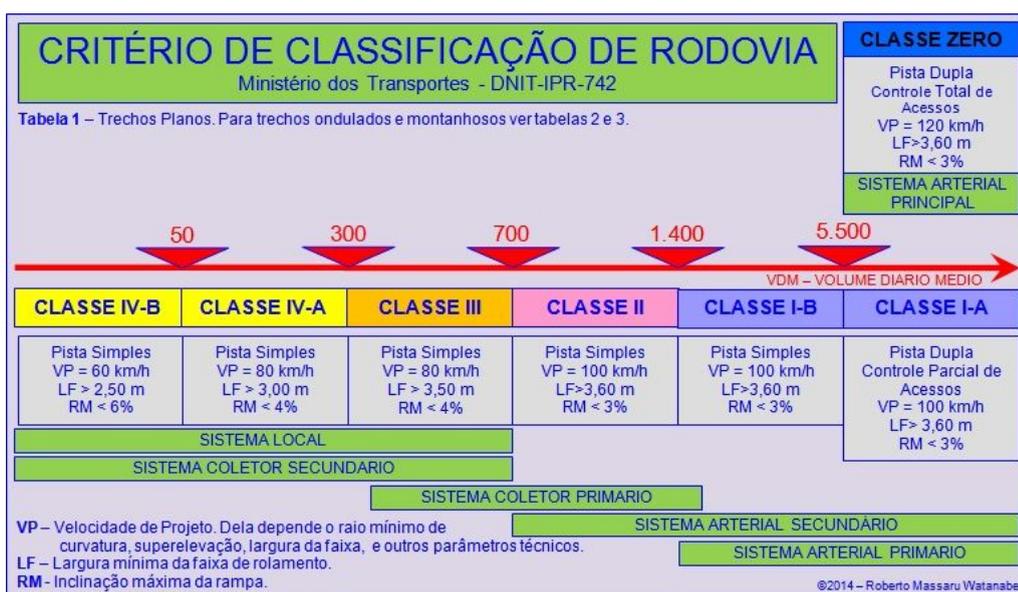
Segundo Antas et al. (2010), a seção transversal é a representação geométrica de alguns elementos colocados transversalmente, em um ponto específico do eixo longitudinal da rodovia, é decisiva para determinar o padrão da via, e terá grande influência nos custos. As dimensões dos componentes da seção transversal e a determinação da superfície de rolamento irão refletir na capacidade de tráfego e na estrutura de estética e de segurança.

#### **2.3.6.1 Faixa de tráfego e pista de rolamento**

Para Pimenta e Oliveira (2004), faixa de tráfego é o local destinado ao movimento de uma corrente de veículos, é constituído pela largura do veículo

padrão. As faixas de tráfego consideradas mais seguras e confortáveis possuem largura de 3,60 m, porém, também podem ser adotados valores de até 2,50 m, dependendo da classe da rodovia, conforme mostra a Figura 6. Já a pista de rolamento é o agrupamento de faixas adjacentes, ou seja, a largura de uma pista é igual à soma de todas as faixas que a integram.

Figura 6 - Tamanhos faixa de tráfego



Fonte: DNIT (2010).

### 2.3.6.2 Acostamentos

Conforme Antas et al. (2010), acostamentos são faixas adjacentes à pista de rolamento, que tem a finalidade de ser um local seguro para o veículo parar em uma situação de emergência. A largura desejável do acostamento irá depender da velocidade diretriz, da composição e da quantidade de tráfego. Sendo assim, para

que cumpra o seu propósito, a largura ideal seria aquela que possibilita o estacionamento do veículo e lugar para um homem trabalhar ao seu lado.

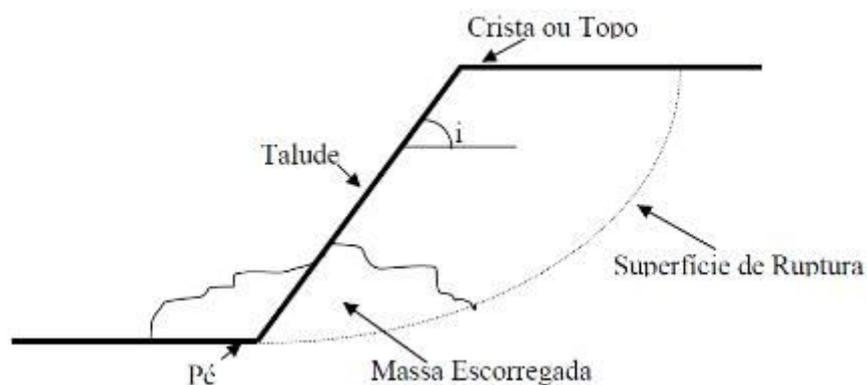
Segundo Pimenta e Oliveira (2004), em rodovias que tenham alto padrão e altas velocidades de projeto, podem ser utilizados acostamentos de 3,50 m ou 3,60 m de largura, permitindo que o veículo fique distante 0,90 m a 1,00 m da lateral da pista. Para que possa ter no mínimo 3,00 m de largura, porém, como em menor tamanho o custo também reduz, acostamento de 2,50 m são facilmente encontrados.

### **2.3.6.3 Taludes**

Gerscovich (2016) cita que os taludes formam a divisa lateral do corpo da estrada. É imprescindível que eles sejam estáveis para a segurança do tráfego, sendo por isso que deve-se ter um profundo estudo de estabilidade e estudos geotécnicos. Taludes suaves podem sobrecarregar a construção, pois aumenta a largura da plataforma, mesmo sendo possível se arborizar com maior facilidade. Quando a vegetação se consolida, reduz os efeitos da erosão, porém, até isso acontecer, a área ficará exposta, aumentando as chances de desmoronamento. Por outro lado, tem a vantagem de dar uma melhor visibilidade nas curvas para os motoristas e propicia segurança para veículos desgovernados, pois não há problemas quanto ao tombamento do talude.

Antas et al. (2010), expõe que o local mais alto do talude é chamado de crista, e o mais baixo, pé. Pelo fato de ser mais seguro e ter uma melhor estética, a crista e o pé se configuram melhor quando arredondados, e que sejam aderidas curvas verticais com comprimentos de 1,5 m a 4 m. Conforme mostra o esquema da Figura 6.

Figura 6 – Esquema de talude



Fonte: Pimenta e Oliveira (2004. p. 60).

#### 2.3.6.4 Separador central

Para Pimenta e Oliveira (2004), o separador central é utilizado em pista dupla e divide as pistas de rolamento. Pode-se empregar defensas metálicas ou de concreto, calçadas, guias, ou por vegetação que ajudam a evitar a erosão. Este tipo de proteção é muito importante na segurança dos veículos. Se caso for utilizado canteiro, estes deverão ter tamanho suficiente para evitar que os veículos que saiam da pista possam atingir o lado oposto. Ainda tem a vantagem de diminuir o ofuscamento pelos faróis e geralmente são projetados com uma cavidade central dando condições favoráveis para os equipamentos de drenagem. Onde há conversão à esquerda e retornos, a dimensão deve ser de 6 m, sendo preferível se forem de 10 m a 12 m de largura, a Tabela 3 mostra quais seriam os valores ideais.

Tabela 3 – Largura do canteiro central

<b>Classe 0</b>	
Seção Transversal restrita*	3 a 7 metros
Valor normal**	6 a 7 metros
Desejável***	10 a 18 metros
<b>Classe 1</b>	
Seção Transversal restrita*	3 a 7 metros
Valor necessário nas áreas de retorno e interseções em nível**	≥ 6 metros
Desejável***	10 a 12 metros

\*Conforme largura das faixas de segurança e conversão ou acostamentos internos.

\*\*Dimensionar conforme o veículo de projeto adotado para o local.

\*\*\*Observar ainda se há necessidade de prever o futuro acréscimo de uma faixa de rolamento ou aproveitamento de canteiro por outros meios de transporte.

Fonte: DNIT (2010).

### 2.3.7 Usuários vulneráveis

Alves (2016) expõe que dentre os vários tipos de usuários de uma rede de rodovias, destacam-se os pedestres, ciclistas, motociclistas e os animais como usuários vulneráveis deste sistema. Esses usuários sofrem grande exposição, e se tornam mais vulneráveis a qualquer tipo de acidente. Eles possuem grande influência no funcionamento ordenado do trânsito, e papel fundamental na

mobilidade urbana, além de necessitarem de grande atenção para que seja possível melhorar a segurança nas grandes rodovias.

### **2.3.7.1 Pedestres**

Para Diógenes (2008), os pedestres são considerados usuários vulneráveis no sistema de transportes, pois estão desprotegidos e constituem grande parte das vítimas de acidentes graves com lesões ou mortes. Os acidentes com este tipo de usuário podem ser quedas ou atropelamentos. Eles podem se deslocar por instalações designadas a eles, ou sobre a rodovia, onde os veículos se locomovem. Os tipos e travessias normatizados no Brasil são: i) passarelas elevadas ou subterrâneas; ii) cruzamentos com ou sem faixa de segurança; iii) faixas de segurança; iv) qualquer ponto da via, desde que não haja faixa de segurança ou passarela em uma distância inferior a 50 m.

### **2.3.7.2 Travessia de animais**

De acordo com Esperandio (2011), a construção de rodovias gera um grande impacto sobre o ecossistema, a quantidade de atropelamentos de animais silvestres ultrapassou a caça, sendo considerado o principal responsável pela sua morte. Além de causar esse efeito direto na população de animais, esse tipo de colisão também impacta os condutores dos veículos, pois quanto maior o animal, maior é o dano material causado ao usuário. É preciso que a rodovia esteja preparada para a ocorrência destas eventualidades, como a implantação de placas de advertência, cercas nas laterais e túneis para que os animais possam atravessar a via.

### **2.3.8 Laterais da via**

Conforme Ahmann (2016), há diversos elementos que podem ser considerados perigoso localizados nas laterais da rodovia. Por exemplo, postes de iluminação, elementos de drenagem, pilares de pontes, taludes, entre outros. Acidentes envolvendo este tipo de elemento configuram 25 % a 30 % de todos os acidentes fatais registrados. Ocasionalmente os veículos podem sair da pista, são invasões involuntárias devido ao componente humano, ao veicular ou ao viário-ambiente. Por este fato, é recomendado que estes componentes perigoso sejam tratados de forma que ofereça circunstância de recuperação aos veículos que cometam este erro, para que se possa prevenir a ocorrência de acidentes.

#### **2.3.8.1 Componentes perigosos ao longo da via**

Nodari (2003), cita que deve-se oferecer, ao longo da rodovia, um pedaço de terreno com leve inclinação e sem elementos físicos fixos que representam perigo ao tráfego de veículos. Este espaço tem o propósito de permitir que o condutor retome o controle do veículo após uma saída de pista. Com a adoção da área sem obstáculos nas laterais da via, é possível minorar em 17 % o número de acidentes. Quando é inevitável a existência de elementos físicos fixos, deve-se utilizar equipamentos que protejam os ocupantes do veículo de possíveis colisões, por exemplo, o uso de defensas metálicas em torno dos pilares de viadutos. Porém, deve-se levar em conta que essas proteções também são componentes fixos, e só devem ser usadas se a colisão com o objeto fixo é mais danosa do que contra a barreira .

## 2.4 Estudos semelhantes realizados

A proposta metodológica do presente trabalho tem por base a tese de Nodari (2003), que analisou trechos da RS-020, RS-118 e RST-470, na qual pôde observar que a RS-118 tem maior oscilação nos índices obtidos, e a RST-470 atingiu maior homogeneidade ao nível de segurança oferecido aos condutores, mesmo que o seu nível de segurança potencial seja o mais inferior.

O estudo de Ahmann (2016) foi realizado na rodovia ERS-239 no trecho que liga Novo Hamburgo à Sapiranga, totalizando 18 quilômetros de inspeção, onde constatou que o km 17 é um dos mais inseguros, em termos de análise de segurança viária, porém, este possui baixo índice de acidentes só que com alto número de óbitos. Concluiu também que, das 34 características avaliadas, 4 são as que precisam de atenção redobrada e melhorias no trecho, são elas: travessias seguras para pedestres, condições de tráfego ciclistas/pedestres, acessos a propriedades e comércio lindeiro e elementos perigosos ao longo da via. Diante disto, o autor evidenciou melhorias que poderiam ser executadas, como a iluminação de todo o trecho analisado, construção de uma passarela para pedestres, reavaliação da superfície do asfalto e modificação do acostamento.

Outro estudo semelhante é o de Tinoco, Nodari e Pereira (2016), que avaliaram a vulnerabilidade ambiental e social, no acontecimento de acidentes com carregamento de produtos perigosos na BR-101 entre Osório e Torres. Para a realização deste projeto, fez-se necessário a análise da segurança viária da rodovia, que também foi baseada no Índice de Segurança Potencial proposto por Nodari. Como resultado, concluíram que o trecho possui baixo risco viário potencial. Além disso, considerou-se o km 43 como o ponto de maior vulnerabilidade ambiental, no km 21, km 31, km 40, km 53 e km 65 são os pontos onde há maior sensibilidade dos recursos hídricos, e que o km 24, km 46, km 86 a 88, km 8 e km 69, foram considerados os pontos de maior sensibilidade em relação a ocupação humana.

