



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**



**CAMILA ANDRADE GORTAIRE**

**IMPORTÂNCIA DA GEOMETRIA, DA SINALIZAÇÃO E DAS CONDIÇÕES DE  
SUPERFÍCIE NAS RODOVIAS DO BRASIL – ANÁLISE DE SEGMENTOS  
CRÍTICOS DA MALHA RODOVIÁRIA DE SERGIPE**

São Cristóvão – SE

2022

CAMILA ANDRADE GORTAIRE

**IMPORTÂNCIA DA GEOMETRIA, DA SINALIZAÇÃO E DAS CONDIÇÕES DE  
SUPERFÍCIE NAS RODOVIAS DO BRASIL – ANÁLISE DE SEGMENTOS  
CRÍTICOS DA MALHA RODOVIÁRIA DE SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Joelson Hora Costa.

São Cristóvão – SE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



## ATA DE DEFESA

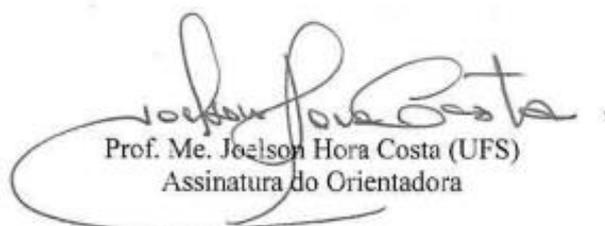
Camila Andrade Gortaire

### **Importância da Geometria, da Sinalização e das Condições de Superfície das Rodovias no Brasil – Análise de Segmentos Críticos da Malha Rodoviária de Sergipe**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: **07 de julho de 2022**

<b>Banca Examinadora</b>	<b>Nota</b>
Orientador(a): Prof. Me. Joelson Hora Costa (UFS)	– 10,0
Examinador(a): Prof <sup>a</sup> . Me. Franciely Abati Miranda (UFS)	– 10,0
Examinador(a): Prof. Me. Victor Manuel de Queiroz Lourenço (UFS)	– 10,0
<b>Média Final:</b>	<b>10,0</b>

  
 Prof. Me. Joelson Hora Costa (UFS)  
 Assinatura do Orientadora

## AGRADECIMENTOS

A Juan e Nilma, meus pais, nunca serei capaz de agradecer o suficiente, mas aqui vai uma tentativa: qualquer bondade, perseverança, inteligência, amor, responsabilidade, felicidade, altruísmo, empatia, coragem, honestidade e humildade que existe em mim, vem de vocês e é por vocês. Reconheço e sou profundamente grata pelo apoio e amor incondicionais que sempre me foram dados.

Sou muito feliz por ter nascido em uma família que me inspira, me apoia e me proporciona boas oportunidades. Nos pequenos e grandes amparos cotidianos, percebo que sempre terei ajuda, e por isso agradeço. Orgulhar os que vieram antes de mim é um dos objetivos deste trabalho, pois se tive capacidade de fazê-lo, é porque eles me ensinaram.

Alícia, Ana e Luísa, a felicidade que eu tenho por ter uma amizade inabalável com vocês é gigante. Do começo ao fim, em todos os momentos, vocês são a certeza que nunca estou só, muito obrigada.

Bruna, Islena, Larissa e Nicolle, tem momentos e pessoas na vida que nos marcam profundamente. O que eu vivi com vocês durante nossa graduação, das crises de riso às angústias compartilhadas, levarei comigo pra sempre. Cada uma, com suas características únicas, sempre me fazia lembrar o quão boa a vida é e pode ser, e por isso serei eternamente grata. Com vocês faria novamente essa graduação, e não mudaria nada.

Geraldo, sentir seu amor e te amar é ser feliz. Qualquer tempo que eu passe com você será insuficiente. Obrigada por ter vindo e por ter ficado, te quero pra sempre.

À Nossa Escola, local onde parte do meu caráter foi moldado, sou grata pelo tipo de educação que tive: inclusiva, atenciosa e gentil. Esses valores reverberarão por toda a minha vida.

À CEHOP, em especial às engenheiras Marilu, Élide e Denise, agradeço pela oportunidade de trabalhar e aprender com profissionais tão dedicados. Meu primeiro estágio não poderia ser num local mais acolhedor.

Aos meus professores do Departamento de Engenharia Civil, em especial Franciely Abati, Joelson Costa, Jorge Carvalho, Marcelo Maciel e Nilma Andrade, agradeço pela oportunidade extraordinária de poder assistir a sua docência. Ao meu orientador, professor Joelson, agradeço pela paciência e oportunidade. Assim como agradeço ao DER-SE pela disponibilidade.

Por último, agradeço imensamente à Universidade Federal de Sergipe. Por ter me dado tanto, sinto que a deverei eternamente. De todas as dificuldades que passei na minha graduação, a mais difícil será me despedir dela (ou talvez Mecânica dos Fluidos).

## RESUMO

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2021), no Brasil, o transporte rodoviário concentra cerca de 65% da movimentação de cargas e 95% da de passageiros; em Sergipe, as rodovias movimentam 88% do total de cargas. Isso demonstra que a qualidade das rodovias afeta a atividade econômica brasileira. Além disso, a qualidade das rodovias interfere diretamente nas condições de trabalho dos motoristas, na durabilidade dos componentes veiculares, no consumo de combustível, no tempo de deslocamento e no risco de acidentes. Portanto, para ter capacidade de atender ao fluxo de tráfego previsto com conforto e segurança, é primordial que as rodovias sigam determinados parâmetros relacionados à geometria, à sinalização e às condições de superfície do pavimento. O presente trabalho visa analisar a geometria, a sinalização e as condições de superfície de segmentos críticos das rodovias de Sergipe no que se trata de restrições ao conforto e à segurança dos veículos e de seus usuários. Foram identificados e caracterizados 13 pontos deficientes na malha rodoviária do estado. A partir disso, foram aplicados questionários a técnicos do Departamento Estadual de Infraestrutura Rodoviária de Sergipe e efetuadas visitas técnicas aos locais. Diversos problemas foram notados, como: insuficiência e má condição dos acostamentos, ausência predominante de superlargura, desconforto em relação ao raio das curvas horizontais e à visibilidade, condições de rolamento insatisfatórias e desconforto devido a objetos muito próximos à pista. Nos pontos localizados na capital do estado, Aracaju, alguns problemas observados foram a inversão da superelevação e o estreitamento da faixa de rolamento. Por último, foram avaliadas e propostas possíveis intervenções visando saneamento ou redução das deficiências encontradas, como: implantação e adequação da sinalização rodoviária, adequação do raio da curva, construção de uma 3ª faixa de rolamento, implantação de redutores de velocidade, aumento da largura da rodovia, adequação das condições do acostamento, implantação de defensas e restauração do pavimento.

**Palavras-chave:** Transporte rodoviário; Rodovias; Geometria; Sinalização; Pavimento.

## ABSTRACT

According to the National Transport Confederation (2021), in Brazil, road transportation concentrates around 65% of cargo and 95% of passengers; in Sergipe, highways handle 88% of total cargo. This demonstrates that the quality of the highways affects Brazilian economic activity. Not only that, but the quality of the highways also directly interferes with drivers' working conditions, the durability of vehicle components, fuel consumption, travel time, and accident risks. Therefore, to satisfy the expected traffic flow with comfort and safety, roads must follow parameters related to geometry, signage, and pavement surface conditions. The present study aims to analyze the geometry, signaling and surface conditions of critical segments of Sergipe's highways in terms of restrictions to the comfort and safety of vehicles and their users. 13 deficient points on the state's road network were identified and characterized. To achieve this result, questionnaires were applied to technicians from the State Department of Road Infrastructure of Sergipe and technical visits were carried out. Several problems were notified, such as insufficiency and poor condition of the roadsides, predominant absence of super width, discomfort concerning the radius of horizontal curves and visibility, unsatisfactory rolling conditions, and discomfort due to objects very close to the roadway. In the state capital, Aracaju, some problems observed were the inversion of the superelevation and the narrowing of the roadway. Finally, possible interventions were evaluated and proposed aiming at correcting or reducing the deficiencies found, such as: implantation and adequacy of road signaling, adequacy of the curve radius, construction of a 3rd lane, implantation of speed reducers, increase in the width of the highway, adequacy of roadside conditions, implantation of fenders and pavement restoration.

**Keywords:** Road transportation; Highways; Geometry; Signage; Pavement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nível de Serviço A.....	8
Figura 2 - Nível de Serviço B.....	9
Figura 3 - Nível de Serviço C.....	9
Figura 4 - Nível de Serviço D.....	10
Figura 5 - Nível de Serviço E.....	10
Figura 6 - Nível de Serviço F.....	11
Figura 7 - Elementos de seção transversal de rodovias em pista simples.....	15
Figura 8 - Defesa metálica para rodovias.....	18
Figura 9 - Ação da força centrífuga nas curvas.....	19
Figura 10 - Superelevação.....	20
Figura 11 - Curvas verticais côncava e convexa.....	23
Figura 12 - Evitar pequenas depressões em greides que devem ser longos e uniformes.....	25
Figura 13 - Evitar pequenas ondulações no greide.....	26
Figura 14 - A visão longínqua do perfil em tangente, mostra todas as ondulações do greide.....	26
Figura 15 - Combinação antiestética e perigosa. A reversão ocorre no vértice da curva vertical.....	26
Figura 16 - Combinação deficiente. Percepção visual da curvatura horizontal segundo ângulo agudo.....	27
Figura 17 - Absurdo ótico. Ocorre quando o início de uma curva horizontal é escondido do motorista por uma elevação intermediária, enquanto a continuação da curva é vista à distância.....	27
Figura 18 - Aspecto visual agradável ocorre quando curvas horizontais e verticais coincidem.....	27
Figura 19 - Combinação de bela aparência visual.....	28
Figura 20 - Para deflexões pequenas, o aspecto visual requer curvas muito mais longas que o exigido pela velocidade diretriz.....	28
Figura 21 - Os vértices das curvas horizontais e verticais coincidem, criando um belo efeito de curva tridimensional.....	28
Figura 22 - Uma das deflexões do alinhamento foi suprimida, mas os demais vértices ainda coincidem. A longa tangente em planta é abrandada pela curvatura vertical.....	29
Figura 23 - Falta coordenação. Os vértices de um alinhamento coincidem com os pontos de inflexão do outro.....	29
Figura 24 - Situação de boa coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical.....	29
Figura 25 - Combinação dos elementos em planta e em perfil.....	30
Figura 26 - Linha de bordo.....	31
Figura 27 - Faixa de travessia de pedestres.....	32
Figura 28 - Linha de canalização.....	33
Figura 29 - Marca delimitadora de estacionamento regulamentado.....	34
Figura 30 - Seta indicativa de movimento em curva.....	34
Figura 31 - Sinal de velocidade máxima.....	35
Figura 32 - Sinal de curva acentuada à esquerda.....	36
Figura 33 - Placa de identificação de rodovia e estrada estadual.....	36
Figura 34 - Fluxograma.....	39
Figura 35 - Segmento 1.....	40
Figura 36 - Segmento 2.....	41
Figura 37 - Segmento 3.....	41
Figura 38 - Segmento 4.....	42
Figura 39 - Segmento 5.....	43

Figura 40 - Segmento 6. ....	43
Figura 41 - Segmento 7. ....	44
Figura 42 - Segmento 8. ....	45
Figura 43 - Segmento 9. ....	45
Figura 44 - Segmento 10. ....	46
Figura 45 - Segmento 11. ....	46
Figura 46 - Segmento 12. ....	47
Figura 47 - Segmento 13. ....	47
Figura 48 - Mapa de Sergipe com os 13 segmentos demarcados. ....	48
Figura 49 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 2. ....	51
Figura 50 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 3.1. ....	52
Figura 51 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 3.2. ....	52
Figura 52 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 5.1. ....	53
Figura 53 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 5.3. ....	54
Figura 54 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 6. ....	54
Figura 55 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 7. ....	55
Figura 56 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 8. ....	56
Figura 57 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 9. ....	56
Figura 58 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 10. ....	57
Figura 59 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 11. ....	58
Figura 60 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 12. ....	58
Figura 61 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 13. ....	59
Figura 62 - Vista aérea do segmento 12 (SE-050 em Aracaju). ....	60
Figura 63 - Superelevação negativa no segmento 12 (SE-050 em Aracaju). ....	61
Figura 64 – Estacionamento ao longo da rodovia no segmento 13 (SE-100 em Aracaju). ....	61
Figura 65 - Ponto de parada de ônibus no segmento 13 (SE-100 em Aracaju). ....	62
Figura 66 - Inscrição correta da palavra "Ônibus" no pavimento. ....	62
Figura 67 - Blocos de concreto centrais no segmento 13 (SE-100 em Aracaju). ....	63

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Relação entre as classes funcionais e as classes de projeto.....	7
Quadro 2 - Velocidades diretrizes para novos traçados em função da classe de projeto e do relevo. ....	13
Quadro 3 - Distâncias de visibilidade para tomada de decisão (m).....	14
Quadro 4 - Distâncias de visibilidade de ultrapassagem. ....	15
Quadro 5 - Largura das faixas de rolamento, em tangente, em função do relevo e da classe de projeto (m). ....	16
Quadro 6 - Categorias de condição do acostamento.....	17
Quadro 7 - Valores de raios mínimos (m). ....	21
Quadro 8 - Afastamentos mínimos dos obstáculos fixos em trechos em tangente.....	22
Quadro 9 - Rampas máximas.....	24
Quadro 10 - Categorias de sinalização horizontal. ....	35
Quadro 11 - Condições de visibilidade das placas. ....	37
Quadro 12 - Condições de legibilidade das placas. ....	37
Quadro 13 - Categorias de condição de rolamento.....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	OBJETIVO .....	2
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>2</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1	CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS .....	3
2.1.1	<b>Classificação Administrativa</b> .....	<b>3</b>
2.1.2	<b>Classificação Funcional</b> .....	<b>5</b>
2.1.3	<b>Classificação Técnica</b> .....	<b>5</b>
2.1.4	<b>Classificação Utilizada Pela Confederação Nacional Do Transporte</b> .....	<b>7</b>
2.2	CAPACIDADE E NÍVEIS DE SERVIÇO DAS RODOVIAS .....	7
2.3	VEÍCULOS DE PROJETO .....	11
2.4	GEOMETRIA RODOVIÁRIA .....	12
2.4.1	<b>Velocidade Diretriz</b> .....	<b>12</b>
2.4.1.1	Redutores De Velocidade .....	13
2.4.2	<b>Distâncias De Visibilidade</b> .....	<b>13</b>
2.4.2.1	Distância De Visibilidade De Parada .....	14
2.4.2.2	Distância De Visibilidade Para Tomada De Decisão .....	14
2.4.2.3	Distância De Visibilidade De Ultrapassagem .....	14
2.4.3	<b>Projeto De Seção Transversal</b> .....	<b>15</b>
2.4.4	<b>Projeto Em Planta</b> .....	<b>18</b>
2.4.4.1	Concordância Horizontal .....	19
2.4.4.2	Superelevação .....	19
2.4.4.3	Raios Mínimos De Curvatura Horizontal .....	21
2.4.4.4	Superlargura .....	21
2.4.4.5	Gabarito Horizontal .....	22
2.4.5	<b>Projeto Em Perfil</b> .....	<b>23</b>
2.4.5.1	Concordância Vertical .....	24
2.4.5.2	Gabarito Vertical .....	24
2.4.6	<b>Coordenação Dos Alinhamentos Horizontal E Vertical</b> .....	<b>25</b>
2.5	SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA .....	30
2.5.1	<b>Sinalização Horizontal</b> .....	<b>31</b>
2.5.2	<b>Sinalização Vertical</b> .....	<b>35</b>

2.6	PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA.....	37
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES ACERCA DA METODOLOGIA DE PESQUISA .....	39
3.2	COLETA DE DADOS .....	48
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
4.1	SEGMENTOS 1 A 11 .....	51
4.2	SEGMENTOS 12 E 13.....	59
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE B – RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Pela própria estrutura motora do ser humano e pela sua necessidade de deslocamento, as vias terrestres sempre tiveram um papel de destaque na história. Com o surgimento dos primeiros veículos de rodas, iniciou-se a construção de rodovias, que podem ser descritas como vias destinadas ao tráfego de veículos que se movem sobre rodas. As rodovias foram evoluindo a partir da necessidade de locomoção imposta pelo avanço do uso dos territórios, sendo o automóvel e, anos depois, os caminhões para carga pesada, fatores que introduziram novas exigências para a construção de estradas (MATTEI, 2017).

No Brasil, de acordo com Mattei (2017), foi durante a presidência de Juscelino Kubitschek, no final da década de 1950, que o sistema rodoviário foi implementado de maneira mais contundente. A intenção era integrar o país, ampliar as relações comerciais e proporcionar o povoamento em áreas mais afastadas do Centro-Oeste e da região Norte, além de pretensiosamente atrair empresas do ramo automobilístico.

Atualmente, o modal rodoviário constitui elemento de ligação aos demais modais, estando presente nas etapas iniciais e finais das cadeias de transporte e interligando produtores, consumidores, fornecedores e passageiros. Além disso, ressalta-se sua importância em manter tais cadeias em funcionamento, sobretudo em situações atípicas, como ocorreu durante a pandemia de Covid-19 (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT, 2021).

Apesar do modal rodoviário ser mais adequado para deslocamentos de curtas e médias distâncias, no Brasil, esse detém papel importante também em deslocamentos de longa distância, concentrando cerca de 65% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros (CNT, 2021). Em Sergipe, o transporte rodoviário representa 88% do total de cargas movimentadas, reflexo, principalmente, do sucateamento dos modais ferroviário e hidroviário, dentre outros fatores (FELIPE JUNIOR; PINHEIRO, 2019).

Tendo isso em vista, percebe-se que a qualidade das rodovias afeta a atividade econômica brasileira. Além disso, a qualidade das rodovias interfere diretamente nas condições de trabalho dos motoristas, na durabilidade dos componentes veiculares, no consumo de combustível, no tempo de deslocamento e no risco de acidentes (CNT, 2017). Esse último é motivo de preocupação: em 2021, a Superintendência da Polícia Rodoviária Federal em Sergipe quantificou 544 acidentes de trânsito no estado (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).

Portanto, para ter capacidade de atender ao fluxo de tráfego previsto com conforto e segurança, as rodovias devem seguir determinados parâmetros relacionados à geometria, à sinalização e às condições de superfície. Dentro desse contexto, torna-se relevante fazer um estudo que levante dados sobre a qualidade das rodovias de Sergipe.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo Geral

Detalhar as características geométricas e de manutenção das estradas consideradas como referências básicas para assegurar conforto e segurança ao tráfego de veículos em nossas rodovias.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar e caracterizar os pontos críticos existentes na malha rodoviária estadual pavimentada de Sergipe que possam provocar restrições ao conforto e à segurança do tráfego de veículos e de seus usuários;

Analisar a geometria, a sinalização e as condições de superfície de segmentos críticos das rodovias de Sergipe no que se trata de restrições ao conforto e à segurança dos veículos e de seus usuários;

Avaliar e propor possíveis intervenções visando saneamento ou redução das deficiências geométricas, de sinalização e de condições de superfície, nos segmentos da malha caracterizados como pontos críticos;

Difundir informações sobre a qualidade da infraestrutura rodoviária sergipana.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando desenvolver de forma adequada os objetivos propostos, estudou-se os parâmetros de geometria, de sinalização e de condições de superfície que as rodovias devem seguir para atender seus usuários com conforto e segurança. No projeto de uma rodovia, para definir esses parâmetros, é necessário, anteriormente, definir a classificação da rodovia, sua capacidade, seu nível de serviço e quais veículos de projeto serão utilizados.

A partir disso, é possível definir aspectos iniciais da geometria da via, como a velocidade diretriz e as distâncias de visibilidade. Em seguida, parte-se para a execução das três subdivisões principais do projeto geométrico: projeto de seção transversal, projeto em planta (ou projeto de alinhamento horizontal) e projeto em perfil (ou projeto de alinhamento vertical) (AFOLAYAN et al., 2022). Definidos esses parâmetros, é possível determinar características relacionadas à sinalização e à pavimentação da rodovia. Um estudo acerca dos temas anteriormente citados é desenvolvido neste tópico.

### 2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS

Por motivos de natureza técnica, administrativa e de interesse dos usuários das vias, é importante que haja uma classificação das rodovias. Isso é utilizado na execução de projetos e na organização racional das atividades das entidades responsáveis pelas vias, por exemplo (DNER, 1999).

#### 2.1.1 Classificação Administrativa

A classificação administrativa caracteriza a localização e as entidades responsáveis pela administração, planejamento, financiamento, construção, operação e relacionamento com os usuários das vias, por meio de identificações alfanuméricas (DNER, 1999).

No Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, autarquia federal vinculada ao Ministério da Infraestrutura, é o órgão responsável por implementar a política de infraestrutura de transportes terrestres e aquaviários a nível federal. Esse substituiu o antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER em 2001 (DNIT, 2012).

Já as rodovias estaduais, de acordo com a CNT (2021), são aquelas sob jurisdição dos estados ou do Distrito Federal e de responsabilidade dos órgãos rodoviários de cada Unidade Federativa. Em Sergipe, o Departamento Estadual de Infraestrutura Rodoviária – DER-SE é o

órgão rodoviário responsável pelas rodovias estaduais. Dentre suas funções consta: planejar o atendimento das necessidades de transporte rodoviário no estado, construir e manter rodovias e pontes que compõem o Sistema Rodoviário Estadual e sistematizar e divulgar elementos informativos, dados estatísticos e mapas rodoviários (DER-SE, 2020).

A nomenclatura das rodovias é definida por uma sigla inicial – BR para rodovias federais e a sigla do estado para rodovias estaduais – seguida por três algarismos. O primeiro deles indica a categoria da rodovia e os dois últimos definem a posição, a partir da orientação geral da rodovia – relativa à Capital Federal e aos limites do país, para rodovias federais, e relativa à capital do estado e aos seus limites, para rodovias estaduais. Sergipe possui duas rodovias federais (BR-101 e BR-235) e diversas rodovias estaduais.

A classificação administrativa distingue as rodovias federais em cinco. Uma breve síntese de tais categorias é feita a seguir, de acordo com DNIT (2010a):

- Rodovias radiais: partem de Brasília em direção aos extremos do país. O primeiro algarismo é o 0 (zero) e os dois últimos vão de 05 a 95, variando de 05 em 05 no sentido horário;

- Rodovias longitudinais: cortam o país na direção Norte-Sul. O primeiro algarismo é o 1 (um) e os dois últimos variam de 00, no extremo leste do país, a 50, em Brasília, e de 50 a 99, no extremo oeste;

- Rodovias transversais: cortam o país na direção Leste-Oeste. O primeiro algarismo é o 2 (dois) e os dois últimos variam de 00, no extremo norte do país, a 50, em Brasília, e de 50 a 99 no extremo sul;

- Rodovias diagonais: podem ser na direção Noroeste-Sudeste ou Nordeste-Sudoeste. O primeiro algarismo é o 3 (três) e os dois últimos dependem da direção da diagonal. Para as Diagonais orientadas na direção geral NO-SE, a numeração varia, segundo números pares, de 00, no extremo Nordeste do país, a 50, em Brasília, e de 50 a 98, no extremo Sudoeste. Já para as Diagonais orientadas na direção geral NE-SO, a numeração varia, segundo números ímpares, de 01, no extremo Noroeste do país, a 51, em Brasília, e de 51 a 99, no extremo Sudeste;

- Rodovias de ligação: detêm qualquer direção, geralmente ligando rodovias federais, ou pelo menos uma rodovia federal a pontos importantes. O primeiro algarismo é o 4 (quatro) e os dois últimos variam entre 00 e 50, se a rodovia estiver ao norte do paralelo de Brasília, e entre 50 e 99, se estiver ao sul desta referência.

### 2.1.2 Classificação Funcional

A classificação funcional é o agrupamento das vias hierarquicamente em subsistemas, conforme o tipo de serviço que oferecem e a função que exercem. De acordo com Silva (2020), são três os sistemas funcionais a que a rodovia pode pertencer: sistema arterial, que compreende as rodovias que devem proporcionar maiores velocidades; sistema coletor, englobando as rodovias que operam em velocidades moderadas; e sistema local, que contém rodovias que proporcionam acesso a pequenas localidades, como áreas rurais.

O sistema arterial é subdividido em três subsistemas descritos a seguir de acordo com (DNER, 1999):

- Principal: rodovias utilizadas para viagens internacionais e inter-regionais, devem conectar cidades com população acima de 150 mil habitantes e as capitais dos estados e proporcionam ao tráfego velocidades de operação de 60 a 120 km/h;

- Primário: rodovias utilizadas para viagens inter-regionais e inter-estaduais, conectam cidades com população em torno de 50 mil habitantes e proporcionam ao tráfego velocidades de operação de 50 a 100 km/h;

- Secundário: rodovias utilizadas para viagens intra-regionais e aquelas não servidas por sistema de nível superior, conectam cidades com população acima de 10 mil habitantes e proporcionam ao tráfego velocidades de operação de 40 a 80 km/h.