A Dissertação de Bottesini (2010), teve como objetivo determinar e caracterizar normas de segurança de trânsito de acordo com a sua influência em impedir o cometimento de infrações por parte dos motoristas. O autor realizou uma pesquisa quantitativa com motoristas da cidade de Porto Alegre/RS, buscando identificar quais as regras de segurança de trânsito que são mais influentes no comportamento dos condutores, e uma pesquisa qualitativa com o objetivo de determinar quais infrações de trânsito seriam abordadas no estudo, limitando-se em “[...] “excesso de velocidade”, “embriaguez” e avanço de sinal vermelho de semáforo” (BOTTESINI, 2010, p. 96). Verificou-se também que as ações de segurança que mais influenciam no comportamento do motorista são aquelas que restringem os direitos e à chance de ser flagrado cometendo infrações.

A monografia de Kopplin (2015) objetivou examinar a frequência absoluta de acidentes, a taxa de acidentalidade e o volume de tráfego no período de 2006 a 2014, entre o km 0,0 e o km 68,4 da BR-392 de Rio Grande a Pelotas/RS. A partir da análise de dados da Frequência Absoluta de Acidentes (FAA), concluiu-se que durante o período de março a julho é onde ocorre o maior número de acidentes, pelo fato de haver um porto, foi possível verificar que de março a setembro é o período em que ocorre mais movimentação, tanto de chegada como de saída de produtos.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

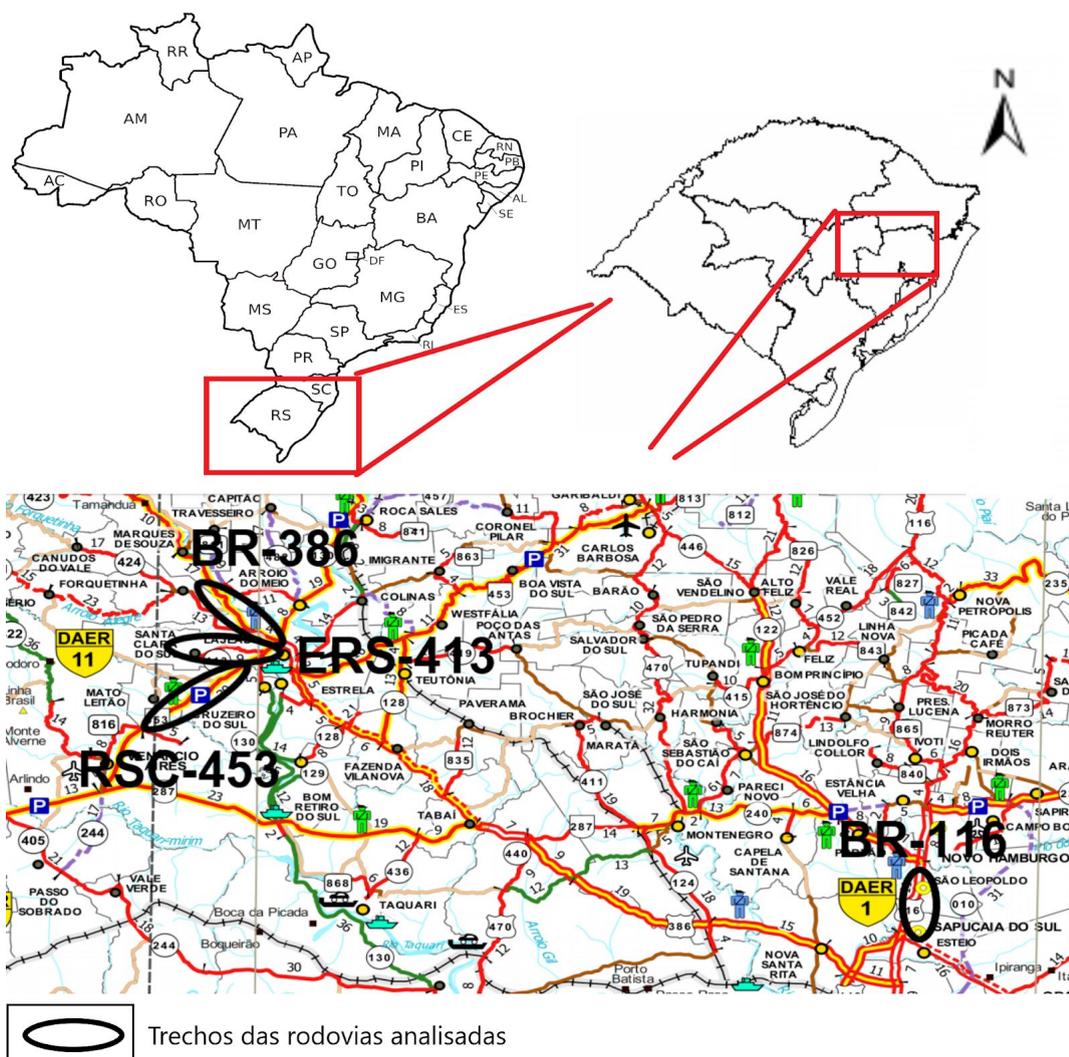
Neste capítulo descreve-se a área de estudo compreendida pela pesquisa, bem como o método de avaliação de segurança potencial de rodovias. Este método pode ser subdividido em dois módulos, o de estimação de segurança, que se fundamenta na aplicação do Índice de Segurança Potencial (ISP), e o de averiguação de segurança, que compreende a execução de um sistema de recolhimento de dados em campo para se obter o ISP.

De acordo com Nodari (2003), o módulo de estimação de segurança consiste nas etapas de identificação de características que influem na segurança rodoviária, a partir da apuração de características para formar o ISP e pela aferição dos pesos referentes que representa o nível de influência das características propostas no índice. Já o módulo de inspeção constitui-se da elaboração dos formulários usados para se adquirir os dados de campo, assim como pelos processos de obtenção desses dados.

### 3.1. Área de estudo

Foram inspecionados trechos localizados no Estado do Rio Grande do Sul, localizados em duas rodovias federais e duas estaduais (FIGURA 7), uma contendo pedágio e outra não, que possuem índices altos de acidentes e óbitos, com o intuito de buscar o motivo desses altos números, e a influência dos pedágios na qualidade da rodovia. Foram selecionados estes trechos pela disponibilidade de dados sobre acidentes e pela sua diversidade.

Figura 7 - Mapa indicando trechos analisados



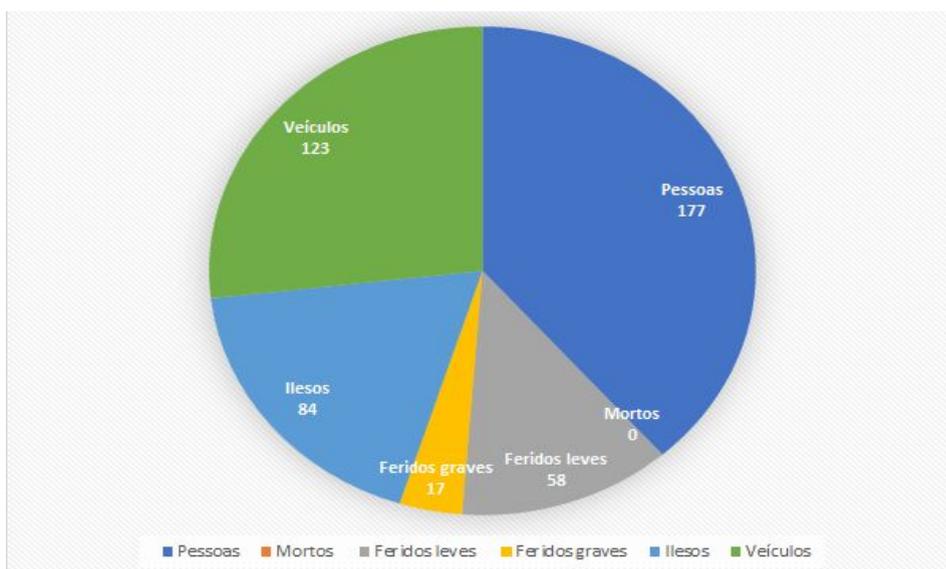
Fonte: Da autora, adaptado de DAER-RS (2018).

### 3.1.1 BR-116

A BR-116 é uma rodovia longitudinal brasileira com início na cidade de Fortaleza/CE, e término em Jaguarão/RS, que faz fronteira com o Uruguai, passando por dez estados e possui um total de 4.486 km de extensão.

De acordo com dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF), a BR-116 lidera o *ranking* de gravidade de acidentes no Rio Grande do Sul com 1.886 acidentes graves e 1.237 casos de mortes entre janeiro de 2017 e outubro de 2018. O Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2017), cita que esta via tem um índice de 2,94 acidentes por quilômetro. No trecho em Caxias do Sul avaliou-se do km 160 ao km 164, totalizando 5 quilômetros, que já em 2019, foram constatados 76 acidentes, sem mortos, segundo o Gráfico 1. Conforme o DNIT (2018) esta rodovia possui um VMD anual de 57.518 veículos, consequentemente por possuir uma taxa de circulação de veículos tão alta, o número de acidentes e mortes também é bem elevado.

Gráfico 1 - Acidentes na BR - 116 em Caxias do Sul/RS



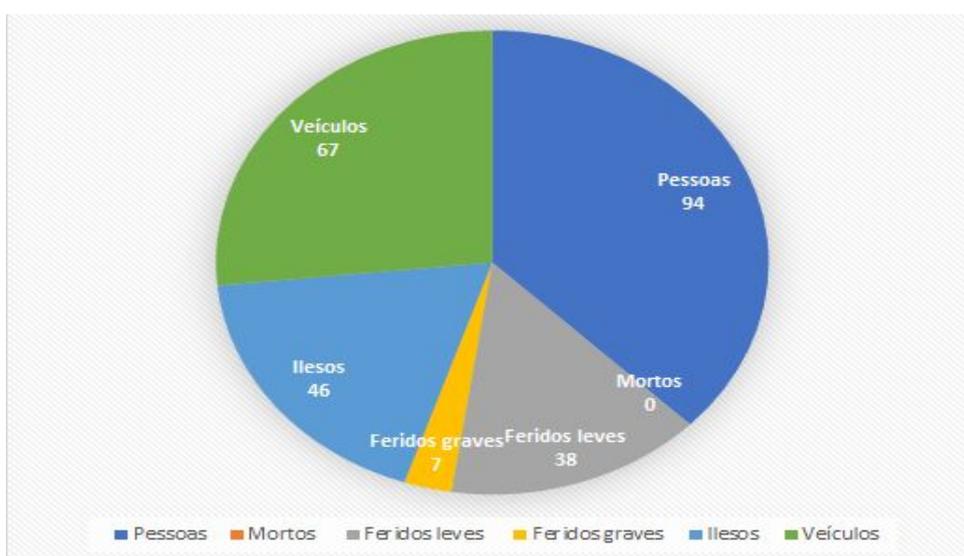
Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2019).

### 3.1.2 BR-386

A BR-386 é uma rodovia federal brasileira, com início em Iraí/SC e fim na cidade de Canoas/RS, sendo seu km 0 na divisa de Santa Catarina com o Rio Grande do Sul, e o km 445 em Canoas. É uma rodovia administrada pela empresa CCR Via Sul que assinou contrato em janeiro de 2019, que implantou uma praça de pedágio na cidade de Lajeado em fevereiro de 2020, esta constantemente realizando serviços de manutenção, como restauração da pista, pintura da sinalização horizontal e controle da vegetação.

É a segunda rodovia federal com o maior índice de mortalidade no estado, com 1.087 mortes entre 2017 e 2018, e para o trecho localizado em Lajeado, foi observado do km 339 ao km 344 (optou-se por desconsiderar os km 342, por possuir pista dupla, não se encaixando neste estudo), totalizando 5 quilômetros, que em 2019 contabilizou 38 acidentes, sem óbitos, como representa o Gráfico 2. Esta rodovia possui um VMD anual de 28.536 veículos, de acordo com o DNIT (2017).

Gráfico 2 - Acidentes na BR-386 em Lajeado/RS



Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2019).

### **3.1.3 RSC-453**

A RSC-453 é uma rodovia do Estado do Rio Grande do Sul, sendo uma das formadoras da Rota do Sol, na qual é o principal acesso da cidade de Caxias do Sul ao Litoral Norte. Intersecciona a ERS-122, que leva à Porto Alegre, possuindo pista simples nos dois sentidos (EGR, 2017). Possui 87 km administrados pela Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR).

Já para as rodovias estaduais, de acordo com o Comando Rodoviário da Brigada Militar (CRBM), a RSC-453, é a rodovia em que ocorreu o maior número de vítimas no primeiro semestre de 2019, onde 18 pessoas perderam a vida num total de 15 acidentes. Foi analisado o trecho do km 24 ao km 29, um total de 5 quilômetros. No trecho localizado em Lajeado, segundo o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER, 2000), o VMD para o km 29,83 ao km 30,40 é de 9.830 veículos, não tendo disponível o volume médio diário para o trecho analisado neste trabalho.

### **3.1.4 ERS-413**

Outro trecho analisado foi na ERS-413, localizada nas cidades de Lajeado e Santa Clara do Sul, e que não contém pedágio. De acordo com o CRBM (2019), em 2019 foram registrados 10 acidentes com vítimas com lesões corporais e 1 acidente com apenas danos materiais. O DAER não tem registros sobre o volume médio diário de veículos nesta rodovia. Foi analisado do km 2 ao km 6.