Já o sistema coletor subdivide-se em dois subsistemas descritos a seguir:

- Primário: conectam cidades com população acima de 5 mil habitantes e proporcionam ao tráfego velocidades de operação de 30 a 70 km/h;

- Secundário: conectam cidades com população acima de 2 mil habitantes e proporcionam ao tráfego velocidades de operação de 30 a 60 km/h.

### 2.1.3 Classificação Técnica

A classificação técnica procura definir o nível de qualidade dos serviços que a rodovia prestará. Por isso, essa classificação tem relação direta com as características geométricas: raios de curvatura, rampas, larguras de pista, acostamentos e distâncias de visibilidade (DNER, 1999).

De acordo com Lee (2000), esta classificação é feita com base em dois parâmetros principais: o volume de tráfego a ser atendido pela rodovia e o relevo da região. O volume de tráfego em uma seção ou em um trecho de uma rodovia corresponde ao número de veículos que

passa pela seção ou pelo trecho em um dado intervalo de tempo. Quanto ao relevo da região, o DNER (1999) utiliza três categorias, descritas a seguir:

- Região plana: é aquela que permite a implantação de rodovias com grandes distâncias de visibilidade, sem dificuldades de construção e sem custos elevados;
- Região ondulada: é aquela onde as inclinações naturais do terreno exigem frequentes cortes e aterros de dimensões reduzidas para acomodação das rodovias;
- Região montanhosa: é aquela onde são abruptas as variações longitudinais e transversais da elevação do terreno em relação à rodovia.

Há casos particulares, no entanto, em que o volume de tráfego não é o principal parâmetro a ser levado em consideração. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando há planos futuros para a região que farão com que a rodovia passe a receber maior importância e, conseqüentemente, maior volume de tráfego. Nesses casos, adota-se uma classificação técnica com um padrão técnico mais elevado.

As cinco classes adotadas, baseadas no volume de tráfego e no relevo atravessado pela rodovia, são descritas a seguir de acordo com DNER (1999):

- Classe 0: corresponde ao melhor padrão técnico; trata-se de rodovia em pista dupla, com separação física entre as pistas, interseções em níveis distintos e controle total de acessos;
- Classe I: é subdividida nas classes IA e IB; a classe IA corresponde a rodovia em pista dupla, admitindo interseções no mesmo nível e com controle parcial de acessos; a classe IB corresponde a rodovia em pista simples, sendo indicada para os casos em que a demanda a atender é superior a 200 veículos por hora ou superior a 1400 veículos por dia, mas não suficiente para justificar a adoção de classes de projeto superiores;
- Classe II: corresponde a rodovia em pista simples, cuja adoção é recomendada quando a demanda a atender é de 700 a 1400 veículos por dia;
- Classe III: corresponde a rodovia em pista simples, sendo recomendada para o projeto de rodovias com demanda entre 300 e 700 veículos por dia;
- Classe IV: corresponde a rodovia em pista simples, sendo subdividida nas classes IVA e IVB; a classe IVA tem sua adoção recomendada para os casos em que a demanda, na data de abertura da rodovia ao tráfego, situa-se entre 50 e 200 veículos por dia, sendo a classe IVB reservada aos casos em que essa demanda resulte inferior a 50 veículos por dia.

A relação feita pelo DNER (1999) entre as classificações funcional e técnica está presente no Quadro 1.

Quadro 1 - Relação entre as classes funcionais e as classes de projeto.

Sistema	Classes funcionais	Classes de projeto
Arterial	Principal Primário Secundário	Classes 0 e I Classes I Classes I e II
Coletor	Primário Secundário	Classes II e III Classes III e IV
Local	Local	Classes III e IV

Fonte: DNER (1999).

#### 2.1.4 Classificação Utilizada Pela Confederação Nacional Do Transporte

Além das três classificações anteriores, a CNT (2021) utiliza uma classificação específica que categoriza as rodovias em relação ao número de faixas e sentido de tráfego:

- Pista simples de mão única: rodovia com duas ou mais faixas de rolamento em que não se consegue enxergar o outro sentido, seja por ser uma via com um único sentido ou por ser uma pista dupla independente. Ocorre em pista dupla com traçados não coincidentes;

- Pista dupla com canteiro central: rodovia com duas ou mais faixas de rolamento em cada sentido, havendo, entre os sentidos opostos, uma separação física que pode ser de qualquer tipo (canteiro central de qualquer dimensão ou meio-fio, por exemplo);

- Pista dupla com faixa central: rodovia com duas ou mais faixas de rolamento em cada sentido, sendo a separação operacional da rodovia uma faixa central (sinalização horizontal);

- Pista simples de mão dupla: rodovia com apenas uma faixa de rolamento em cada sentido, sem separação física ou operacional dos fluxos opostos. É o tipo de rodovia predominante no Brasil.

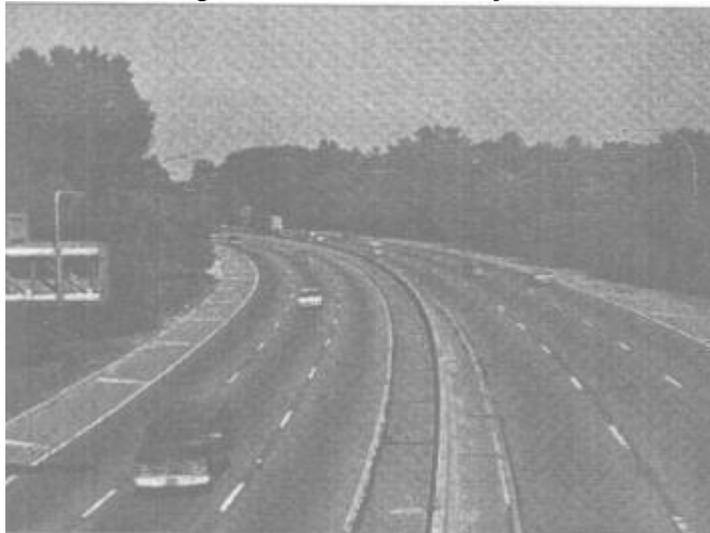
## 2.2 CAPACIDADE E NÍVEIS DE SERVIÇO DAS RODOVIAS

Segundo Demarchi (2000), a capacidade de uma rodovia é definida como a quantidade máxima de veículos que cruzam uma determinada seção dela durante um período de tempo em que as condições de tráfego, de controle e as características geométricas da via não se alteram significativamente. Nessa situação, a mobilidade dos veículos é comprometida e o fluxo é instável. Por isso, não é recomendado que a rodovia seja projetada para operar nessas condições e sim para atender a um certo nível de qualidade, designado nível de serviço.

O DNER (1999) apresenta uma breve descrição das características operacionais dos seis níveis de serviço estabelecidos para as rodovias rurais de pista simples:

- Nível de serviço A (Figura 1): condição de fluxo livre em rodovias de boas características técnicas. Há pequena ou nenhuma restrição de manobra devido à presença de outros veículos e os motoristas podem manter as velocidades que desejarem com pequeno ou nenhum retardamento. As velocidades médias variam de 90 a 93 km/h;

Figura 1 - Nível de Serviço A.



Fonte: DNER (1999).

- Nível de serviço B (Figura 2): corresponde à condição de fluxo estável, em que os motoristas começam a sofrer restrições pela ação dos demais veículos, mas ainda têm razoável liberdade de escolha de velocidade e faixa de rolamento. As velocidades médias variam de 87 a 89 km/h;

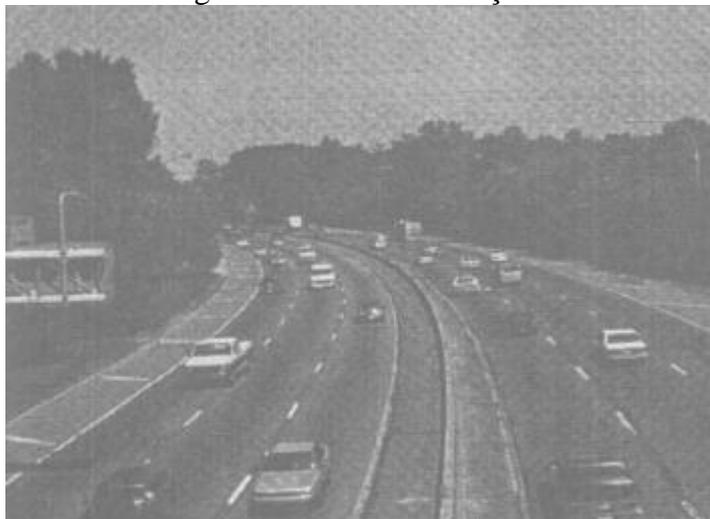
Figura 2 - Nível de Serviço B.



Fonte: DNER (1999).

- Nível de serviço C (Figura 3): situa-se na faixa de fluxo estável, mas as velocidades e as possibilidades de manobra são mais estreitamente condicionadas pelos volumes mais elevados. As velocidades médias situam-se entre 79 e 84 km/h;

Figura 3 - Nível de Serviço C.



Fonte: DNER (1999).

- Nível de serviço D (Figura 4): condições de fluxo instáveis, em que os motoristas têm pequena liberdade de manobra e dificuldade em manter as velocidades desejadas. As velocidades médias situam-se entre 72 e 80 km/h;

Figura 4 - Nível de Serviço D.



Fonte: DNER (1999).

- Nível de serviço E (Figura 5): é o nível representativo da capacidade da rodovia. As velocidades médias variam entre 56 e 72 km/h;

Figura 5 - Nível de Serviço E.



Fonte: DNER (1999).

- Nível de serviço F (Figura 6): este nível reflete uma situação de colapso do fluxo. Qualquer restrição encontrada pode resultar em formação de filas de veículos com baixa velocidade, reduzindo os fluxos a valores inferiores à capacidade. As velocidades médias são inferiores aos limites do nível E.

Figura 6 - Nível de Serviço F.



Fonte: DNER (1999).

### 2.3 VEÍCULOS DE PROJETO

O DNER (1999) evidencia que tanto as dimensões quanto o peso dos veículos influenciam diretamente nos elementos geométricos da via. Por exemplo, a largura de um veículo condiciona a largura da pista de rolamento.

De acordo com Lee (2000), a escolha de um veículo com a configuração máxima permitida para fins de projeto não seria razoável, pois levaria a exageros no dimensionamento. Portanto, para facilitar a análise dos veículos, o DNER (1999) divide-os em classes. Em seguida, escolhe-se um tipo representativo para cada classe – que em dimensões e limitações de manobra exceda a maioria dos veículos de sua classe. Tais representantes são denominados veículos de projeto, cujo peso, dimensões e características de operação servirão para estabelecer elementos da rodovia.

As classes anteriormente citadas são as seguintes:

- VP: representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel;
- CO: representa os veículos comerciais rígidos não articulados compostos de unidade tratora simples, como caminhões e ônibus convencionais;
- O: representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões, como ônibus de turismo e caminhões longos;
- SR: representa os veículos comerciais articulados compostos de uma unidade tratora simples e um semirreboque.

Os parâmetros de projeto geralmente consideram o caso geral de atendimento aos veículos tipo CO. No entanto, é importante ressaltar que, para uma mesma via, diferentes

veículos de projeto podem ser definidos para determinadas etapas da sua execução. Utiliza-se como exemplo o gabarito vertical, que é estabelecido em função dos veículos mais altos, enquanto as distâncias de visibilidade são definidas a partir da altura dos olhos dos motoristas de automóveis pequenos (DNER, 1999).

## 2.4 GEOMETRIA RODOVIÁRIA

Macedo (2008) afirma que o projeto geométrico de uma rodovia é a correlação de seus elementos físicos com suas características de operação, frenagem, aceleração, segurança e conforto. Os critérios para as definições de um projeto geométrico incluem não somente cálculos teóricos, mas também resultados empíricos deduzidos de observações e análises do comportamento dos motoristas, reações humanas e capacidades das estradas já existentes.

De acordo com a CNT (2021), a implantação de projetos geométricos inadequados resulta em limitações da capacidade de tráfego da rodovia, no aumento dos custos operacionais e, eventualmente, na ocorrência de acidentes. Por isso, segundo Lee (2000), os valores apontados nas Normas e Instruções não devem ser tomados cega e rigidamente, já que esses, exceto quando explicitado ao contrário, são os mínimos ou máximos aplicáveis. Aconselha-se que o projetista, então, adote valores menos restritivos, quando devidamente justificável do ponto de vista técnico-econômico.