### 3.2 Elaboração do Índice de Segurança Potencial (ISP)

Este trabalho foi baseado no estudo da tese de doutorado da professora Dra. Christine Tessele Nodari, no qual foi desenvolvido um método para a avaliação da segurança de rodovias brasileiras. Este trabalho teve a finalidade de auxiliar na redução dos danos econômicos e sociais provenientes dos acidentes viários.

Nesta monografia foi feito o acréscimo da comparação do índice de rodovias pedagiadas e não pedagiadas. Com este propósito, foram selecionadas e identificadas características que integram o ISP, e estimou-se os pesos dessas características para a formação do índice.

#### 3.2.1 Principais aspectos que influem na segurança da via

Nodari (2003), fez o uso de um *checklists*, para comprovar os principais aspectos que atuam na segurança viária, o qual foi desenvolvido a partir da síntese da revisão de trabalhos de diversas instituições:

- a) *Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities* (AUSTROADS, 1994);
- b) *Department of Transportation of Ontario* (OMT, 2000);
- c) *University of New Brunswick* (HILDEBRAND E WILSON, 1999);
- d) *Transfund New Zealand* (TNZ, 1998);
- e) *The Institution of Highways and Transportation* (IHT, 1996);
- f) *Transportation Association of Canada* (TAC, 2001).

Foram selecionados 36 elementos considerados mais importantes para a análise, subdivididos em “áreas”, fundamentando-se em parâmetros como impacto de aspectos na segurança viária e a magnitude desse aspecto para a realidade brasileira. A Figura 8 mostra os 36 itens escolhidos.

Figura 8 – Aspectos físicos da rodovia

<b>Características físicas</b>		
Superfície pav.	1	Buracos na pista
	2	Resistência à derrapagem
	3	Formação de espelhos d'água
	4	Presença de cascalho solto na pista
	5	Desnível entre faixa e acostamento
Curva	6	Raios das curvas horizontais
	7	Adoção de superlargura
	8	Adoção de superelevação
	9	Incidências de curvas
	10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical
Interseção	11	Faixas adicionais e canalizações
	12	Iluminação artificial nas interseções
Sinalização	17	Quantidade adequada de placas de sinalização
	18	Uso de painéis de mensagem variável
	19	Uso de balizadores
	20	Legibilidade da sinalização vertical
Elemento Longit.	21	Inclinação de rampas
	22	Oportunidade de ultrapassagem
	23	Distâncias de visibilidade
Seção transversal	24	Larguras das faixas e acostamentos
	25	Pavimentação dos acostamentos
	26	Taludes laterais suaves
	27	Largura da faixa de acostamento em pontes
Usuário vulnerável	28	Tráfego de ciclistas/peDESTRES
	29	Travessias para pedestres
Laterais	30	Presença de elementos perigosos na lateral da via
	31	Acesso a propriedades e comércio lindeiro
	32	Localização e layout de pontos de ônibus
Geral	33	Quantidade de outdoors comerciais
	34	Transição entre ambientes rural/urbano
	35	Compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz
	36	Proteção contra invasão de animais de grande porte

Fonte: Nodari (2003. p. 85).

### 3.2.2 Análise dos aspectos físicos do ISP

Nodari (2003) avaliou a influência dos aspectos rodoviários na segurança através da experiência de profissionais que operam na área de segurança de vias. Com este intuito, elaborou-se um questionário que investiga a influência dos 36 tópicos escolhidos para determinar a segurança de um trecho rodoviário. Neste questionário, os participantes demonstraram sua opinião sobre as características por meio de um grau de influência, que varia de zero a dez, no qual o “[...] zero corresponde à “nenhuma influência positiva na segurança” e dez à “grande influência positiva na segurança” (NODARI, 2003, p. 86).

Dentre as 36 características, a de uso de painéis de mensagem variável e o uso de bordos alertadores, foram desconsideradas, por serem pouco utilizadas no Brasil, apesar de serem significativas na segurança viária (NODARI, 2003). A Tabela 4 apresenta os pesos relativos encontrados para os aspectos da via, sendo que a primeira e a segunda coluna possuem, respectivamente, a caracterização das macrocategorias e das características físicas. Já a terceira coluna contém o número de pessoas que respondeu o questionário. Por último, a quarta e a quinta coluna expõem, respectivamente, os níveis médios de influência e os pesos relativos para cada uma das características.

Tabela 4 – Pesos relativos

Macro categoria	Característica rodoviária	N	Influência média das características	Pesos relativos das características dentro das macro categorias
Superfície	1 Buracos	334	7,45	0,198
	2 Resistência	334	7,93	0,211
	3 Espelhos	334	8,14	0,217
	4 Cascalho	334	7,1	0,189
	5 Desnível	334	6,92	0,184
Curva	6 Curvas	334	7,1	0,194
	7 Superlargura	334	7,07	0,194
	8 Superelevação	334	7,77	0,212
	9 Tortuosidade	334	6,72	0,184
	10 Alinhamento	334	7,89	0,216
Interseção	11 Projeto	334	7,93	0,519
	12 Iluminação	334	7,36	0,481
Sinalização vertical e horizontal	13 Demarcação	334	8,42	0,176
	14 Tachas	334	7,9	0,165
	15 Cred. Sinaliz.	334	8,25	0,172
	16 Placas	334	7,76	0,162
	17 Balizadores	334	7,82	0,163
	18 Legibilidade	334	7,79	0,163
Elemento longitudinal	19 Rampas	334	6,15	0,283
	20 Ultrapassagem	334	7,46	0,342
	21 Visibilidade	334	8,16	0,375
Seção transversal	22 Faixas/acost.	334	8,00	0,278
	23 Pavim. Aco.	334	7,11	0,247
	24 Taludes	334	6,39	0,222
	25 Pontes	334	7,26	0,252
Usuários vulneráveis	26 Ciclista/pedes.	334	8,23	0,489
	27 Travessias	334	8,62	0,511
Laterais via	28 Elem. Perig.	334	7,98	0,343
	29 Acessos	334	7,72	0,332
	30 Paradas	334	7,56	0,325
Elementos gerais	31 Outdoors	334	5,7	0,203
	32 Rural/ urbano	334	7,27	0,259
	33 Veloc. Comp.	334	7,59	0,27
	34 Animais	334	7,53	0,268

Fonte: Nodari (2003. p. 108).

A partir da seleção das características físicas da rodovia relevantes para a segurança viária e da avaliação do nível de influência de cada uma delas, foi elaborada a técnica de inspeção de rodovias para se obter informações fundamentais para a geração do índice proposto.

### **3.3 Elaboração dos procedimentos de avaliação**

A avaliação em campo se baseia na investigação das condições vigentes na via dos aspectos constantes do ISP. Esta etapa é essencial para a qualificação dos resultados do ISP, considerando que os resultados adquiridos em campo constituem o cálculo do índice. O detalhamento do processo de avaliação tem a finalidade de orientar e padronizar a etapa de inspeção. Uma precisa orientação dos avaliadores tem um intuito de diminuir a variabilidade resultante das avaliações realizadas por profissionais diferentes. Desse modo, procura-se garantir a comparabilidade dos índices adquiridos em diferentes locais do tempo e do espaço (NODARI, 2003).

#### **3.3.1 Determinação do comprimento dos segmentos**

A determinação do comprimento de segmento utilizada neste método foi direcionada por dois aspectos. De acordo com Nodari (2003), o primeiro aponta a adoção de segmentos curtos para que seja capaz de identificar, com maior precisão, a condição principal das 34 características do trecho que está sendo avaliado. O segundo refere-se à operacionalização da inspeção realizada em campo, que acredita que segmentos extremamente curtos podem tornar a avaliação muito lenta e como resultado muito penoso. Deste modo, levando em conta estes aspectos, determinou-se a implantação de seções com um quilômetro de extensão.

### 3.3.2 Estimativa da escala de notas e planilha de inspeção em campo

Ao calcular o ISP do trecho estabelecido, é preciso avaliar, em campo, as condições das características que formam o índice. Neste método é indicado que se utilize 4 níveis para a escala de notas, especificados na Tabela 5, os quais são utilizados para calcular o ISP, onde as notas maiores representam melhor desempenho (NODARI, 2003). O Tabela 5 mostra a descrição genérica de 4 níveis de notas relacionada a condição física inspecionada na via.

Tabela 5– Descrição dos 4 níveis de notas

<b>Nível</b>	<b>Condições em campo da característica em análise</b>	<b>Nota</b>
Nível 1	Não existe o “problema” descrito	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

Fonte: Nodari (2003. p. 108).

De acordo com Nodari (2003), o nível 1, que é aquele que não possui o “problema” descrito, considera-se a melhor situação possível. Por exemplo, se o aspecto que está em inspeção for a presença de iluminação artificial nas interseções, aquele trecho que não as possui receberá a nota dez (máxima). Para o mesmo exemplo, se a faixa da rodovia possui cruzamento mas não tem uma boa iluminação artificial, teria uma nota sete. As notas três e um, respectivamente, seriam dadas para trechos com cruzamentos em que há escassez de iluminação artificial e para segmentos com interseções sem nenhuma iluminação. Para orientar a avaliação em campo, utiliza-se um gabarito que associa descrições qualitativas das condições de cada aspecto para cada uma das quatro notas possíveis. O

gabarito está apresentado no Anexo A, e a planilha de avaliação em campo, no Anexo B. Esta foi criada para receber a anotação das notas dos 34 aspectos examinados ao longo da inspeção das rodovias.

### **3.3.3 Processo de inspeção**

A avaliação em campo foi feita por duas pessoas, sendo uma o motorista e o outro o avaliador. O trecho da rodovia deve ser transitado na velocidade regulamentada. Partiu-se de um ponto definido como sendo o início da inspeção. O trecho avaliado foi percorrido em um sentido contínuo para se obter uma observação geral da sua situação (sem que haja o preenchimento da planilha de inspeção). Depois da primeira passagem de percepção das condições da rodovia, foi feita a avaliação exclusiva de cada uma das 34 características do índice que se realizou durante o regresso ao ponto de início da inspeção. Durante este percurso, o avaliador, equipado do gabarito de notas e da planilha de inspeção (Anexo A e B, respectivamente), registrou, de quilômetro em quilômetro, a nota referente a cada uma das características do ISP. O acompanhamento da quilometragem, para definir os segmentos avaliados, foi guiado pelos marcos quilométricos que a rodovia possui e pelo hodômetro do veículo, para se ter uma melhor precisão na deliberação dos pontos inicial e final de cada trecho de 1 km inspecionado (NODARI, 2003).

Seguindo as recomendações de Nodari (2003), ao término de cada trecho de 1 km, o veículo para que fossem registradas as notas das características relativas ao segmento percorrido. Desta forma, para cada parte foi determinada apenas uma nota para cada aspecto que deve demonstrar as condições existentes nos dois sentidos de circulação. Levando em conta que trecho terá só um ISP, o avaliador considerou como a pior situação analisada de todas as características como aquela que estipula a segurança de um segmento.

Dentre as 34 características apontadas na avaliação em campo, 5 precisaram ser inspecionados em condições específicas de luminosidade e tempo. Para a característica 3, que menciona a formação de espelhos d'água, foi indispensável avaliação em períodos chuvosos. Os aspectos 12, relativo à iluminação artificial na interseção, 14, relacionado à tachas refletivas, 17, pertencente a balizadores em curvas e 18, referente à legibilidade e destaque das placas de sinalização precisaram ser inspecionados durante a noite. Essas exigências estão especificadas na segunda coluna do gabarito de notas exibido no Anexo A.

Após a inspeção em campo, foi aplicado o método de avaliação da segurança, com base nas equações apresentadas no Tópico 2.3.1, sendo então definidos os trechos críticos de cada rodovia, podendo assim, localizar os pontos que possuem reduzida segurança aos usuários. Além disso, foi feita uma comparação entre os resultados das rodovias analisadas, verificando se a existência de pedágio tem influência ou não nas condições da via.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo são abordados os cálculos dos Índices de Segurança Potencial dos trechos em estudo. Após isto, são apresentadas várias análises e as correlações entre os trechos pedagiados e não pedagiados de rodovias federais e estaduais, a fim de ilustrar a situação da segurança viária e compreender os fenômenos relacionados com o estudo feito.

### **4.1 Estudo dos trechos analisados e análise proativa**

A análise proativa é aquela que tem como objetivo exibir informações preventivas quanto às necessidades de segurança viária, ou seja, medidas para evitar, ou pelo menos reduzir, a baixa qualidade referente à segurança de cada uma das características viárias presentes no estudo. Nem todas as causas de acidentes viários podem ser inteiramente prevenidas, entretanto, no que diz respeito ao componente viário-ambiental, o emprego de uma metodologia eficiente e focada a características proativas, tendem a prover resultado satisfatório para melhorar a segurança viária aos usuários. Visto isto, após a apresentação dos índices dos trechos, será feita sugestões de melhorias para estes.

#### 4.1.1 BR-116

A BR-116 é uma rodovia longitudinal brasileira com início na cidade de Fortaleza/CE, e término em Jaguarão/RS, que faz fronteira com o Uruguai, passando por dez estados e possui um total de 4.486 km de extensão. No trecho do km 160 ao km 164 analisado em Caxias do Sul/RS não é pedagiado. De acordo com dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF), a BR-116 lidera o *ranking* de gravidade de acidentes no Rio Grande do Sul com 1.886 acidentes graves e 1.237 casos de mortes entre janeiro de 2017 e outubro de 2018.