### 2.4.1 Velocidade Diretriz

A velocidade selecionada para fins de projeto denomina-se velocidade diretriz, que representa a maior velocidade com que pode ser percorrido um trecho da via com segurança e conforto, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas (DNER, 1999).

Conforme Lee (2000), para cada classe de projeto e relevo da região atravessada, as normas estabelecem a velocidade diretriz mínima recomendada para o projeto da rodovia, como pode ser visto no Quadro 2. Estabelecida tal velocidade, essa passa a condicionar, direta ou indiretamente, a fixação dos limites das demais características técnicas com as quais a rodovia será projetada.

Quadro 2 - Velocidades diretrizes para novos traçados em função da classe de projeto e do relevo.

Classe de projeto	Velocidades diretrizes para projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: DNER (1999).

#### 2.4.1.1 Redutores De Velocidade

O controle de velocidade é uma ação importante para a segurança de trânsito, pois acarreta em uma redução da quantidade e gravidade de acidentes. Por isso, em segmentos críticos da malha rodoviária, em que se verifica a necessidade de estabelecer uma velocidade diferenciada, podem ser implantados equipamentos de fiscalização eletrônica, os Redutores de velocidade – REV.

Esses equipamentos são geralmente implantados em curvas acentuadas e travessias urbanas de maior porte. No primeiro caso, a velocidade excessiva combinada com a geometria menos favorável pode provocar invasões de faixa oposta, resultando em colisões frontais ou saídas de pista.

Os REV funcionam detectando data e hora do evento, velocidade e imagem da placa do veículo, armazenando dados fixos, como o local de posicionamento do equipamento e a velocidade limite permitida, e armazenando dados coletados pelo sistema detector. Sua presença é sinalizada adiante na via, fazendo com que o motorista reduza sua velocidade (DNIT, 2010b).

#### 2.4.2 Distâncias De Visibilidade

As distâncias de visibilidade são as distâncias que devem ser proporcionadas ao motorista para que ele possa tomar a tempo as decisões necessárias à sua segurança. Com base em informações do DNER (1999), são descritos a seguir os três tipos básicos dessas distâncias: de

parada, de tomada de decisão e de ultrapassagem, sendo as duas últimas apenas recomendações, enquanto a primeira é obrigatória.

#### 2.4.2.1 Distância De Visibilidade De Parada

A distância de visibilidade de parada é a distância mínima que um motorista necessita para parar com segurança após avistar um obstáculo na rodovia, para uma certa velocidade, em condições chuvosas e com o pavimento conservado. Devido ao fato de, em dias chuvosos, os motoristas geralmente dirigirem com uma velocidade média menor que a velocidade diretriz previamente definida, os valores mínimos de distância de visibilidade correspondem, então, às velocidades médias, enquanto os valores desejados correspondem às velocidades diretrizes.

#### 2.4.2.2 Distância De Visibilidade Para Tomada De Decisão

Após o motorista tomar consciência de uma situação potencialmente perigosa em uma rodovia, ele pode realizar a parada na rodovia ou o desvio do obstáculo. No segundo caso, a distância de visibilidade de parada mostra-se insuficiente, pois limita o motorista a apenas uma possível parada de emergência, não permitindo que ele possa efetuar manobras de desvio. Por isso, recomenda-se a utilização da distância de visibilidade para tomada de decisão.

O Quadro 3 exibe as distâncias de visibilidade para tomada de decisão para os dois tipos de manobra mencionados.

Quadro 3 - Distâncias de visibilidade para tomada de decisão (m).

Velocidade diretriz (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Simples parada	50	75	95	125	155	185	225	265	305
Desvios de obstáculos	115	145	175	200	230	275	315	335	375

Fonte: DNER (1999).

#### 2.4.2.3 Distância De Visibilidade De Ultrapassagem

O objetivo de considerar essa distância em um projeto geométrico é fornecer ao motorista que ultrapassa uma visão frontal suficiente para determinar que não há veículos conflitantes antes de iniciar e concluir uma manobra de ultrapassagem (AFOLAYAN et al., 2022).

Considerando-se o caso de um único veículo ultrapassando outro com segurança, determina-se valores de distância de visibilidade de ultrapassagem para determinadas velocidades, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Distâncias de visibilidade de ultrapassagem.

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)	180	270	350	420	490	560	620	680	730	800

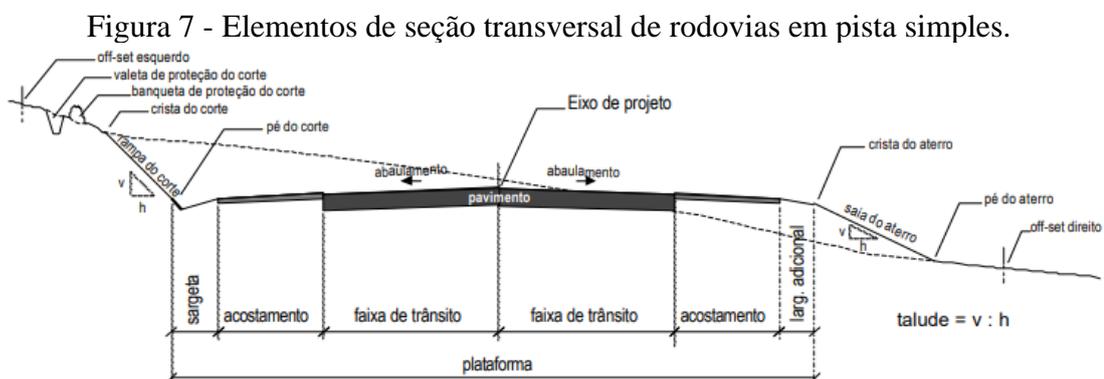
Fonte: DNER (1999).

No entanto, a partir de certo volume de tráfego no sentido contrário, torna-se economicamente desnecessário investir em maiores distâncias de visibilidade. Nesse caso, a melhor solução seria a duplicação ou a criação de terceira faixa nas rampas íngremes.

### 2.4.3 Projeto De Seção Transversal

Macedo (2008) define a seção transversal de uma estrada como a representação geométrica, no plano vertical, de alguns elementos dispostos transversalmente em determinado ponto do eixo longitudinal da estrada. De acordo com Lee (2000), a seção transversal da via pode ser em corte e/ou em aterro. O primeiro caso corresponde à situação em que a rodovia resulta abaixo da superfície do terreno natural; já a seção transversal em aterro refere-se à situação contrária. Quando, na mesma seção transversal, houver ambas as situações, essa é designada como seção transversal mista.

A seção transversal de uma estrada e seus principais elementos constam na Figura 7.



Fonte: Lee (2000).

O pavimento é a superestrutura da rodovia e será mais detalhado no item 2.6 deste trabalho.

A faixa de rolamento (ou faixa de trânsito) é o espaço dimensionado e destinado à passagem de um veículo por vez. A largura das faixas de rolamento em tangente pode ser designada a partir da classe de projeto e do relevo da região, como mostra o Quadro 5. Já a pista de rolamento equivale ao conjunto de faixas contíguas.

Quadro 5 - Largura das faixas de rolamento, em tangente, em função do relevo e da classe de projeto (m).

CLASSES DE PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	3,60	3,60	3,60
I	3,60	3,60	3,50
II	3,60	3,50	3,30
III	3,50	3,30	3,30
IV-A	3,00	3,00	3,00
IV-B	2,50	2,50	2,50

Fonte: Macedo (2008).

O acostamento é definido como o espaço adjacente à faixa de trânsito destinado à parada emergencial de veículos. O DNER (1999) define que todas as vias devem possuir acostamentos, pavimentados ou não. Quando o acostamento não for pavimentado, é importante que haja uma faixa revestida com largura de 0,30 a 0,50 metros adjacente à pista. É importante evitar que haja degraus entre a pista e o acostamento. Por último, visando limitar o uso do acostamento como uma faixa adicional de rolamento, limita-se sua largura e modifica-se sua textura, rugosidade e coloração em relação à pista.

A CNT (2021) utiliza três categorias de condição de acostamento, definidas no Quadro 6.

Quadro 6 - Categorias de condição do acostamento.

Em boas condições	O acostamento está em boas condições, sem imperfeições ou buracos. Pode ser pavimentado ou não pavimentado. Quando pavimentado, o revestimento asfáltico existe em toda a seção do acostamento. Nesse caso, a superfície do acostamento não deve possuir a predominância de defeitos graves, tais como buracos. Tampouco se admite a presença de mato e desnível acentuado entre a faixa de rolamento e o acostamento.
Em más condições	O acostamento pode ser pavimentado ou não pavimentado. Em sua superfície são verificados pequenos buracos, presença de algum mato e/ou desníveis acentuados entre a faixa de rolamento e o acostamento que dificultam a entrada e saída de veículos. Porém ainda há condições de uso.
Destruído	O acostamento pode ser pavimentado ou não pavimentado. Em sua superfície são verificados buracos, mato alto e/ou desníveis acentuados entre a faixa de rolamento e o acostamento (ou dentro da largura do acostamento) que impossibilitam a entrada e saída de veículos, não havendo condições de uso.

Fonte: CNT (2021).

Os elementos a seguir são explicitados por Lee (2000) e também podem ser observados na Figura 7:

- Sarjeta: dispositivo de drenagem superficial, nas seções de corte, que tem por objetivo coletar as águas de superfície, conduzindo-as longitudinalmente para fora do corte;
- Abaulamento: inclinação transversal das faixas de trânsito (ou da pista), geralmente de 2%, introduzida com o objetivo de forçar o escoamento das águas da superfície para fora da pista;
- Plataforma: porção da rodovia compreendida entre os bordos dos acostamentos externos, mais as larguras das sarjetas e/ou as larguras adicionais;
- Saia do aterro: a superfície lateral inclinada que resulta da conformação de uma seção de aterro; a interseção dessa superfície com o terreno natural é denominada de pé do aterro, e a interseção com a plataforma denominada crista do aterro;
- Rampa do corte: superfície lateral inclinada que resulta da conformação de uma seção de corte; a interseção dessa superfície com a plataforma é denominada de pé do corte, e a interseção com o terreno natural denominado crista do corte;
- Talude: expressa a tangente do ângulo que a superfície inclinada (saia do aterro ou rampa do corte) forma com o horizonte;
- Valeta de proteção do corte: dispositivo de drenagem superficial, disposto a montante das seções de corte, que tem por objetivo interceptar as águas superficiais que correm em direção à rampa do corte, conduzindo-as longitudinalmente para fora das seções de corte;

- Off-sets: dispositivos que referenciam a posição das marcas físicas correspondentes às cristas dos cortes ou dos pés dos aterros, colocados em pontos afastados por uma distância fixa convencional.

Por último, em algumas rodovias brasileiras, há a presença de defensas, sistema de proteção que absorve e desacelera o veículo no momento do impacto, impedindo que esse colida frontalmente contra estruturas nas proximidades da via, tombe em aterros ou invada a pista contrária, no caso de rodovias com pista dupla (MARVITEC, [s.d.]). Tal mecanismo pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Defesa metálica para rodovias.



Fonte: Marvitec.

#### **2.4.4 Projeto Em Planta**

De acordo com a CNT (2021), o alinhamento horizontal é o traçado da rodovia em planta, sendo composto por trechos retos, denominados tangentes, e por curvas horizontais. O principal objetivo desse projeto é definir a geometria do eixo da rodovia (LEE, 2000).

Algumas recomendações do DNER (1999) quanto ao traçado em planta são explicitadas: a tangente longa deve ser evitada, por ter pouca adaptabilidade às diversas formas de paisagem e por oferecer extensão estática que convida o motorista ao excesso de velocidade ou o leva ao sono; o traçado da rodovia deve ser formado por pequenas tangentes e arcos com desenvolvimento longo; entre duas curvas sucessivas no mesmo sentido, não é ideal que se tenha uma tangente curta; por último, deve-se evitar traçados que incluam curvas horizontais com ângulos centrais muito pequenos.

Alguns elementos que constituem o projeto do alinhamento horizontal de uma rodovia são: concordância horizontal, superelevação, raios mínimos de curvatura horizontal, superlargura e gabarito horizontal.