De acordo com o DNIT (2018), a rodovia federal recebeu as últimas manutenções no mês de fevereiro de 2018, com previsão de duração de 5 meses. Porém, segundo o Ministério da Infraestrutura (BRASIL, 2020), a partir do dia 9 de junho, seriam retomados os serviços de manutenção de 89,6 quilômetros da rodovia, no entanto, não foi possível verificar se a mesma ocorreu. Seriam 4 meses para realizar melhorias como roçada, capina, limpeza dos dispositivos de drenagem e recuperação do pavimento. Inicialmente, seria priorizada a limpeza da pista, remoção de pneus e de animais mortos e operações de tapa buracos, posteriormente, feito um trabalho mais profundo no pavimento. Ainda, esclarecem que os serviços estavam paralisados devido à falta de cumprimento de prazos da empresa terceirizada.

A seguir, serão apresentados dias e horários em que a inspeção de campo aconteceu:

- a) 20/05/2020 às 16h: Dia claro, sem chuva;
- b) 20/05/2020 às 18h: Noite;
- c) 21/05/2020 às 15h: Chuva.

A Tabela 6, apresenta a planilha com as notas aferidas para o trecho analisado, a partir das quais se obteve o ISP.

Tabela 6 - ISP BR-116

		km	160		161		162		163		164	
		Segmento	160	161	161	162	162	163	163	164	164	165
Superf.	1	Buracos na superfície	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	2	Resistência da superf. à derrap.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3	Formação de espelhos d'água	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10
	4	Presença de cascalho na pista	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	5	Desnível entre faixa e acostam.	7	7	3	3	3	3	3	3	3	7
Curva	6	Curvas acentuadas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	7	Deficiências na superlargura	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	8	Deficiências na superelevação	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	9	Incidências de curvas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10	Combinação entre alinham. H. e V.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inters.	11	Projeto das interseções	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	12	Iluminação nas interseções	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sinal V. e H.	13	Condições linhas demarcadoras	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	14	Condições tachas refletivas	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	15	Credibilidade sinalização H. e V.	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	16	Quantidade de placas de sinaliz.	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	17	Balizadores em curvas	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	18	Legibilidade/destaque das placas	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Elem. long.	19	Perfil longitudinal (rampas)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	20	Oportunidades de ultrapassagem	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	21	Visibilidade em curvas/interseções	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Seção trans.	22	Larguras faixas e acostamentos	3	10	10	10	10	3	3	3	3	7
	23	Condições superfíc. acostamentos	3	10	10	10	10	7	7	7	7	7
	24	Declividade dos taludes laterais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	25	Estreitamento da pista em pontes	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Usuário vul.	26	Cond. tráfego cicl/ped (seg.urbano)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	27	Travessias seguras para pedestres	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Laterais via	28	Elem. perigosos ao longo da via	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	29	Acessos a prop. e comér. lindeiro	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	30	Local./layout de paradas de ônibus	3	1	1	1	1	3	3	3	3	3
Geral	31	Uso outdoors e placas comerciais	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	32	Transição ambientes rural/urbano	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	33	Compat. veloc. regul. e projeto	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	34	Invasão animais de porte grande	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ISPglobal/segm.			4,82	5,01	4,88	5,82	5,03					
ISPglobal/trecho			5,11									

Legenda:

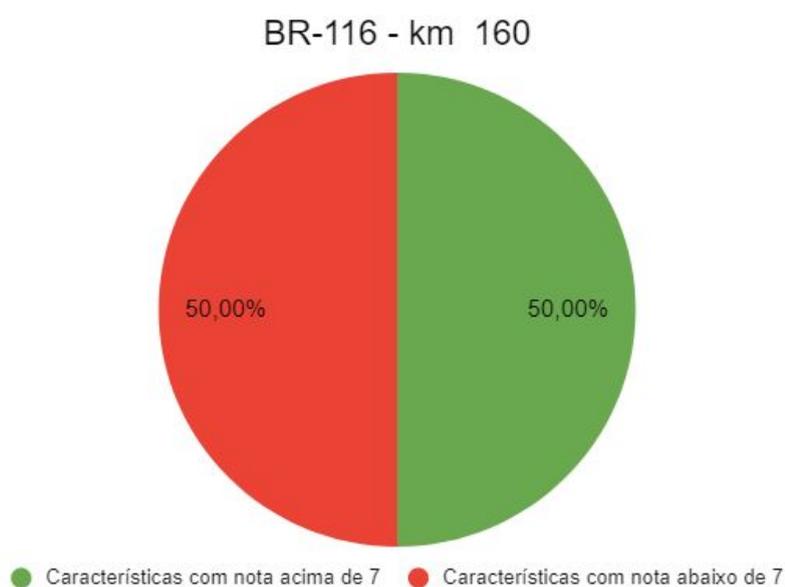
	Potencialmente razoavelmente seguro
	Potencialmente inseguro

Fonte: Da autora, 2020.

Analisando a Tabela 6, é possível constatar que o trecho mais crítico foi o km 160, com ISP parcial no valor de 4,82.

O trecho ficou com um ISP global de 5,11, considerado potencialmente razoavelmente seguro, assim como o km 161, km 163 e o km 164. Já o km 162 resultou em potencialmente inseguro, sendo outro trecho que merece atenção da empresa que presta manutenções. O Gráfico 3, demonstra a porcentagem de características que ficaram acima de 7 e as que ficaram abaixo, para o quilômetro mais crítico.

Gráfico 3 - Comparação das características do ISP



Fonte: Da autora, 2020.

A seguir serão apresentadas figuras do segmento obtidas durante a avaliação em campo, e também serão sugeridas melhorias para as características de menor valor do trecho que teve ISP mais baixo.

#### 4.1.1.1 Curvas

Em curvas acentuadas é imprescindível a necessidade de uma sinalização de qualidade. Na Figura 9 constata-se que as placas que indicam a existência de uma curva são poucas e algumas estão cobertas por vegetação.

Figura 9 - Má sinalização



Fonte: Da autora, 2020.

Nas curvas, não há muitos balizadores, levando em conta que os taludes laterais possuem alturas elevadas. Como existe uma grande quantidade de curvas, na qual não é possível se ter muita visibilidade da pista contrária, às oportunidades de ultrapassagem também são poucas, Segundo Nodari (2003), o que pode ajudar na visibilidade é a retirada do excesso de vegetação e remoção de obstáculos.

De acordo com a ANTT (2016), as barreiras de concreto e defensas metálicas fixadas nas rodovias devem possuir delineadores refletivos. Além disso, é muito

importante uma boa sinalização que indique ao condutor o tipo de curva que está a frente para que ele consiga reduzir a velocidade, para estar compatível com a geometria da via.

#### 4.1.1.2 Sinalização horizontal e vertical

Ao analisar a Figura 10, constata-se a falta da sinalização horizontal, pois está muito desgastada, quase inexistente. Isso faz com que aumente o risco de acidentes, o motorista pode fazer a curva sem estar na velocidade adequada e pode perder o controle do veículo, é importante ter planejamento e investimentos nas rodovias para evitar ao máximo a ocorrência de acidentes.

Figura 10 - Sinalização horizontal



Fonte: Da autora, 2020.

De acordo com Oliveira (2019), as linhas de centro e de bordo podem reduzir em até 20 % o número de acidentes, pois a sinalização horizontal pode auxiliar na redução da velocidade dos veículos. O Contran (2017), cita que a sinalização

horizontal pode ser considerada como uma controladora de fluxos, sendo um reforço da sinalização vertical e implantadas pelas entidades ou órgãos de trânsito. Para proporcionar uma maior visibilidade é necessário que a sinalização deva ser sempre retro refletiva.

Ao observar a Figura 11, é possível apurar que há uma falta de conservação do acostamento e limpeza da vegetação, pois está cobrindo a sinalização vertical.

Figura 11 - BR-116 km 160



Fonte: Da autora, 2020.

Segundo o Contran (2014), as placas devem sempre ser mantidas na posição correta, limpas e legíveis, assegurando que a vegetação e outras intervenções venham a prejudicar a sinalização. Ainda, de acordo com o Manual da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2016), não deve haver vegetação com

altura acima de 30 cm, ou 10 cm em áreas nobres, como acessos, trevos e praças de pedágio.

#### 4.1.1.3 Seção transversal

A Figura 12, retrata a grande periculosidade dos taludes nas laterais da pista.

Figura 12 - Taludes



Fonte: Da autora, 2020.

Gerscovich (2016), cita que os taludes formam a divisa lateral do corpo da estrada. É imprescindível que eles sejam estáveis para a segurança do tráfego, sendo por isso que deve-se ter um profundo estudo de estabilidade e estudos geotécnicos. Segundo o Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (1999, DNER), os taludes suaves são melhores para a segurança e conforto dos motoristas e pedestres, podendo ainda, ser reduzida a necessidade de defensas metálicas.

Quando possuem grande inclinação, os condutores não conseguem manter o controle do veículo.

Com a Figura 13, é possível visualizar que não há acostamento, e existe um excesso de vegetação, isso faz com que o condutor não tenha a visualização de placas e outros veículos.

Figura 13 - Acostamento



Fonte: Da autora, 2020.

De acordo com o Manual de implantação básica de rodovia (2010, DNIT), o acostamento é a faixa que vai da borda do pavimento até a vala, é destinado a proteger a borda do pavimento, para que os veículos possam estacionar, serve como pista de emergência, local de serviço para a conservação da via e como local para pedestres transitarem. Quando o segmento não possui acostamento, existe uma grande chance de ocorrer mais acidentes.

#### 4.1.1.4 Usuário vulnerável

Na Figura 14, verifica-se a ausência de acostamento e travessias seguras para pedestres, por se localizar em um local com várias moradias. Esta rodovia possui alto fluxo de carros, e a sinalização e faixas de pedestres traz mais segurança aos que trafegam neste local, ainda mais pelo fato de que o trecho não possui acostamento.

Figura 14 - Acostamento BR-116



Fonte: Da autora, 2020.

Para Diógenes (2008), os pedestres são considerados usuários vulneráveis no sistema de transportes, pois estão desprotegidos e constituem grande parte das vítimas de acidentes graves com lesões ou mortes. Os acidentes com este tipo de usuário podem ser quedas ou atropelamentos. Eles podem se deslocar por instalações designadas a eles, ou sobre a rodovia, onde os veículos se locomovem.

Averiguando a Figura 15, percebe-se a falta de conservação da faixa de pedestres e também a ausência de sinalização indicando-a.

Figura 15 - Faixa de pedestre



Fonte: Da autora, 2020.

Conforme o Manual de Segurança de Pedestres (2013), os cruzamentos estão ligados a grandes taxas de atropelamentos e lesões. As interseções que não apresentam sinalização aumentam isso, pois os pedestres podem se confrontar com veículos em alta velocidade. Por este fato, em alguns casos, a única maneira dos pedestres indicarem que querem atravessar é ficar em pé em frente a faixa de pedestres.

#### 4.1.2 BR 386

A BR-386 é administrada pela concessionária CCR Via Sul, é a segunda rodovia federal com o maior índice de mortalidade no estado, com 1.087 mortes entre 2017 e 2018, e para o trecho localizado em Lajeado, foi observado do km 339 ao km 344 (optou-se por desconsiderar os km 342, por possuir pista dupla, não se encaixando neste estudo).

A empresa implantou praças de pedágio possuindo uma tarifa de R\$ 4,60 para automóveis, e que segundo o Grupo Independente (2019), estão sendo instaladas usinas fotovoltaicas no trevo da BR-386 com a ERS-130, é um sistema de captação de energia, que servirá para abater custos com a iluminação da rodovia, que é de responsabilidade da administradora. Além disso, a empresa já realizou a reconstituição asfáltica, recuperação da iluminação, serviços de limpeza da vegetação e a pintura das linhas demarcadoras. A empresa administradora também disponibiliza 29 veículos de apoio ao usuário, dentre ambulâncias, guinchos e caminhões.

O jornal O Informativo do Vale (2020), relatou que está previsto para a concessionária realizar a duplicação da rodovia entre fevereiro de 2021 e fevereiro de 2023, no qual serão 20 quilômetros entre Lajeado e Marques de Souza, e de 2022 a 2023 o trecho entre Estrela e Lajeado também terá modificações, como já é duplicado, este trecho será ampliado, receberá acostamento, canteiro central e defensas metálicas para a divisão das pistas. Também deverão ser construídas 18 passarelas abrangendo 12 cidades, entre 2021 e 2030.

Serão listados os dias e as condições climáticas em que as avaliações em campo foram realizadas:

- a) 10/04/2020 às 19h: Noite;
- b) 09/04/2020 às 14h: Dia claro, sem chuva;
- c) 14/04/2020 às 13:30h: Chuva.

A Tabela 7 apresenta os valores de ISP parciais e global obtidos pela avaliação do trecho analisado.