#### 2.4.4.1 Concordância Horizontal

Segundo o DNER (1999), há três maneiras de se concordar duas tangentes consecutivas num projeto rodoviário:

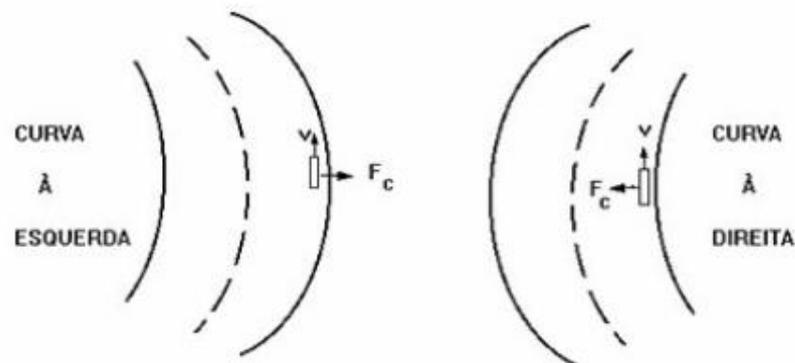
- Curva circular simples: as duas tangentes são ligadas por um arco de círculo;
- Curva circular composta: as duas tangentes são conectadas por dois ou mais arcos de círculo girando no mesmo sentido;
- Combinação de curvas: combina-se curvas de raios variáveis (curvas de transição) com uma curva de raio constante.

Por fornecer uma trajetória natural para o veículo, permitindo a passagem gradativa de um traçado em tangente para um traçado em curva circular, o emprego de curvas de transição é bastante aconselhável. O tipo de curva de transição mais utilizado em rodovias denomina-se clotoide, cuja curvatura cresce linearmente com seu comprimento.

#### 2.4.4.2 Superelevação

Segundo Macedo (2008), ao percorrer um trecho de rodovia em curva horizontal com certa velocidade, um veículo fica sujeito à ação de uma força centrífuga, que atua no sentido de dentro para fora da curva, tendendo a mantê-lo em trajetória retilínea, tangente à curva, como mostra a Figura 9.

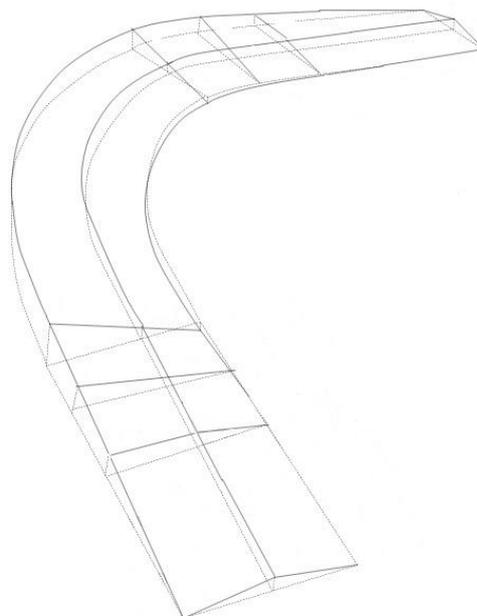
Figura 9 - Ação da força centrífuga nas curvas.



Fonte: Macedo (2008).

Por isso, as rodovias apresentam nas curvas seções inclinadas em relação ao plano horizontal com o propósito de contrabalancear o efeito da força centrífuga, através do atrito entre os pneus e a superfície do pavimento. Essa inclinação, demonstrada na Figura 10, é chamada de superelevação (DNIT, 2006a).

Figura 10 - Superelevação.



Fonte: Adaptado de Viana (2019).

Conforme o DNER (1999), devido ao abaulamento da pista em tangente, onde suas faixas de rolamento são inclinadas em torno do eixo para os bordos, que estão em cotas inferiores, a seção transversal da pista passará por uma transição, que ocorre tanto na tangente quando na curva, como pode ser visto também na Figura 10.

O valor mínimo de superelevação adotado é igual à declividade transversal fixada para seção normal em tangente da pista, que geralmente é de 2%, para facilitar a drenagem das águas pluviais. Para os valores máximos de superelevação, o DNER (1999) faz algumas recomendações:

- $e_{máx} = 12\%$ : seu emprego limita-se aos casos de melhorias e correção de situações perigosas existentes sem alterações dos raios em planta;
- $e_{máx} = 10\%$ : adota-se em rodovias de padrão elevado, classe 0 em geral e classe I em regiões planas e onduladas;
- $e_{máx} = 8\%$ : adota-se para rodovias classe I em região montanhosa e rodovias das demais classes de projeto em geral;

-  $e_{\text{máx}} = 6\%$ : utiliza-se em projetos condicionados por urbanização adjacente e frequentes interseções;

-  $e_{\text{máx}} = 4\%$ : adota-se em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente e reduzida flexibilidade para variar as declividades transversais da pista.

#### 2.4.4.3 Raios Mínimos De Curvatura Horizontal

O raio mínimo é um valor limite de curvatura para uma determinada velocidade de projeto e taxa máxima de superelevação. O uso de uma curvatura mais acentuada para essa velocidade de projeto exigiria superelevação além do limite considerado confortável por muitos motoristas (MORENO; VIEIRA; MARTINS, 2018). O DNER (1999) expõe no Quadro 7 os valores de raios mínimos.

Quadro 7 - Valores de raios mínimos (m).

Velocidade diretriz (km/h) \ $e_{\text{máx}} (\%)$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
10	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
12	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Fonte: DNER (1999).

Quando ocorre a utilização no projeto geométrico de raios maiores que o mínimo, a aceleração centrífuga diminui e não há mais necessidade de manter a superelevação máxima (DNER, 1999).

#### 2.4.4.4 Superlargura

Usualmente, a largura de uma via é definida a partir das larguras máximas dos veículos que a utilizam, da distância de segurança entre esses veículos e das distâncias necessárias entre esses e o bordo do pavimento. Em curvas, há um acréscimo de largura denominado

superlargura, pois como o veículo é rígido e não consegue acompanhar a curvatura da via, é necessário tal aumento para manter o conforto e a segurança do motorista.

Visto que a aplicação de superlargura demanda um aumento de custo e de trabalho, essa deve ser eficaz. Por isso, e considerando que valores pequenos de acréscimo não tem influência prática, o valor mínimo de superlargura é de 0,40 m. Além disso, com a presença de acostamentos pavimentados, reduz-se a necessidade de um acréscimo de largura. Por último, sabe-se que a superlargura pode ser disposta para cada lado da pista, simetricamente, ou apenas para um lado da pista, assimetricamente (DNER, 1999).

#### 2.4.4.5 Gabarito Horizontal

Objetos como postes, pilares ou muros, quando localizados muito próximos à pista, constituem pontos de perigo em potencial e restrição psicológica aos motoristas, que tendem a desviar-se de sua trajetória ou reduzir sua velocidade nessas situações. Por isso, tais objetos devem estar suficientemente afastados do bordo da pista.

O Quadro 8 orienta sobre os valores mínimos a serem adotados para assegurar um adequado afastamento de obstáculos fixos da superfície de rolamento nos trechos em tangente (DNER, 1999).

Quadro 8 - Afastamentos mínimos dos obstáculos fixos em trechos em tangente.

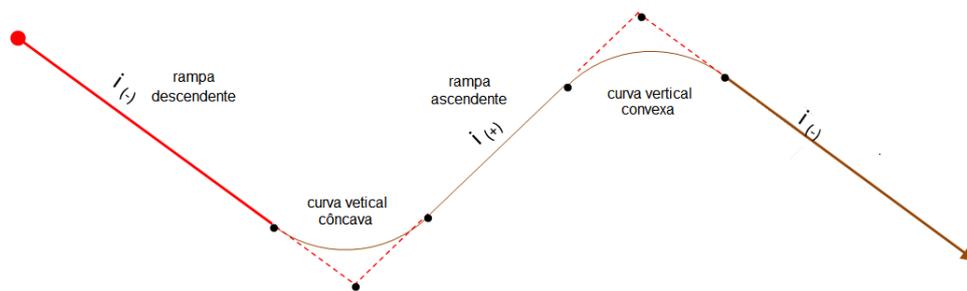
Obstáculos	Afastamentos (m)
— Obstáculos isolados (pilares, postes, protuberâncias rochosas, etc.)	
• Afastamento do bordo do acostamento	1,50 (0,50)
— Obstáculos contínuos (muros, paredes, barreiras, etc.)	
• Afastamento do bordo do acostamento	0,50 (0,30)
— Paredes, muro ou guarda-corpo	
• Afastamento de meio-fio, sem fluxo de pedestres	0,80 (0,50)
• Paredes, com fluxo de pedestres	1,50
— Meio-fio ou sarjeta contínuos	
• Afastamento do bordo de pista adjacente sem acostamento **	0,50 (0,30)
— Meio-fio sem continuidade - idem	0,50

Fonte: DNER (1999).

### 2.4.5 Projeto Em Perfil

No projeto de um alinhamento vertical, comumente chamado de projeto em perfil, o principal objetivo é definir a geometria do conjunto de retas (tangentes) e curvas (denominadas curvas verticais ou rampas) que corresponde ao eixo da rodovia, chamado de greide, representado no plano vertical (LEE, 2000). As curvas verticais podem ser côncavas ou convexas, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Curvas verticais côncava e convexa.



Fonte: Adaptado de Viana (2020).

Neste projeto, o relevo do terreno é um dos fatores mais importantes a serem considerados, pois, em geral, com o aumento da inclinação do perfil da rodovia, a capacidade e o nível de serviço diminuem (CNT, 2021).

Macedo (2008) recomenda que, sempre que possível, o projetista utilize rampas suaves e curvas verticais de raios grandes. No entanto, visto que o terreno natural é quase sempre irregular, a construção de rampas suaves torna-se mais cara. Então, para que os construtores não exagerem na economia e executem rampas muito inclinadas, são estabelecidas rampas máximas para as diferentes classes de rodovias, como mostra o Quadro 9 elaborado pelo DNER (1999).

Quadro 9 - Rampas máximas.

Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3%	4%	5%
Classe I	3%	4,5%	6%
Classe II	3%	5%	7%
Classe III	4%	6%	8%
Classe IV-A	4%	6%	8%
Classe IV-B	6%	8%	10% *

\* A extensão de rampas acima de 8% será desejavelmente limitada a 300m contínuos

Fonte: DNER (1999).

Por outro lado, trechos com declividades muito reduzidas podem ocasionar dificuldades de drenagem. Por isso, considera-se 0,35% como o valor mínimo absoluto de rampas para fins de drenagem.

Alguns elementos que constituem o projeto do alinhamento vertical de uma rodovia são: concordância vertical e gabarito vertical. Tais elementos são retratados nos itens seguintes com informações provenientes do DNER (1999).

#### 2.4.5.1 Concordância Vertical

As curvas verticais, geralmente parábolas de 2º grau, concordam as tangentes dos greides. Tais parábolas são definidas pelo parâmetro de curva K, que representa o comprimento da curva no plano horizontal, em metros, para cada 1% de variação na declividade longitudinal.

Visando facilitar cálculos e locações, os comprimentos adotados de curvas de concordância vertical são geralmente arredondados para múltiplos de 20 metros. Além disso, quando a diferença algébrica das rampas for inferior a 0,5%, podem ser dispensadas curvas verticais.

#### 2.4.5.2 Gabarito Vertical

O objetivo de um gabarito vertical é possibilitar aos caminhões com altura dentro do limite legal a passagem livre sob uma estrutura ou sob redes aéreas, sem necessidade de, por cautela, reduzirem a velocidade, pararem ou procurarem um itinerário de desvio.

No Brasil, o maior gabarito tradicionalmente utilizado é o de 5,50 metros. Adota-se esse valor para rodovias de classes 0 e 1. Em outras classes de projeto, esse deve ser o valor almejado, sendo que, em casos específicos, o gabarito vertical poderá ser reduzido para até 4,50 metros.

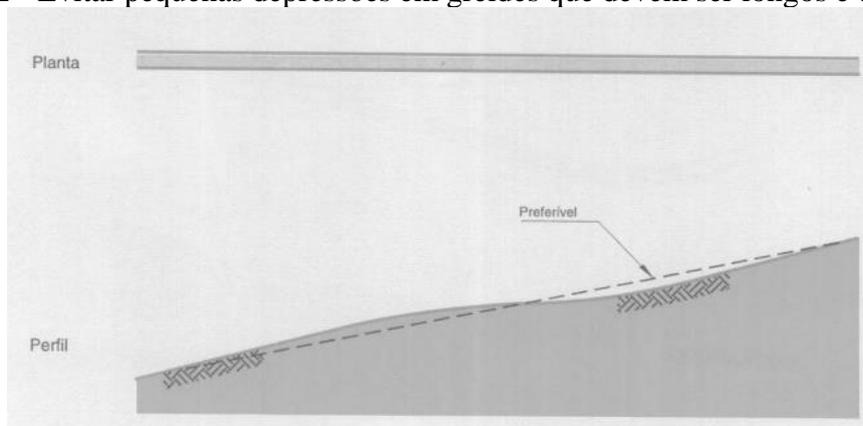
#### 2.4.6 Coordenação Dos Alinhamentos Horizontal E Vertical

Lee (2000) argumenta que, sendo a rodovia uma entidade física tridimensional, embora seus elementos constituintes sejam definidos em planos separados, esses devem ser pensados em conjunto. Isso significa que é importante coordenar os alinhamentos horizontal e vertical para a segurança, aparência e conforto ao dirigir a rodovia.

O DNER (1999) infere diversas recomendações para impedir eventuais deficiências do traçado ou do perfil. Argumenta-se que trechos em tangente não são compatíveis com frequentes quebras no greide e vice-versa e considera-se ideal que curvas verticais e horizontais se superponham, com os vértices de suas tangentes aproximadamente coincidindo. Recomenda-se, também, que curvas horizontais não iniciem em pontos baixos do greide, ao final de longas descidas, visto que isso pode causar situações perigosas decorrentes do natural aumento de velocidade. Por último, sempre que possível, recomenda-se que uma tangente longa em planta esteja associada a uma curva côncava para atenuar a rigidez do trecho reto.

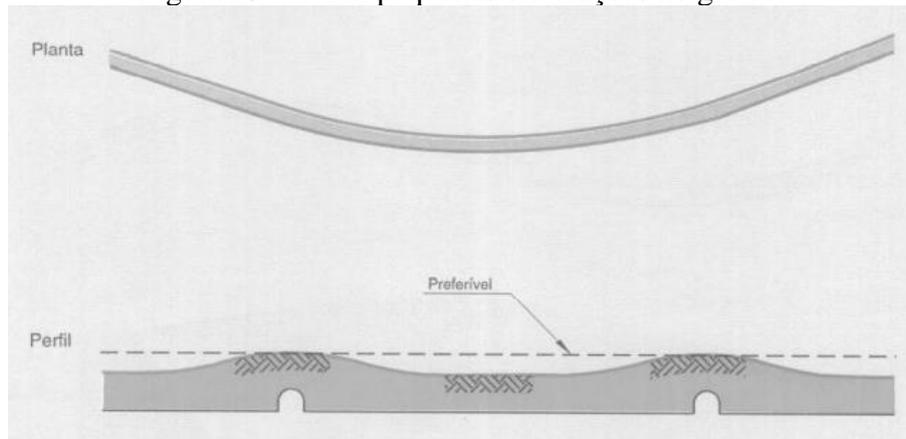
Alguns aspectos básicos a considerar objetivando essa coordenação são ilustrados nas Figuras 12 a 24.

Figura 12 - Evitar pequenas depressões em greides que devem ser longos e uniformes.



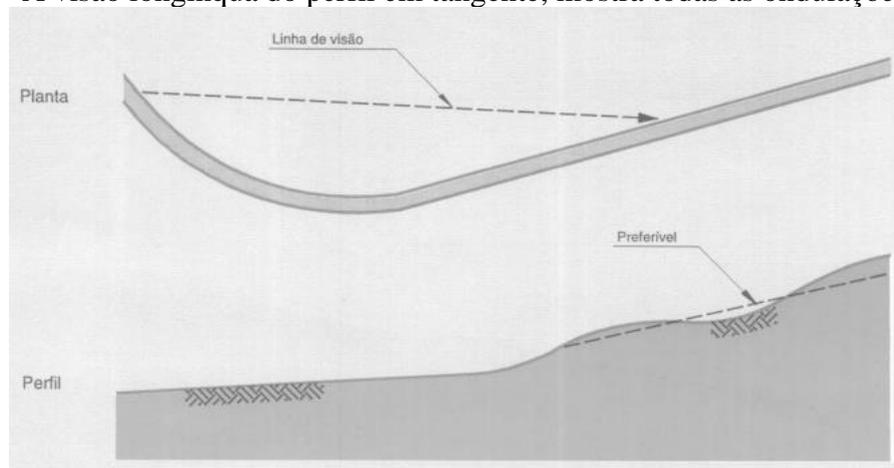
Fonte: DNER (1999).

Figura 13 - Evitar pequenas ondulações no greide.



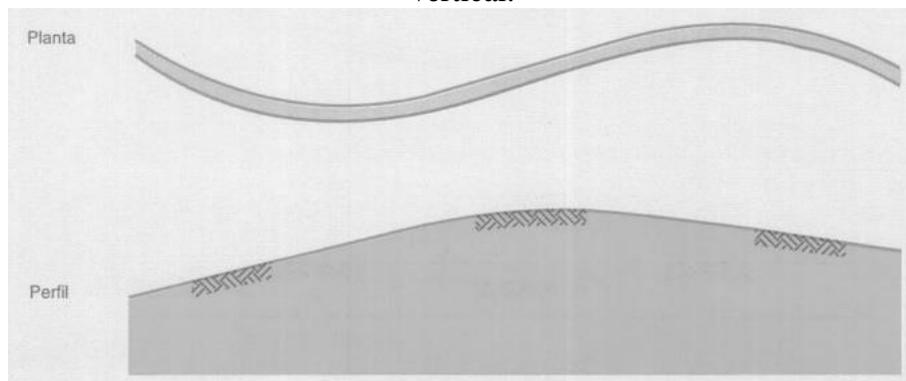
Fonte: DNER (1999).

Figura 14 - A visão longínqua do perfil em tangente, mostra todas as ondulações do greide.



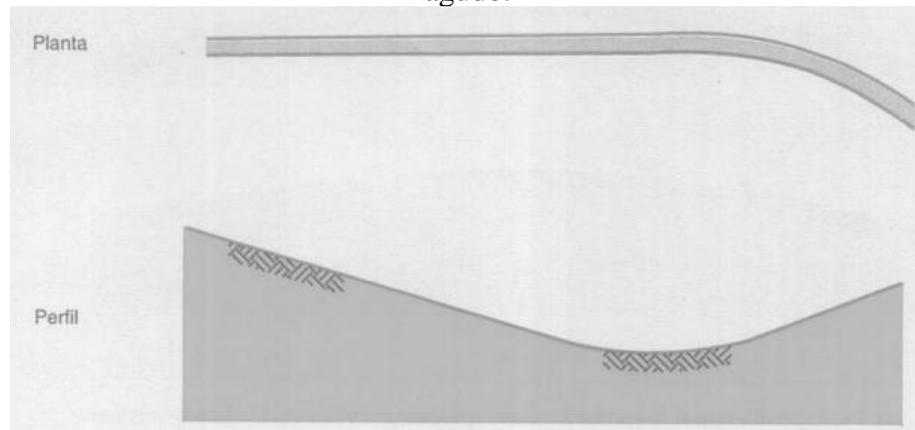
Fonte: DNER (1999).

Figura 15 - Combinação antiestética e perigosa. A reversão ocorre no vértice da curva vertical.



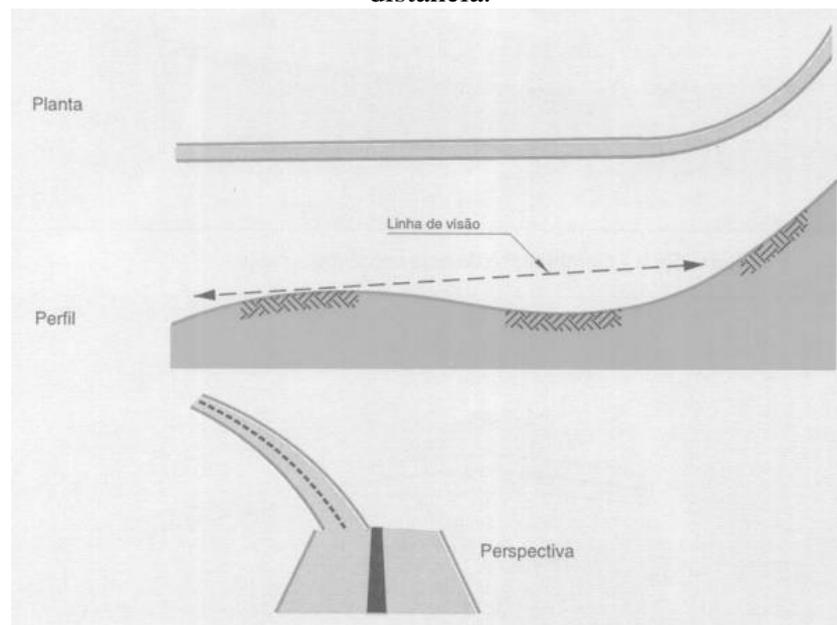
Fonte: DNER (1999).

Figura 16 - Combinação deficiente. Percepção visual da curvatura horizontal segundo ângulo agudo.



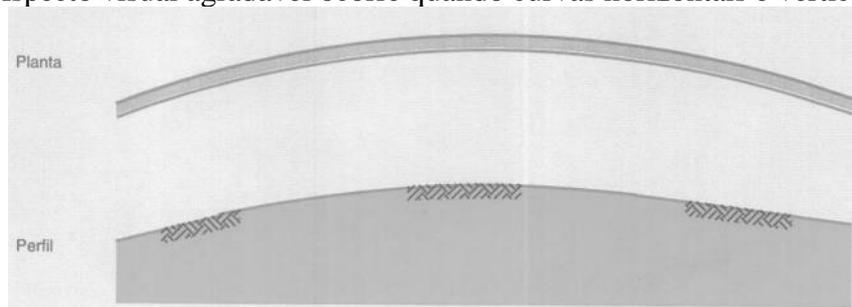
Fonte: DNER (1999).

Figura 17 - Absurdo ótico. Ocorre quando o início de uma curva horizontal é escondido do motorista por uma elevação intermediária, enquanto a continuação da curva é vista à distância.



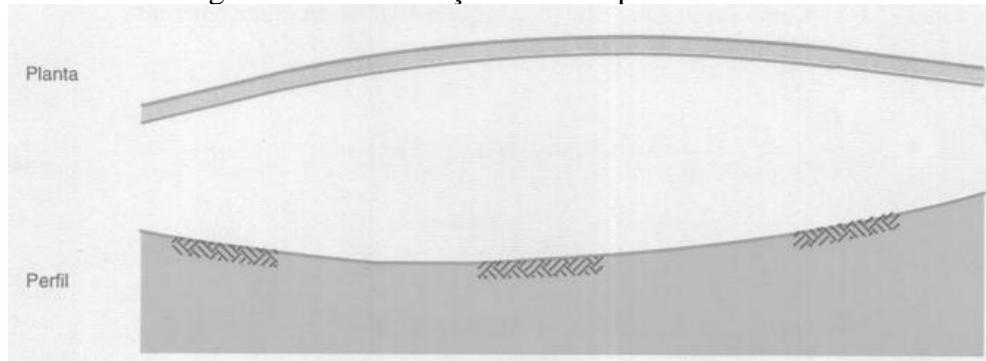
Fonte: DNER (1999).

Figura 18 - Aspecto visual agradável ocorre quando curvas horizontais e verticais coincidem.



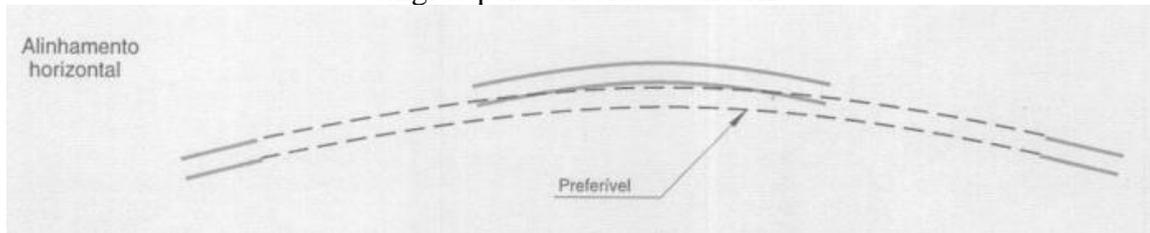
Fonte: DNER (1999).

Figura 19 - Combinação de bela aparência visual.