Tabela 7 - ISP BR-386

		km		339		340		341		343		344	
		Segmento		339	340	340	341	341	342	343	344	344	345
Superf.	1	Buracos na superfície		3	3	10	10	10	10	10	10	10	10
	2	Resistência da superf. à derrap.		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	3	Formação de espelhos d'água		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	4	Presença de cascalho na pista		10	10	10	10	10	10	7	7	10	10
	5	Desnível entre faixa e acostam.		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Curva	6	Curvas acentuadas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	7	Deficiências na superlargura		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	8	Deficiências na superelevação		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	9	Incidências de curvas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	Combinação entre alinham. H. e V.		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inters.	11	Projeto das interseções		10	10	7	7	7	7	10	10	10	10
	12	Iluminação nas interseções		10	10	1	1	1	1	10	10	10	10
Sinal V. e H.	13	Condições linhas demarcadoras		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	14	Condições tachas refletivas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	15	Credibilidade sinalização H. e V.		10	10	3	3	3	3	3	3	10	10
	16	Quantidade de placas de sinaliz.		10	10	10	10	10	10	7	7	10	10
	17	Balizadores em curvas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	18	Legibilidade/destaque das placas		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Elem. long.	19	Perfil longitudinal (rampas)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	20	Oportunidades de ultrapassagem		7	10	1	1	1	1	1	1	1	1
	21	Visibilidade em curvas/interseções		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Seção trans.	22	Larguras faixas e acostamentos		7	3	10	10	10	10	10	10	10	10
	23	Condições superfic. acostamentos		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	24	Declividade dos taludes laterais		3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	25	Estreitamento da pista em pontes		7	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Usuário vul.	26	Cond. tráfego cicl/ped (seg.urbano)		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	27	Travessias seguras para pedestres		1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Laterais via	28	Elem. perigosos ao longo da via		7	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	29	Acessos a prop. e comér. lindeiro		3	7	7	7	3	3	3	7	7	7
	30	Local./layout de paradas de ônibus		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Geral	31	Uso outdoors e placas comerciais		10	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	32	Transição ambientes rural/urbano		7	7	10	10	3	3	3	7	7	7
	33	Compat. veloc. regul. e projeto		10	10	7	7	10	10	10	10	10	10
	34	Invasão animais de porte grande		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ISPglobal/segm.				7,43	7,4	6,93	6,93	6,93	6,93	7,25	7,25	7,97	7,97
ISPglobal/trecho				7,39									

Legenda:

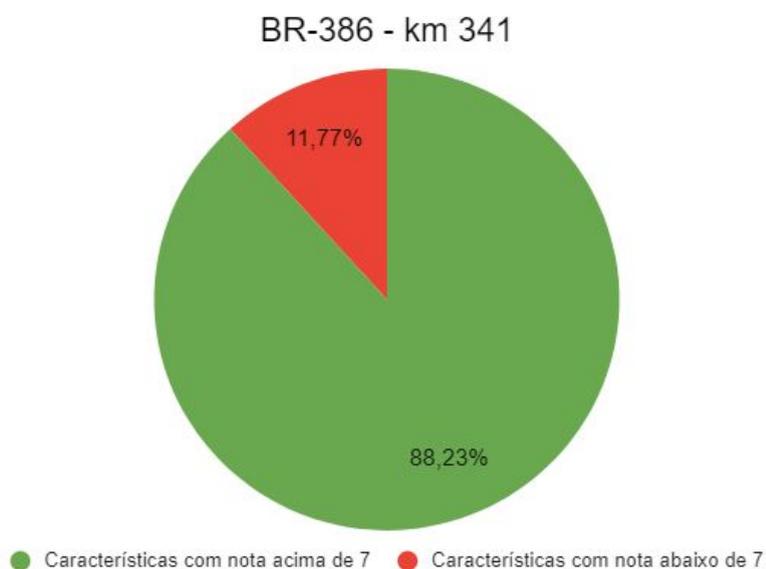
	Potencialmente razoavelmente seguro
	Potencialmente seguro

Fonte: Da autora, 2020.

Ao examinar a Tabela 7, é possível constatar que o km 341 foi o com menor índice. A rodovia resultou em um ISP global de 7,39, sendo potencialmente seguro, da mesma forma com o km 339, km 340, km 343 e km 344.

O Gráfico 4 demonstra a quantidade de características que ficaram abaixo do valor considerado seguro e as que ficaram acima, para o quilômetro com menor ISP.

Gráfico 4 - Comparação das características do ISP



Fonte: Da autora, 2020.

Serão apresentadas imagens tiradas durante a inspeção em campo, juntamente com sugestões de melhorias para as características de menor valor do km 341.

#### 4.1.2.1 Interseções

O que diminuiu a média deste trecho foi o fato de não possuir iluminação nas interseções. Na Figura 16, é possível ver que neste cruzamento não há nenhum poste que forneça uma boa iluminação aos veículos que trafegam à noite. Um trecho bem iluminado gera mais segurança para o usuário da rodovia, pois senão, eles evitam trafegar naquele trecho, além de reduzir consideravelmente a taxa de acidentes.

Figura 16 - Ausência de iluminação na interseção



Fonte: Da autora, 2020.

Conforme o DNIT (2015), a interseção é o local onde duas ou mais vias se interceptam, e são nelas que ocorrem grande número de acidentes, pois é o ponto do sistema viário onde o fluxo de tráfego entre em conflito mais regularmente. Apesar de ocupar apenas 4 % da quilometragem total de estradas federais e estaduais, é nestes locais que ocorrem cerca de 53 % dos acidentes. Ainda, segundo Nodari (2003), uma medida bastante utilizada para diminuir problemas de segurança nos cruzamentos durante a noite, é o emprego de iluminação artificial.

#### 4.1.2.2 Elementos longitudinais

É possível visualizar na Figura 17 a placa sinaliza que não se deve realizar a ultrapassagem, sendo um dos motivos que reduziu bastante o índice deste trecho. A falta de oportunidades de ultrapassagem, podem fazer com que os condutores cometam irregularidades no trânsito, o que pode gerar em acidentes fatais, pois quando o motorista vai realizar uma ultrapassagem várias variáveis devem ser levadas em conta, por exemplo, a distância do veículo da frente e o comprimento deste.

Figura 17 - BR-386 km 341



Fonte: Da autora, 2020.

Em geral, a BR-386 é uma rodovia que garante qualidade ao usuário, levando em conta o fluxo de veículos. Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (DNIT, 2010), é necessário fornecer a oportunidade de ultrapassagem sempre que possível em um trecho de rodovia. Principalmente

em áreas onde há poucas chances e em vias em que tenham veículos lentos. A Figura 18, representa melhor este problema.

Figura 18 - Ultrapassagem BR-386



Fonte: Da autora, 2020.

Examinando a Figura 18, nota-se que não há muitas possibilidades de ultrapassagem, principalmente pelo fato de o condutor não ter uma boa visibilidade da pista contrária. De acordo com Nodari (2003), rodovias rurais de pista simples que possuem excessivo fluxo de veículos, geralmente apresentam ausência de oportunidades de ultrapassagem adequadas. Para solucionar isto, a duplicação é bastante efetiva. Como citado anteriormente, a concessionária que administra a rodovia já possui projetos para duplicação deste trecho.

Na imagem, também constata-se que não há nenhuma travessia segura para pedestre, e por ser um trecho próximo a uma área urbana, isso pode ser um grande problema.

### 4.1.2.3 Seção transversal

A Figura 19, mostra que o acostamento não está no seu melhor estado e o talude lateral também pode representar perigo aos usuários. Pode ser um grande risco para os pedestres que transitam no acostamento, em alguns casos, quando ele está em péssima qualidade, os transeuntes podem caminhar sobre a pista de rolamento para desviar dos defeitos presentes no acostamento.

Figura 19 - Talude BR-386



Fonte: Da autora, 2020.

Segundo o DNER (1997), o acostamento é um trecho que faz parte da pista de rolamento, com a finalidade de dar suporte ao pavimento e um auxílio contra os efeitos de erosão, sendo possível visualizar que há uma degradação do pavimento neste local, possivelmente por efeito do intemperismo. Ainda, para Nodari (2003), caso a pista não possua uma ciclovia ou local adequado para circulação de pedestres, deve-se avaliar o acostamento como um local de circulação destes. Também é possível ver que há drenagem na pista, o que evita a formação de

espelhos da água, porém o talude lateral gera um risco, se considerar que algum veículo possa perder o controle e colidir contra ele.

#### **4.1.3 RSC-453**

De acordo com o Comando Rodoviário da Brigada Militar (CRBM), a RSC-453, é a rodovia em que ocorreu o maior número de vítimas no primeiro semestre de 2019, onde 18 pessoas perderam a vida num total de 15 acidentes. Foi analisado o trecho do km 24 ao km 29, localizada nas cidades de Cruzeiro do Sul e Lajeado/RS.

Segundo a EGR (2019), no mês de setembro de 2019 receberam um valor de R\$ 12 milhões para obras de manutenção na RSC-453 do trecho de Venâncio Aires a Lajeado. Nesta obra, foi realizada a duplicação no km 28, porém poucos meses depois, retiraram-na por prejudicar o acesso dos consumidores aos comércios localizados neste trecho, além de realizarem a recuperação asfáltica. Neste ano, de acordo com o Jornal O Informativo do Vale (2020), no mês de abril, a empresa realizou novamente manutenções neste trecho entre as cidades no valor de R\$ 10,5 milhões, para refazer o pavimento.

Para a obtenção do ISP, realizou-se avaliação em campo, para a qual foram realizadas três vistorias, conforme indicação:

- a) 15/03/2020 às 15h: Céu nublado;
- b) 16/03/2020 às 10h: Garoa;
- c) 17/03/2020 às 20h: Noite, sem chuva.

Conforme orientação do método, foi feita a avaliação dos 34 itens para cada quilômetro exclusivamente, para um total de 5 km. Após isso, os dados obtidos foram repassados para uma planilha eletrônica, e posteriormente feito o cálculo do índice dos respectivos trechos, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - ISP RSC-453

		km	24		25		26		27		28	
		Segmento	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29
Superf.	1	Buracos na superfície	7	7	7	7	3	3				
	2	Resistência da superf. à derrap.	7	7	7	7	7	7				
	3	Formação de espelhos d'água	7	7	7	7	7	7				
	4	Presença de cascalho na pista	7	7	7	7	7	7				
	5	Desnível entre faixa e acostam.	7	3	3	3	3	3				
Curva	6	Curvas acentuadas	10	10	10	10	10	10				
	7	Deficiências na superlargura	10	10	10	10	10	10				
	8	Deficiências na superelevação	10	10	10	10	10	10				
	9	Incidências de curvas	10	10	10	10	10	10				
Inters.	10	Combinação entre alinham. H. e V.	10	10	10	10	10	10				
	11	Projeto das interseções	10	10	10	10	10	10				
Sinal V. e H.	12	Iluminação nas interseções	10	10	10	10	10	10				
	13	Condições linhas demarcadoras	7	7	7	7	7	7				
	14	Condições tachas refletivas	10	10	10	10	10	10				
	15	Credibilidade sinalização H. e V.	10	10	3	3	3	3				
	16	Quantidade de placas de sinaliz.	10	10	10	10	10	10				
	17	Balizadores em curvas	10	10	10	10	10	10				
Elem. long.	18	Legibilidade/destaque das placas	7	7	7	7	7	7				
	19	Perfil longitudinal (rampas)	10	10	10	10	10	10				
	20	Oportunidades de ultrapassagem	7	10	10	10	10	10				
Seção trans.	21	Visibilidade em curvas/interseções	7	10	10	10	10	10				
	22	Larguras faixas e acostamentos	10	10	10	10	10	10				
	23	Condições superfic. acostamentos	7	3	3	7	3	3				
	24	Declividade dos taludes laterais	7	7	7	7	7	7				
Usuário vul.	25	Estreitamento da pista em pontes	10	10	10	10	10	10				
	26	Cond. tráfego cicl/ped (seg.urbano)	7	3	3	7	3	3				
Laterais via	27	Travessias seguras para pedestres	1	1	3	1	1	1				
	28	Elem. perigosos ao longo da via	7	7	7	7	7	7				
	29	Acessos a prop. e comér. lindeiro	3	3	3	3	3	3				
Geral	30	Local./layout de paradas de ônibus	1	7	7	7	7	7				
	31	Uso outdoors e placas comerciais	7	7	7	7	7	7				
	32	Transição ambientes rural/urbano	1	1	3	3	3	3				
	33	Compat. veloc. regul. e projeto	10	10	7	10	10	10				
	34	Invasão animais de porte grande	10	10	10	10	10	10				
ISPglobal/segm.			7,06	6,86	7,04	7,34	6,5					
ISPglobal/trecho			6,95									

Legenda:

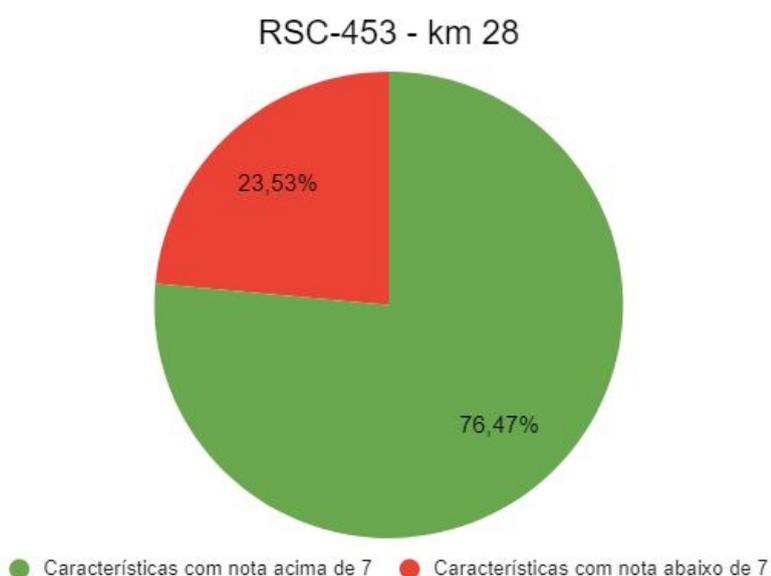
	Potencialmente razoavelmente seguro
	Potencialmente seguro

Fonte: Da autora, 2020.

Como é possível observar na Tabela 8, a RSC-453 teve como segmento mais crítico o km 28. A rodovia resultou em um ISP global do trecho de 6,95 sendo considerado Potencialmente razoavelmente seguro, assim como o km 25. O km 24, km 26 e o km 27 foram avaliados como Potencialmente seguro.

O Gráfico 5, representa a porcentagem de características que ficaram abaixo de 7 e as que ficaram acima, para o km 28.

Gráfico 5 - Comparação das características do ISP



Fonte: Da autora.

#### 4.1.3.1 Superfície

Já na Figura 20, é possível observar as ondulações e buracos (também conhecido como panela) na pista de rolamento. No nosso país, os pavimentos executados deveriam ter vida útil de 8 a 12 anos, porém não é isto que acontece, em

alguns casos, os problemas estruturais começam a aparecer meses depois da aplicação. O que pode acontecer, é que está sendo utilizadas medidas muito antigas para o planejamento de obras, por isso há deficiências na execução e também investe pouco no gerenciamento de obras e fiscalização.

Figura 20 - Ondulação RSC-453



Fonte: Da autora.

Conforme a CNT (2018), a ondulação é o movimento plástico do revestimento. Nodari (2003) aponta que este defeito implica em grande parte do número de acidentes que ocorrem a cada ano, principalmente para caminhões, pois perdem facilmente o controle do veículo podendo gerar deslocamento de carga e/ou capotamento. Segundo o DNER (1997), a ondulação é um defeito irreversível e com alto custo de reparação, devido a falha da estrutura de suporte da fundação do pavimento.

#### 4.1.3.2 Sinalização horizontal e vertical

As Figuras 21 e 22 mostram as condições da rodovia no seu trecho mais crítico, na qual é possível observar a má qualidade em que a sinalização se encontra, isso pode causar uma confusão para o motorista que não está familiarizado com a via, com a grande possibilidade de causar graves acidentes.

Figura 21 - RSC-453 km 28



Fonte: Da autora, 2020.

Figura 22 - Linhas de divisão de fluxo RSC-453



Fonte: Da autora, 2020.

Segundo a norma do DNIT 100/2018 – ES (DNIT, 2018), para que a sinalização horizontal forneça segurança e conforto aos usuários, a sinalização deve conduzir o deslocamento dos veículos em função da geometria da via, obstáculos e das reduções de velocidade decorrentes de travessias de pedestres. A norma também cita que para a remoção de demarcações já existentes, deve-se realizar o lixamento, fresagem, hidrojateamento, queima ou jateamento a seco com autoaspiração, e não sobrepor a demarcação antiga com tinta preta.

#### **4.1.3.3 Seção transversal**

Na Figura 23, os acostamentos não estão em bom estado, apresentam erosão e presença de cascalhos. Isso pode ocasionar em perda de controle do veículo se ele está em alta velocidade, ou até mesmo um desconforto para o pedestre que está transitando.

Figura 23 - RSC-453 acostamento



Fonte: Da autora.

Como o Manual de Projeto e Práticas Operacionais (DNIT, 2010), especifica, a presença de pedestres e ciclistas em vias rurais é cada vez mais comum, por isso, é necessário que projetem as rodovias para atender a esta demanda. Com relação a segurança, um dos principais itens utilizados no seu desenvolvimento é a pavimentação do acostamento e o seu desnível com relação a pista de rolamento.

#### **4.1.3.4 Laterais da via**

Durante a avaliação em campo, também foi possível constatar a ausência de paradas de ônibus no trecho crítico. Levando em consideração que nos arredores existem várias indústrias, empresas de comércio e transporte, seria importante haver paradas de ônibus, pois muitos dos trabalhadores dependem desse transporte para

retornar à suas casas. Ao invés disso, devem ficar nos acostamentos esperando o seu meio de locomoção chegar, gerando um grande risco às suas vidas.

Conforme Trindade (2014), o transporte coletivo é mais eficaz do que o individual, por permite o transporte de várias pessoas ao mesmo tempo, sem a necessidade de tantos recursos, sem danificar tanto o meio ambiente. Entretanto, em muitos casos, o transporte coletivo não corresponde ao que se espera, com relação à infraestrutura e localização das paradas de ônibus, que são construídas frequentemente sem nenhum planejamento.

#### **4.1.4 ERS-413**

A ERS-413 é uma rodovia estadual que vai da cidade de Lajeado e Santa Clara do Sul, passando pelos bairros São Bento e Moinhos d'Água, esta rodovia é bastante movimentada pelo fato de possuir uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA) localizada no km 1. De acordo com o Jornal A Hora (2018), o município de Lajeado ficou responsável por realizar toda e qualquer manutenção nesta via, com o intuito de facilitar a conservação desta. Com isto, a cidade busca facilitar a implantação de empreendimentos nas margens da rodovia.

Durante a inspeção de campo, seguiu-se todos os requisitos, sendo listados abaixo os dias em que ocorreu:

- a) 31/05/2020 às 16h: Céu nublado e após com chuva;
- b) 01/06/2020 às 18h: Noite.

A Tabela 9 apresenta os valores de ISP parciais e global obtidos pela avaliação do trecho analisado.

Tabela 9 - ISP ERS-413

		km		2		3		4		5		6	
		Segmento		2	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Superf.	1	Buracos na superfície		7	7	10	10	10	10	10	10	10	10
	2	Resistência da superf. à derrap.		3	3	3	3	7	7	7	7	7	7
	3	Formação de espelhos d'água		7	7	3	3	7	7	7	7	7	7
	4	Presença de cascalho na pista		7	7	3	3	7	7	7	7	7	7
	5	Desnível entre faixa e acostam.		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Curva	6	Curvas acentuadas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	7	Deficiências na superlargura		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	8	Deficiências na superelevação		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	9	Incidências de curvas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inters.	10	Combinação entre alinham. H. e V.		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	11	Projeto das interseções		3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
Sinal V. e H.	12	Iluminação nas interseções		3	3	3	3	7	7	7	7	7	7
	13	Condições linhas demarcadoras		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
	14	Condições tachas refletivas		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	15	Credibilidade sinalização H. e V.		7	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	16	Quantidade de placas de sinaliz.		3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
	17	Balizadores em curvas		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Elem. long.	18	Legibilidade/destaque das placas		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
	19	Perfil longitudinal (rampas)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	20	Oportunidades de ultrapassagem		3	3	7	7	7	7	7	7	3	3
Seção trans.	21	Visibilidade em curvas/interseções		7	7	7	7	7	7	7	7	3	3
	22	Larguras faixas e acostamentos		1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	23	Condições superfic. acostamentos		1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	24	Declividade dos taludes laterais		3	3	3	3	7	7	7	7	7	7
Usuário vul.	25	Estreitamento da pista em pontes		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	26	Cond. tráfego cicl/ped (seg.urbano)		1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Laterais via	27	Travessias seguras para pedestres		3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
	28	Elem. perigosos ao longo da via		1	1	3	3	7	7	7	7	7	7
	29	Acessos a prop. e comér. lindeiro		1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Geral	30	Local./layout de paradas de ônibus		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	31	Uso outdoors e placas comerciais		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	32	Transição ambientes rural/urbano		3	3	3	3	3	3	3	3	7	7
	33	Compat. veloc. regul. e projeto		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	34	Invasão animais de porte grande		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ISPglobal/segm.				4,56	4,48	4,85	5,55	5,91					
ISPglobal/trecho				5,07									

Legenda:

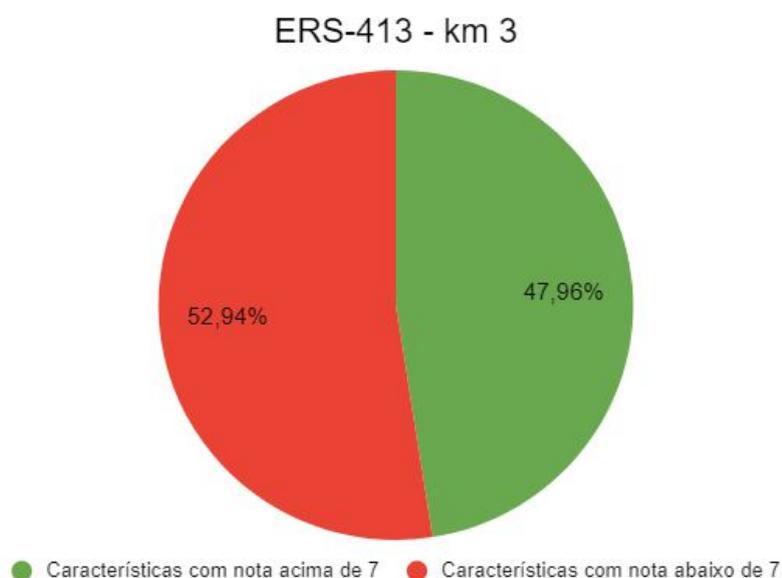
	Potencialmente razoavelmente seguro
	Potencialmente inseguro

Fonte: Da autora, 2020.

Atentando-se à Tabela 9, é possível verificar que esta via variou em potencialmente razoavelmente seguro e potencialmente inseguro. O trecho mais crítico foi no km 3 com 4,85, no qual a rodovia resultou em um ISP global do trecho de 5,07, sendo Potencialmente razoavelmente seguro, assim como no km 5 e no km 6, já para o km 2 e km 4 o índice foi de Potencialmente inseguro.

O Gráfico 6 apresenta a porcentagem de características que ficaram abaixo do considerado seguro e as que ficaram acima, para o quilômetro mais crítico.

Gráfico 6 - Comparação das características do ISP



Fonte: Da autora, 2020.

#### 4.1.4.1 Superfície

Na Figura 24, atenta-se a formação de espelhos da água, podendo facilitar a aquaplanagem dos veículos, causando graves acidentes. A aquaplanagem acontece quando a chuva forma uma camada de água na superfície do asfalto, isso pode

fazer com que os pneus percam contato com a pista de rolamento, fazendo com que o condutor perca o controle do veículo.

Figura 24 - Espelhos da água ERS-413



Fonte: Da autora, 2020.

De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), a principal função da drenagem é eliminar a água que atinge o corpo estradal, para captá-la e conduzi-la para locais que não afetem as condições da via. É imprescindível que o responsável pelo projeto de uma rodovia saiba da importância da drenagem para garantir a qualidade da via e a segurança dos condutores.

#### **4.1.4.2 Sinalização horizontal e vertical**

Observa-se na Figura 25 que as linhas demarcadoras estão desbotadas, e que não é possível ver tachas. Para locais em que há pouca visibilidade da pista contrária, a sinalização é a melhor maneira de ele poder se localizar na via, se ela não está em boas condições, as chances de ocorrer um acidente são grandes.

Figura 25 - ERS-413 km 3



Fonte: Da autora, 2020.

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais (DNIT, 2010), a pintura do pavimento e as tachas tem a função de estabelecer o veículo corretamente na via, além disso, as tachas devem ser da cor amarela na divisão das pistas e brancos para fluxo da mesma direção.

Também é possível visualizar durante a avaliação em campo, a falta de sinalização vertical, que conforme o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2014), a sinalização vertical utiliza elementos que possuem forma e cor preestabelecidas, de padrão específico. Em rodovias de alta velocidade é obrigatório que as placas sejam retro refletivas, iluminadas ou luminosas, ou seja, precisam ter o mesmo formato, cores e dimensões durante o dia e noite. Elas devem sempre ser mantidas na posição correta, limpas e legíveis, assegurando que a vegetação e outras intervenções venham a prejudicar a sinalização.

#### 4.1.4.3 Seção transversal

Na Figura 26, está representada a falta de acostamento do trecho, o que gera pouca segurança aos usuários, pois o acostamento pode servir de local de tráfego de pedestres, como forma de refúgio para os veículos, por exemplo, quando há algum problema mecânico.

Figura 26 - Ausência de acostamento



Fonte: Da autora, 2020.

A maior parte da rodovia não possui acostamento, e quando possui, ele não está em boas condições, principalmente por ter bastante circulação de ciclistas e pedestres. Conforme Antas et al. (2010), a largura desejável do acostamento irá depender da velocidade diretriz, da composição e da quantidade de tráfego. Sendo assim, para que cumpra o seu propósito, a largura ideal seria aquela que possibilita o estacionamento do veículo e lugar para um homem trabalhar ao seu lado.

Segundo Pimenta e Oliveira (2004), em rodovias que tenham alto padrão e altas velocidades de projeto, podem ser utilizados acostamentos de 3,50 m ou 3,60 m de largura, permitindo que o veículo fique distante 0,90 m a 1,00 m da lateral da

pista. Para que possa ter no mínimo 3,00 m de largura, porém, como em menor tamanho o custo também reduz, acostamento de 2,50 m são facilmente encontrados.