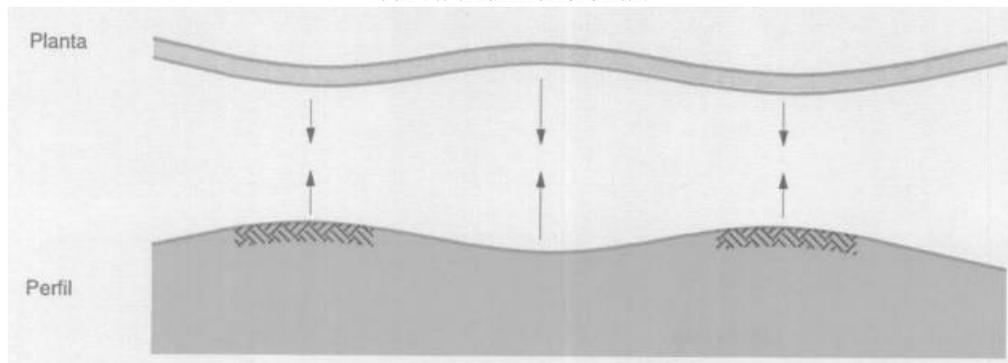
Fonte: DNER (1999).

Figura 20 - Para deflexões pequenas, o aspecto visual requer curvas muito mais longas que o exigido pela velocidade diretriz.



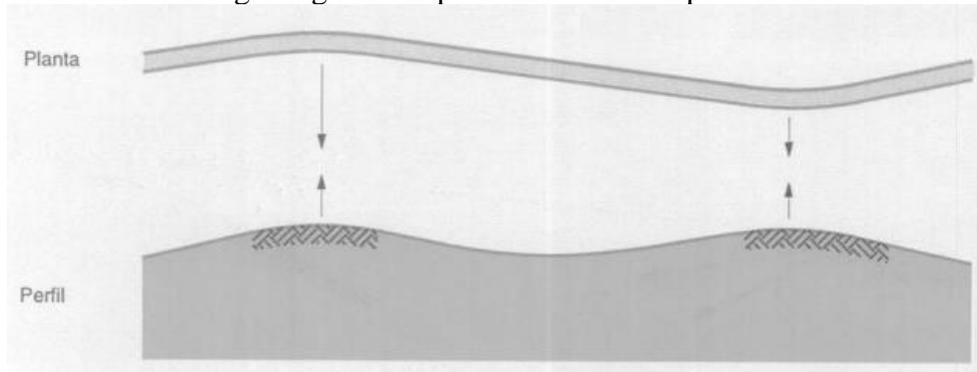
Fonte: DNER (1999).

Figura 21 - Os vértices das curvas horizontais e verticais coincidem, criando um belo efeito de curva tridimensional.



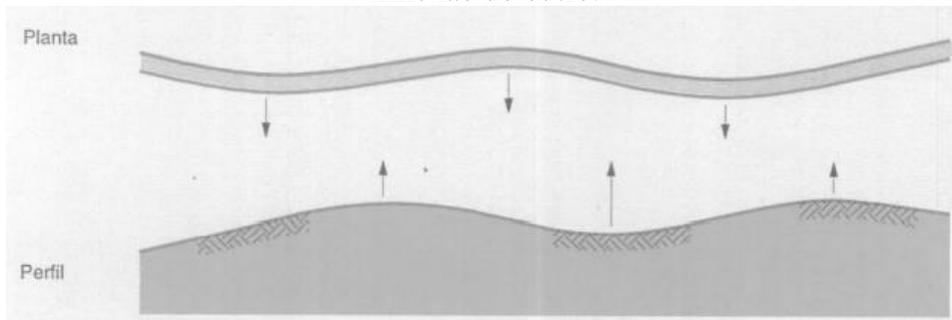
Fonte: DNER (1999).

Figura 22 - Uma das deflexões do alinhamento foi suprimida, mas os demais vértices ainda coincidem. A longa tangente em planta é abrandada pela curvatura vertical.



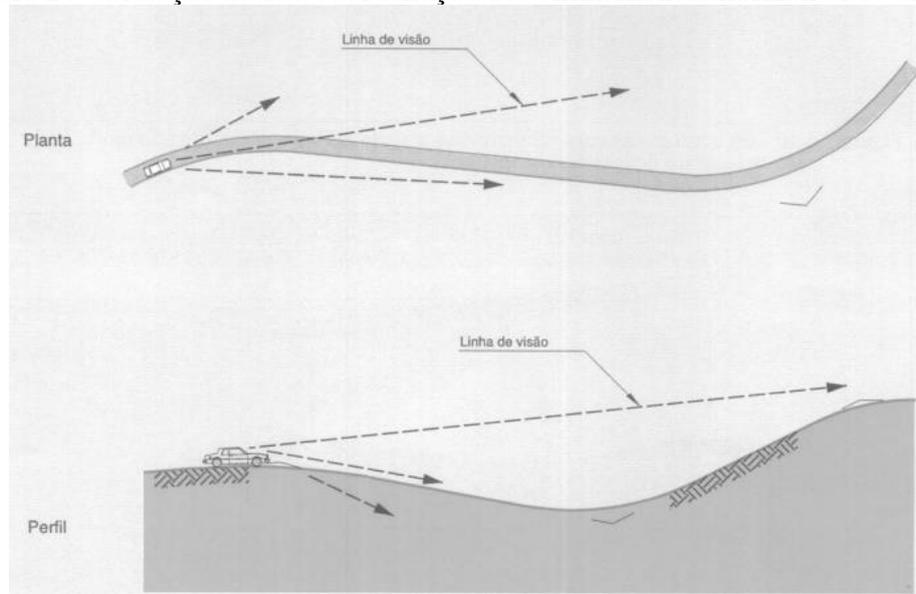
Fonte: DNER (1999).

Figura 23 - Falta coordenação. Os vértices de um alinhamento coincidem com os pontos de inflexão do outro.



Fonte: DNER (1999).

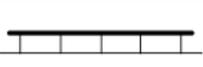
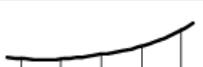
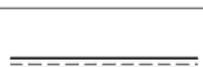
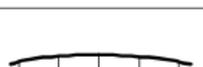
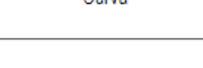
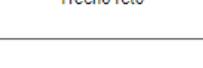
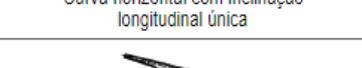
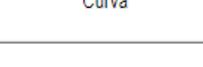
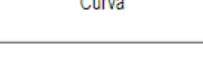
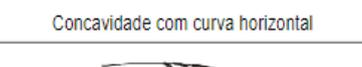
Figura 24 - Situação de boa coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical.



Fonte: DNER (1999).

Para demonstrar as combinações dos diferentes elementos do traçado em planta e em perfil, Lee (2000) demonstra na Figura 25 as conjugações básicas e os resultados correspondentes, em termos de percepção dos traçados, na perspectiva dos usuários.

Figura 25 - Combinação dos elementos em planta e em perfil.

EM PLANTA	EM PERFIL	ELEMENTO ESPACIAL
 Tangente	 Trecho reto	 Tangente com inclinação longitudinal única
 Tangente	 Curva	 Concavidade em tangente
 Tangente	 Curva	 Convexidade em tangente
 Curva	 Trecho reto	 Curva horizontal com inclinação longitudinal única
 Curva	 Curva	 Concavidade com curva horizontal
 Curva	 Curva	 Convexidade com curva horizontal

Fonte: Lee (2000).

## 2.5 SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA

A sinalização rodoviária tem a função de transmitir informações aos motoristas, como os cuidados a serem tomados por motivo de segurança, os destinos a serem seguidos e as faixas de tráfego a utilizar. Por isso, essa detém papel fundamental na segurança dos usuários das vias e sua importância aumenta à medida que a velocidade operacional e o volume de tráfego crescem (CNT, 2021).

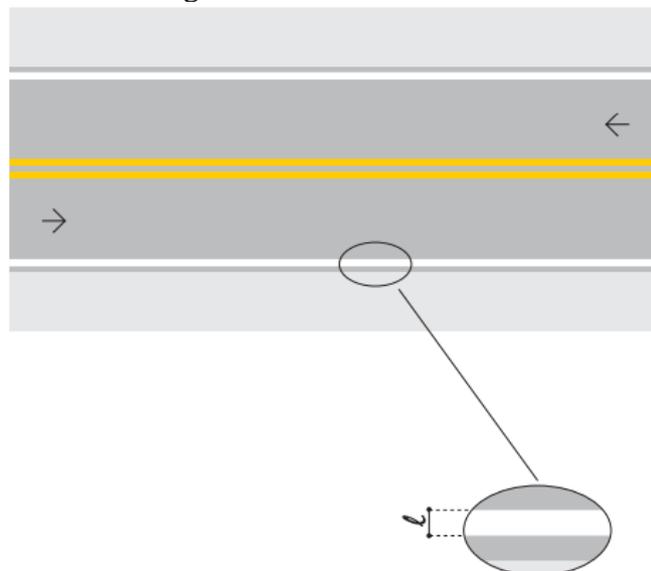
### 2.5.1 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal é constituída de marcas, símbolos e legendas pintados sobre o pavimento. Sua finalidade é fornecer informações que permitam aos usuários das vias adotarem comportamentos adequados, aumentando a segurança e fluidez do trânsito, ordenando o fluxo de tráfego, canalizando e orientando os usuários da via (CNT, 2021).

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a) define os padrões de formas, cores, dimensões, materiais da sinalização horizontal e suas cinco classificações, descritas a seguir:

- Marcas Longitudinais: separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, a sua divisão em faixas de mesmo sentido, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo ou preferencial, as faixas reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem e transposição. Tais marcas podem ser divididas em linhas de divisão de fluxos opostos, linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido, linha de bordo e linha de continuidade. Um exemplo de marcação longitudinal é a linha de bordo, observada na Figura 26, que delimita, através de linha contínua, a parte da pista destinada ao deslocamento dos veículos, estabelecendo seus limites laterais;

Figura 26 - Linha de bordo.

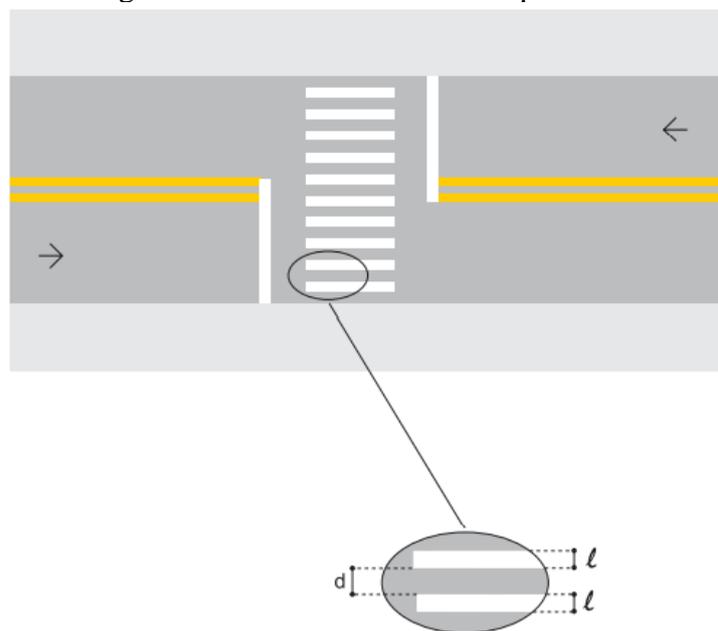


Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a).

- Marcas Transversais: ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e os harmonizam com os deslocamentos de outros veículos e dos pedestres, assim como informam os condutores

sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indicam travessia de pedestres e posições de parada. Tais marcas podem ser divididas em linha de retenção, linhas de estímulo à redução de velocidade, linha de “dê a preferência”, faixa de travessia de pedestres, marcação de cruzamentos rodociclovitários e rodoferroviário, marcação de área de conflito e marcação de área de cruzamento com faixa exclusiva. Um exemplo de marcação transversal é a faixa de travessia de pedestres, observada na Figura 27, que delimita a área destinada à travessia de pedestres e regulamenta a prioridade de passagem desses em relação aos veículos;

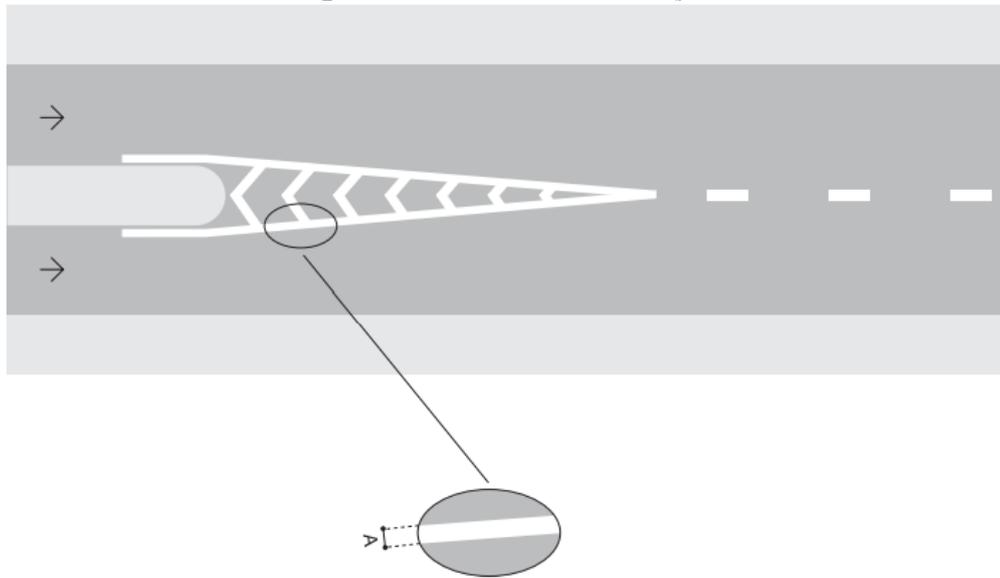
Figura 27 - Faixa de travessia de pedestres.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a).