#### 4.1.4.4 Usuário vulnerável

A Figura 27 mostra as condições da faixa de pedestre, que está necessitando de manutenção, até mesmo porque é ao lado há uma escola. Mesmo possuindo redutores de velocidade, o pedestre não se sente muito seguro, ainda mais porque não há uma boa visibilidade dos carros.

Figura 27 - Faixa de pedestre ERS-413



Fonte: Da autora, 2020.

Nodari (2003), cita que para uma travessia ser segura, ela deve fornecer brechas na circulação de veículos em tempo suficiente para que o pedestre termine a travessia. Quando essas brechas não acontecem, adota-se algum mecanismo

para gerá-la. A faixa de pedestre representada na imagem, possui redutores de velocidades que as precedem, porém elas estão desgastadas e não dão a refletância suficiente para sinalizar o condutor de que ela está lá.

#### 4.1.4.5 Laterais da via

Outra característica que obteve uma baixa avaliação neste segmento, foi o “acesso à propriedade e comércio lindeiro”, no qual era possível observar uma baixa infraestrutura, pois como as ruas transversais são de estrada de chão, é bem fácil o solo erodir, causando buracos na rua, conforme a Figura 28.

Figura 28 - Acesso a propriedades e comércio lindeiro



Fonte: Da autora, 2020.

De acordo com Nodari (2003), as manobras realizadas para acessos e travessias são grandes fontes de conflitos entre veículos e, conseqüentemente, fonte potencial de acidente. A finalidade do controle de acessos é aprimorar as condições de segurança, reduzindo os pontos onde os veículos podem sair, atravessar a rodovia ou entrar. Ela ainda afirma, que a taxa de acidentes é crescente em relação ao aumento do número de entradas a propriedades lindeiras.

## **4.2 Comparação dos resultados**

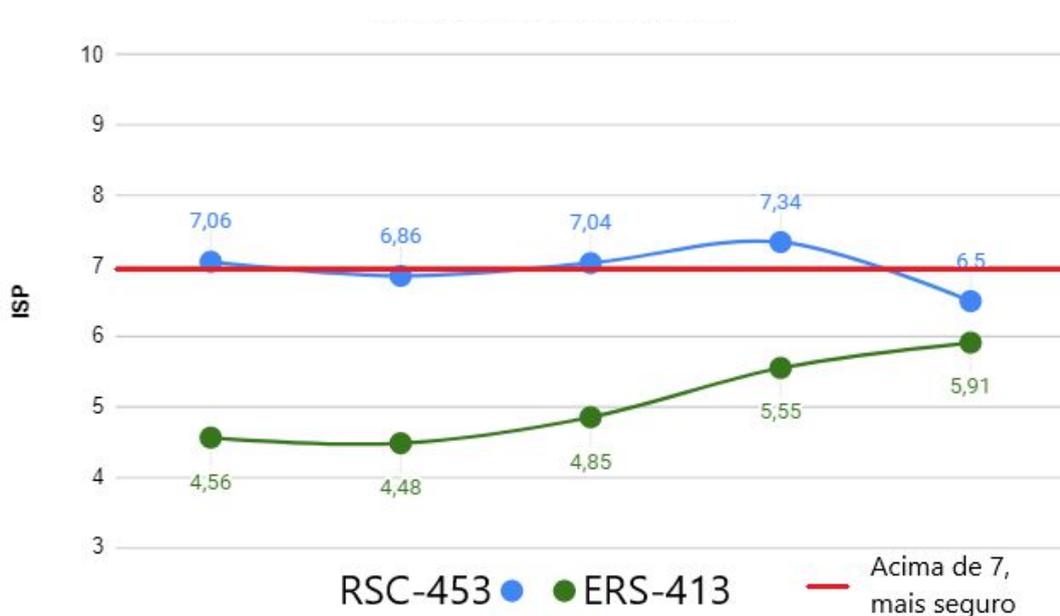
No ponto de vista de segurança viária, é sempre desejável que a rodovia seja o mais homogênea possível. O que se procura, é oferecer aos condutores uma rodovia sem variações nas exigências de desempenho dos mesmos. Ou seja, em uma rodovia com um trecho bom, e outro ruim, demanda mais do motorista por ele estar expectando trechos bons ininterruptamente, ao passo que, em uma rodovia sem uniformidade, o condutor sempre estará preparado para trechos ruins, assim, não terá nenhuma surpresa.

De acordo com o Anuário Estatístico de Transporte do Observatório Nacional de Transporte e Logística (2018), 4.486,4 quilômetros de rodovias federais são administradas por 19 concessionárias, distribuídas em 5 estados. Isso representa cerca de 8 % da malha rodoviária federal pavimentada, que possui 56.097 km. Já nas estaduais, diversos estados possuem seus próprios programas estaduais de concessão. Deste modo, os estados de Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e Bahia transferiram para a administração privada cerca de 9.232,16 km de rodovias, entre federais e estaduais delegadas. As faixas rodoviárias pertencentes a este programa são administrados por 33 empresas privadas, possuindo 266 praças de cobrança na totalidade de sua extensão.

### 4.2.1 Rodovias estaduais

Está apresentado o Gráfico 7, os resultados dos ISP's obtidos para as rodovias estaduais, sendo a RSC-453 pedagiada e a ERS-413 não pedagiada.

Gráfico 7 - Comparação rodovias estaduais



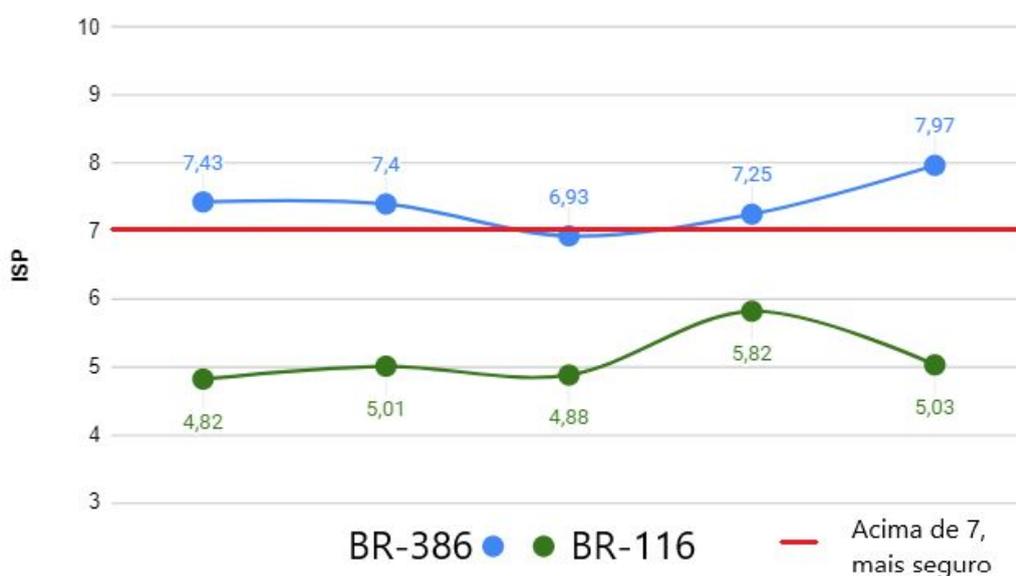
Fonte: Da autora, 2020.

Analisando o Gráfico 7, é possível comparar os resultados dos ISP's dos 5 km de cada uma das rodovias estaduais analisadas. Durante a inspeção era visível a diferença na qualidade de manutenção destas duas rodovias. A RSC-453 tinha um grande problema por possuir muitos buracos, e a ERS-413 possuía uma sinalização horizontal e vertical de má qualidade, necessitando urgentemente de cuidados. Enquanto a concessionária de rodovia pedagiada está fazendo os reparos para melhorar o estado desta, na não pedagiada não tem nenhuma previsão de manutenção.

## 4.2.2 Rodovias federais

O Gráfico 8, mostra os ISP's obtidos através dos cálculos, para as rodovias federais, sendo a BR-386 pedagiada e a BR-116 não pedagiada.

Gráfico 8 - Comparação de rodovias federais



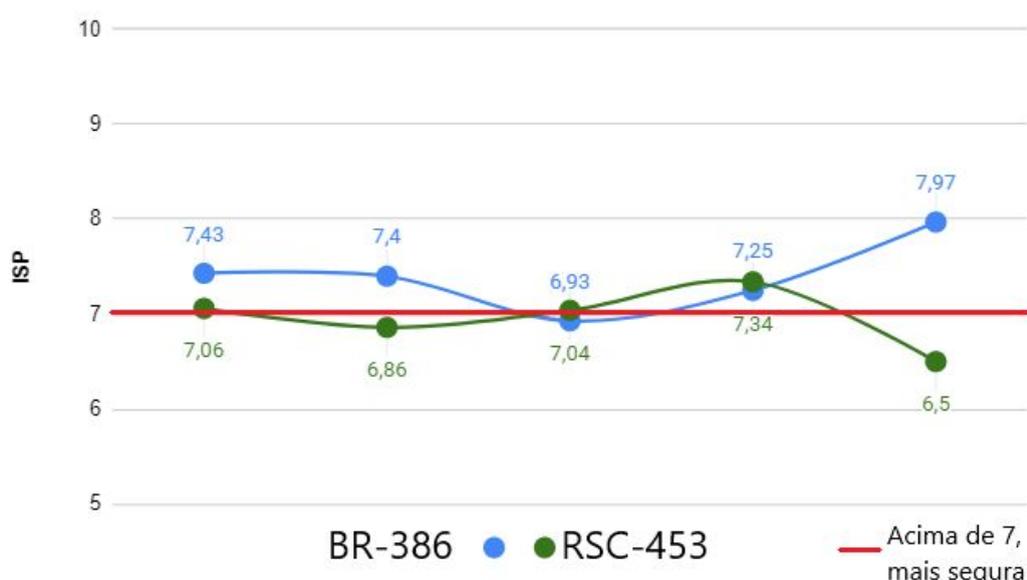
Fonte: Da autora, 2020.

Ao examinar o Gráfico 8, observa-se que, novamente, a rodovia pedagiada se encontra em melhor estado com relação à segurança viária. Durante a análise em campo, foi possível concluir que a BR-386 estava recebendo todos os tipos de manutenções para que a via permanecesse conservada, enquanto na BR-116 havia uma grande quantidade de vegetação que encobria as placas de sinalização, além de haver falta de pintura nas linhas demarcadoras.

### 4.2.3 Rodovias pedagiadas

Após a análise das rodovias federais e estaduais, foi feita a comparação entre as rodovias pedagiada, sendo elas a BR-386 e a RSC-453, a partir dos ISP's apresentados no Gráfico 9 apresentado posteriormente.

Gráfico 9 - Comparação de rodovias pedagiadas



Fonte: Da autora, 2020.

Observando o Gráfico 9, é possível ver que há pouca variação entre os índices dos 5 quilômetros das duas rodovias, porém a que apresentou mais vezes trechos com valores abaixo de 7, foi a RSC-453, que durante a análise em campo é perceptível a diferença de conservação e manutenção das duas administradoras. A CCR ViaSul tem uma maior preocupação quanto a qualidade da sinalização horizontal e da pista de rolamento.

#### 4.2.4 Rodovias não pedagiadas

É exibido através do Gráfico 10, a comparação dos valores de ISP's obtidos para as rodovias não pedagiadas, sendo elas a BR-116 e a ERS-413.

Gráfico 10 - Comparação de rodovias não pedagiadas



Fonte: Da autora, 2020.

Analisando o Gráfico 10, é possível verificar que as duas rodovias apresentaram todos os valores abaixo do que é considerado mais seguro. No decorrer da inspeção verificou-se que há vários pontos em que quem corre o maior perigo são os pedestres, pela falta de travessia e locais seguros para transitarem. Porém, para os condutores o risco de causar acidente é grande também, devido a má qualidade da sinalização nestes segmentos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um método de avaliação de segurança potencial de rodovias, que se fundamenta nas características físicas da rodovia. Este índice de segurança contemplou a realização de uma pesquisa em campo das características que fazem parte do ISP, avaliação imprescindível para a qualidade do índice obtido.

Os programas de concessões rodoviárias brasileiros, tem o dever de promover uma grande melhora na infraestrutura viária (conforto e segurança), operação e atendimento aos condutores, que segundo Barbosa (2013), muitos usuários revelam que consideram as empresas privadas melhores administradoras de estradas do que o governo. Visto isto, com a utilização do Índice de Segurança Potencial, é possível observar quais as rodovias que estão recebendo maiores investimentos para sua conservação.

O ISP deve ser apontado como um indicador das condições de segurança de uma rodovia, e não como um estudo de previsão de acidentes. Através deste estudo, foi possível localizar os trechos que estão mais desfavoráveis em relação a segurança viária para as rodovias analisadas, levando em conta que em todas as rodovias foi analisado um total de 5 quilômetros, o ISPgloabal da BR-116 foi de 5,11, da BR-386 foi de 7,39, da RSC-453 de 6,95 e da ERS-413 foi de 5,07. Deste modo, foi possível constatar que as rodovias pedagiadas possuem um maior índice de segurança do que as que não possuem praças de pedágio.

Com o levantamento, foi possível também, identificar os trechos mais críticos para a segurança em cada rodovia. Sendo assim, na BR-116 o menor ISP foi do km 160 com 4,82, na BR-386 foi o km 341 com 6,93, na RSC-453 foi o km 28 com 6,5 e na ERS-413 foi o km 3 com 4,48. Para as não pedagiadas, foi Potencialmente inseguro e as pedagiadas foi Potencialmente razoavelmente seguro. Dentre todas as características avaliadas, a que mais apresentou problemas em todas as rodovias foi a sinalização horizontal, por apresentar desgaste e não possuir a refletância necessária.

Visto que o componente viário-ambiental não é o único responsável por causar acidentes, é coerente esperar que a utilização de um índice, baseado em características viárias, seja insuficiente para prever a ocorrência da generalidade de acidentes. O Índice de Segurança Potencial é, de fato, um apontador das condições de segurança potencial de um trecho rodoviário e não deve ser utilizado como uma ferramenta para prever acidentes. A sua principal utilidade é a averiguação do perfil de segurança das rodovias analisadas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Manual de Fiscalização de Rodovias Concedidas**. Brasília: ANTT, 2016. 108 p.

AHMANN, Rafael da S. **Rodovia pedagiada ERS-239 (Novo Hamburgo-Sapiranga)**: avaliação das condições de segurança viária e sugestão de melhorias. 2016. 94 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALBANO, João F. **Noções sobre interseções**. 2010. Disponível em: <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420\\_14-intersecoes\\_apresentacao.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14-intersecoes_apresentacao.pdf)>. Acesso em: 24 outubro 2019.

ALVES, Gustavo da S. **Usuários vulneráveis e a sua inserção na mobilidade urbana**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

ANTAS, Paulo M.; VIEIRA, Alvaro; GONÇALO, Elúcio A.; LOPES, Luiz A. S. **Estradas**: Projeto geométrico e de terraplenagem. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 282 p.

BARBOSA, Saulo H. **Rodovias de pedágio aberto ou free-flow**: perspectivas para a implantação no Brasil. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transporte) - Universidade Federal de Minas, Belo Horizonte.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. G.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: ABEDA, 2006. 116 p.

BONATTO, Andrey Z. E. **Análise da sinalização na segurança viária**: antes e depois do programa BR-LEGAL. 2018. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BOTTESINI, Giovani. **Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRANCO, Adriano M. **Segurança Rodoviária**. São Paulo: CL-A, 1999. 108 p.

BRANCO, Fernando; PEREIRA, Paulo; SANTOS, Luís P. **Pavimentos rodoviários**. Coimbra: Almedina, 2016. 388 p.

CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA. **Segurança viária**. 2006. Disponível em: <<http://www.cesvibrasil.com.br/site.aspx/seguranca-viaria-lista>>. Acesso em: 21 junho de 2020.

COMANDO RODOVIÁRIO BRIGADA MILITAR. **Resumo de acidentes**. 2019. Disponível em: <<http://www.crbm.bm.rs.gov.br/resumo-de-acidentes/>>. Acesso em: 21 outubro 2019.

COMANDO RODOVIÁRIO BRIGADA MILITAR. **Resumo de acidentes**. 2019. Disponível em: <<https://crbm.bm.rs.gov.br/estatistica/estatisticas.php>>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias**. 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 18 de março de 2020.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Sinalização Vertical de Indicação**. Volume III. São Paulo: CONTRAN, 2014. 344 p.

DIÓGENES, Mara C. **Método para avaliar o risco potencial de atropelamentos em travessias urbanas em meio de quadra**. 2008. 245 f. Monografia

(Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **VDM principal**. 2017. Disponível em: <<https://daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/13092642-vdm-2017-eet-spq.pdf>>. Acesso em: 21 outubro 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro: DNER, 1997. 296 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de implantação básica de rodovia**. 3 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. 617 p.

\_\_\_\_\_. **DNIT 005: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia**. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

\_\_\_\_\_. **DNIT 100: Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário - Sinalização horizontal - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2018. 15 p.

\_\_\_\_\_. **Núcleo de estudos sobre acidentes de trânsito em rodovias federais**. 2015. Disponível em: <[http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/nea\\_e](http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/nea_e)>

studios\_para%20proposicao\_melhorias\_seguranca\_viaria>. Acesso em: 24 outubro 2019.

\_\_\_\_\_. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. 280 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 327 p.

\_\_\_\_\_. **DNIT/RS realiza manutenção na BR-116, no perímetro urbano de Caxias do Sul**. 2018. Disponível em: <<https://www.dnit.gov.br/noticias-alerta-de-servicos/dnit-rs-realiza-manutencao-na-br-116-no-perimetro-urbano-de-caxias-do-sul>>. Acesso em: 21 junho 2020.

\_\_\_\_\_. **Contagem contínua**. 2018. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/ContagemContinua>>. Acesso em: 22 junho 2020.

ESPERANDIO, Isadora B. **Padrões espaciais de mortalidade de mamíferos silvestres e domésticos no Rota do Sol**. 2011. 20 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estabilidade de taludes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 192 p.

GRUPO INDEPENDENTE. **CCR ViaSul construirá usina fotovoltaica no trevo da BR-386 com a ERS-130.** 2019. Disponível em: <<https://independente.com.br/ccr-viasul-construira-usina-fotovoltaica-no-trevo-da-br-386-com-a-ers-130>>. Acesso em: 23 junho 2020.

HOEL, Lester A.; GARBER, Nicholas J.; SADEK, Adel W. **Engenharia de infraestrutura de transportes: uma integração multimodal.** São Paulo: Cengage Learning, 2011. 596 p.

JORNAL A HORA. **Municipalização da ERS-413 garante autonomia ao município.** 2018. Disponível em: <<https://grupoahora.net.br/conteudos/2018/12/13/municipalizacao-da-ers-413-garant-e-autonomia-ao-municipio/https://grupoahora.net.br/conteudos/2018/12/13/municipalizacao-da-ers-413-garante-autonomia-ao-municipio>>. Acesso em: 23 junho 2020.

JORNAL O INFORMATIVO DO VALE. **Avança restauração da RSC-453 entre Venâncio Aires e Lajeado.** 2020. Disponível em: <<https://www.informativo.com.br/geral/avanca-restauracao-da-rsc-453-entre-venancio-aires-e-lajeado-,355130.jhtml>>. Acesso em: 23 junho 2020.

JORNAL O INFORMATIVO DO VALE. **CCR ViaSul recebe aval para duplicação da 386 no Vale.** 2020. Disponível em: <<https://www.informativo.com.br/geral/ccr-viasul-recebe-aval-para-duplicacao-da-386-no-vale-,350240.jhtml>>. Acesso em: 23 junho 2020.

JÚNIOR, Elci P. **Manual de obras rodoviárias e pavimentação urbana: execução e fiscalização**. São Paulo: Pini, 2014. 378 p.

KOPPLIN, Caroline M. **Análise dos dados de acidentalidade da BR-392 entre o Porto de Rio Grande e o município de Pelotas**. 2015. 90 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LEE, Shu Han. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2015. 441 p.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **DNIT retoma serviços de manutenção na BR-116/RS**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-retoma-servicos-de-manutencao-na-br-116-rs>>. Acesso em: 21 junho 2020.

MINISTÉRIO DO TRANSPORTE, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário estatístico de segurança rodoviária**. São Paulo: MTPA, 2017. 75 p.

NODARI, Christine T. **Método de avaliação de segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. 2003. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA. **Anuário estatístico**. 2018. Disponível em: <<https://www.ontrl.epl.gov.br/anuario-estatistico#:~:text=Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Transportes%202010%20%2D%202016&text=H%C3%A1%20dados%20de%20todos%20os,n%C3%BAmeros%2C%20de%202010%20a%202016.&text=O%20documento%20preenche%20a%20lacuna,%2D%20GEIPOT%2C%20extinta%20em%202002>>. Acesso em: 21 junho 2020.

OLIVEIRA, Maurício C. de. **Efeitos da luz do ambiente e de sinalização horizontal na segurança em rodovias**: estudo em simulador de direção imersivo. 2019. 82 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Manual de segurança para pedestres**. Brasília: OMS, 2013. 136 p.

PECKER, Caroline C. **Simulação de segmentos rodoviários de pista simples com faixas adicionais**. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto geométrico de rodovias**. 2 ed. São Carlos: Rima, 2004. 198 p.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Acidentes**. 2019. Disponível em: <<https://portal.prf.gov.br/dados-abertos>>. Acesso em: 21 outubro 2019.

ROSA, Rodrigo de A. **Estrada de rodagem**: elementos geométricos longitudinais. 2012. Disponível em : <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/2-elementos-geomc3a9tricos.pdf>>. Acesso em: 24 outubro 2019.

SCHOPF, Andrea R. **Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias**. 2006. 189 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnica de projetos rodoviários**. São Paulo: Pini, 2008. 758 p.

SOUZA, Maurício J. de. **Patologias em pavimentos flexíveis**. 2004. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi.

TINOCO, Maria A. C.; NODARI, Christine T.; PEREIRA, Kimberllyn R. da S. Vulnerabilidade ambiental, social e viária em acidentes com transporte de produtos perigosos: estudo de caso na BR-101 entre Osório e Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 32(9):e00112815, 2016. 13 p.

TOCHETTO, Mariana. **Semestre tem menor número de mortes em acidentes de trânsito no RS dos últimos 12 anos**. 2019. Disponível em: <<https://www.estado.rs.gov.br/semestre-tem-menor-numero-de-mortes-em-acidentes-de-transito-no-rs-dos-ultimos-12-anos>>. Acesso em: 21 outubro 2019.

TRINDADE, Patrícia M. P. **Eficiência das paradas de ônibus em Santa Maria, RS, avaliado a partir de geoprocessamento**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A - GABARITO DE NOTAS**

		ITENS DO QUESTIONÁRIO	NOTA					
			10	7	3	1		
superf	CH	1	Buracos na superfície	não tem	eventuais	freqüentes	constantes	
		2	resistência à derrapagem da superfície (verificar a formação de espelhamento)	não tem	eventuais	freqüentes	constantes	
		3	Formação de espelhos d' água	não tem	eventuais	freqüentes	constantes	
		4	cascalho solto na pista	não tem	eventuais	freqüentes	constantes	
		5	Desnível entre faixa de tráfego e acostamento (verificar se a saída do veículo pode implicar perda de controle o veículo)	não tem	permite retorno	permite a parada e depois o retorno	não permite retorno	
curva		6	Severidade das Curvas (verificar necessidade de reduzir velocidade)	sem curva	curva sem redução velocidade	moderada redução vel.	redução acentuada de vel	
		7	Superlargura	sem curva	visível	talvez existente	sem superlargura	
		8	Superelevação	sem curva	suficiente	insuficiente	invertida	
		9	Quantidade de curvas no segmento (tortuosidade)	sem tortuosidade	eventuais	freqüentes	constantes	
inters.	NO	10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical (verificar se pode levar a má interpretação do ambiente por parte do motorista)	não tem	compromete pouco a interpretação	compromete moderadamente a interpretação	compromete muito a interpretação	
		11	Interseções (verificar uso de canalizações e faixas adicionais)	não tem	bom projeto	projeto regular	projeto deficiente	
sinal V e H	NO	12	Iluminação artificial nas interseções	não tem	boa iluminação	iluminação deficiente	sem iluminação	
		13	Linhas demarcadoras das faixas	linhas bem visíveis	linhas desbotadas	linhas ora visíveis ora ausentes	sem linhas	
	NO	14	Tachas refletivas usadas nos limites das faixas de rolamento (verificar presença em situações potencialmente perigosas como curvas, interseções e acessos)	sempre presentes e visíveis	presentes e visíveis nas situações potencialmente perigosas	presentes mas pouco visíveis	não tem	
		15	Credibilidade da informação veiculada pela sinalização vertical e horizontal (verificar coerência ou discrepância com a realidade da via)	boa credibilidade	moderada credibilidade	pequena credibilidade	nenhuma credibilidade	
	NO	16	Quantidade de placas de advertência, regulamentação e indicativas (verificar se não existe excesso/falta de informação necessária)	quantidade adequada	quantidade levemente inadequada (excesso ou falta)	quantidade moderadamente inadequada (excesso ou falta)	quantidade inadequada (excesso ou falta)	
		17	Uso de balizadores em curvas	não tem curvas	uso adequado (inclusive ausência)	uso inadequado	ausência de balizadores necessários	
		NO	18	Legibilidade e destaque das placas de sinalização (verificar visibilidade noturna e/ou destaque frente a vegetação-anúncios comerciais e/ou manutenção da placa, incluindo obstrução pela vegetação)	adequada	pequena deficiência	moderada deficiência	grande deficiência
			19	Perfil longitudinal (rampas) (verificar necessidade de redução da velocidade de veículos pesados ou de baixa potência)	sem rampa	rampa não causa redução de velocidade	moderada redução de velocidade.	redução acentuada de velocidade
elem long		20	Oportunidades de ultrapassagem (verificar linha tracejada ou 3ª faixa)	oportunidades constantes	oportunidades freqüentes	oportunidades eventuais	ausência de oportunidades	
		21	Distâncias de visibilidade em curvas H e V e interseções (verificar restrição por elementos como vegetação, postes, placas, curvas H e V)	plano, reto e sem interseção	boa visualização	visualização comprometida	visualização muito comprometida	

Fonte: Nodari (2003. p. 188).

## **ANEXO B - PLANILHA DE INSPEÇÃO**