- Marcas de Canalização: são utilizadas para orientar e regulamentar o fluxo de veículos em uma via, direcionando-o em situações que exijam uma reorganização, como quando houver obstáculos à circulação, interseções de vias quando varia a largura das pistas, mudanças de alinhamento, acessos, pistas de transferências e entroncamentos e interseções em rotatórias. Tais marcas podem ser divididas em linhas de canalização e zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável. Um exemplo de marca de canalização, a linha de canalização, que delimita o pavimento reservado à circulação de veículos, é observado na Figura 28;

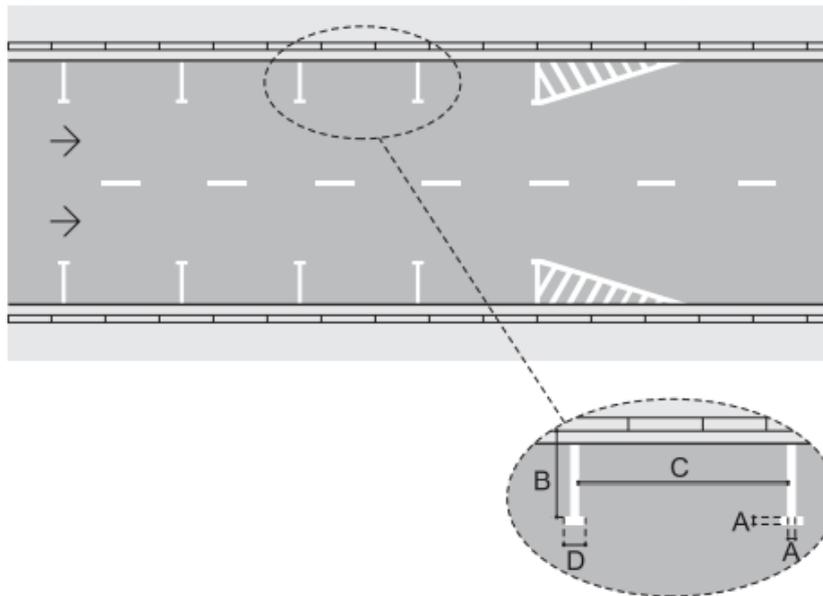
Figura 28 - Linha de canalização.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a).

- Marcas de Delimitação e Controle de Parada e/ou Estacionamento: delimitam e proporcionam controle das áreas onde é proibido ou regulamentado o estacionamento e a parada de veículos. São subdivididas nos seguintes tipos: linha de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada, marca delimitadora de parada de veículos específicos e marca delimitadora de estacionamento regulamentado. Um exemplo de marca de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento é a marca delimitadora de estacionamento regulamentado, observada na Figura 29, que delimita o trecho de pista no qual é permitido o estacionamento;

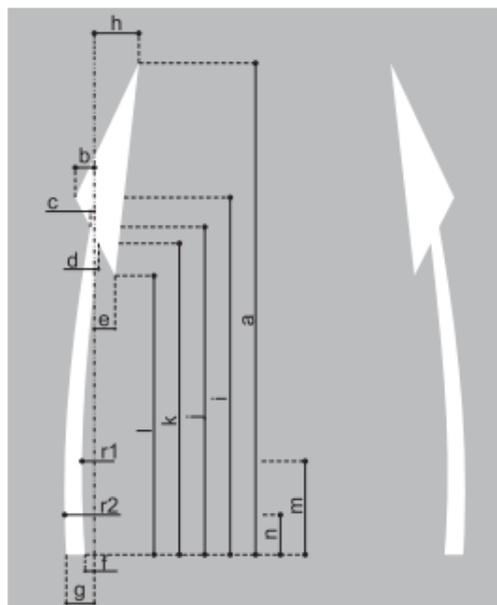
Figura 29 - Marca delimitadora de estacionamento regulamentado.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a).

- Inscrições no Pavimento: melhoram a percepção do condutor quanto às condições de operação da via, permitindo-lhe tomar a decisão adequada, no tempo apropriado, para as situações apresentadas. As inscrições no pavimento podem ser de três tipos: setas direcionais, símbolos e legendas. Um exemplo de inscrição no pavimento é a seta indicativa de movimento em curva, observada na Figura 30, que indica aproximação de curva acentuada ou movimentos circulares.

Figura 30 - Seta indicativa de movimento em curva.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a).

A CNT (2021) utiliza três categorias de sinalização horizontal quanto a sua visibilidade, definidas no Quadro 10.

**Quadro 10 - Categorias de sinalização horizontal.**

Visíveis	A pintura visível das faixas centrais e laterais é identificada quando a seção se encontra inteiramente preenchida, ou seja, a forma da faixa está completa, não havendo desbotamento.
Desgastadas	A pintura é desgastada quando a seção das faixas não se apresenta inteira e/ou a forma encontra-se irregular (incompleta), desbotada, com a presença de rachaduras com descolamento da pintura ou em situação de faixas superpostas (pintura anterior por baixo da pintura atual), dificultando a visualização da sinalização que prevalece naquela via. Contudo, ainda é possível sua identificação.
Inexistentes	A pintura é considerada inexistente quando não há marcações no pavimento (ausência total) ou quando a condição de desgaste impossibilita sua identificação.

Fonte: CNT (2021).

### 2.5.2 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é constituída de sinais em placas fixadas na posição vertical, à margem ou suspensas sobre a pista, transmitindo mensagens com o objetivo de regulamentar o uso da via, advertir o condutor sobre situações potencialmente perigosas e indicar direções, localizações e serviços (DNIT, 2010c). A referida sinalização é classificada quanto às suas funções em:

- Sinalização vertical de regulamentação: transmite aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias. Seu não cumprimento constitui infração ao Código de Trânsito Brasileiro, que rege o trânsito de qualquer natureza nas vias terrestres do território nacional (CONTRAN, 2007b). Um exemplo desta sinalização é o sinal de velocidade máxima permitida observado na Figura 31, que regulamenta o limite máximo de velocidade que o veículo pode circular na pista;

Figura 31 - Sinal de velocidade máxima.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I (2007b).

- Sinalização vertical de advertência: tem como finalidade alertar aos usuários as situações potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou adjacentes a ela, indicando sua natureza. Sua utilização geralmente exige uma redução de velocidade com o objetivo de propiciar maior segurança ao trânsito. Deve-se evitar seu uso excessivo, pois isso comprometeria a confiabilidade da sinalização (CONTRAN, 2007c). Um exemplo desta sinalização é o sinal de curva acentuada à esquerda observado na Figura 32, que adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de uma curva acentuada à esquerda;

Figura 32 - Sinal de curva acentuada à esquerda.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II (2007c).

- Sinalização vertical de indicação: composta por um conjunto de placas com a finalidade de identificar as vias e os locais de interesse e orientar condutores de veículos e pedestres quanto aos percursos, destinos, acessos, distâncias, serviços auxiliares e atrativos turísticos. Tal sinalização tem diversas categorias: placas de identificação, placas de orientação de destino, placas educativas, placas de serviços auxiliares, placas de atrativos turísticos e placas de postos de fiscalização (CONTRAN, 2014). Um exemplo desta sinalização é a placa de identificação de rodovia e estrada estadual observada na Figura 33, que indica ao condutor a rodovia ou estrada estadual em que está transitando.

Figura 33 - Placa de identificação de rodovia e estrada estadual.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume III (2014).

A CNT (2021) utiliza três categorias de sinalização vertical quanto a sua visibilidade e quanto a sua legibilidade, como consta no Quadro 11 e no Quadro 12, respectivamente.

Quadro 11 - Condições de visibilidade das placas.

Inexistência de mato cobrindo as placas	Não há interferência de vegetação na identificação e na leitura do dispositivo.
Interferência de mato nas placas	A presença de vegetação obstrui parcial ou totalmente a placa, dificultando ou mesmo comprometendo a visibilidade e a interpretação da mensagem. Neste caso, não se avalia a legibilidade das placas.
Inexistência de placas	Não há placa na unidade de pesquisa. Neste caso, não se avalia a legibilidade das placas.

Fonte: CNT (2021).

Quadro 12 - Condições de legibilidade das placas.

Legíveis	Os pictogramas e os textos estão em perfeitas condições, sendo, portanto, completamente identificáveis e interpretáveis.
Desgastadas	Percebe-se a descaracterização parcial de cores e/ou formas, mas é possível reconhecer os pictogramas e textos e identificar a mensagem.
Ilegíveis	A condição de deterioração não permite a leitura da informação e/ou o reconhecimento de mensagens dos pictogramas. Casos comuns de placas ilegíveis são aquelas pichadas, alvejadas ou enferrujadas.

Fonte: CNT (2021).

## 2.6 PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

O pavimento é a superestrutura da rodovia composta por um sistema de camadas construída após a terraplenagem e destinada a distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e conforto e resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento (DNIT, 2006a). Além disso, tal superestrutura deve suportar os efeitos do clima, não causar desgaste excessivo dos pneus ou nível alto de ruídos, permitir o escoamento da água na sua superfície e ter boa resistência a derrapagens (CNT, 2021).

Os pavimentos são classificados de três formas, de acordo com DNIT (2006a):

- Flexível: as camadas do pavimento sofrem deformação elástica sob o carregamento aplicado e, por isso, a carga se distribui em parcelas aproximadas entre as camadas;
- Semi-rígido: é composto por uma base cimentada revestida por uma camada asfáltica;
- Rígido: o pavimento é bastante rígido em relação às camadas inferiores e, por isso, absorve a maioria das tensões provenientes do carregamento aplicado.

Além da necessidade de grandes extensões de rodovias pavimentadas e bem distribuídas, essas devem apresentar adequado estado de conservação. No Brasil, no entanto, percebe-se o

não atendimento às exigências técnicas em relação à capacidade de suporte de suas camadas e aos materiais empregados no revestimento, o que ocasiona um processo de deformação mais acelerado (CNT, 2021).

A serventia é a habilidade do pavimento em proporcionar ao usuário conforto, segurança e economia. Já a capacidade do pavimento de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento chama-se desempenho funcional.

A característica do pavimento que mais afeta a avaliação dos usuários é a irregularidade longitudinal, que é o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência. Ela é a grandeza física mensurável que melhor se correlaciona com o custo operacional dos veículos, o conforto, a segurança, a velocidade e a economia das viagens. Atualmente, existem medidores de irregularidade longitudinal que efetuam medidas diretas do perfil em várias unidades, como o Quociente de Irregularidade e o Índice de Irregularidade de Superfície (DNIT, 2006b).

Percebe-se, então, que a manutenção periódica é essencial para um bom pavimento. Sem essa, os defeitos e as irregularidades na superfície de rolamento aumentam bastante e chegam a impactar os custos operacionais para os usuários da via. Além disso, a presença de afundamentos, ondulações e/ou buracos causam a instabilidade dos veículos, podendo aumentar o risco de acidentes (CNT, 2021).

De acordo com DNIT (2006b), para definir ou não a deflagração de intervenções de restauração no pavimento, os principais defeitos levados em consideração são: trincamento, desgaste, panela, afundamento nas trilhas de roda, irregularidade longitudinal e resistência à derrapagem.

A CNT (2021) utiliza três categorias de condição de rolamento, definidas no Quadro 13.

Quadro 13 - Categorias de condição de rolamento.

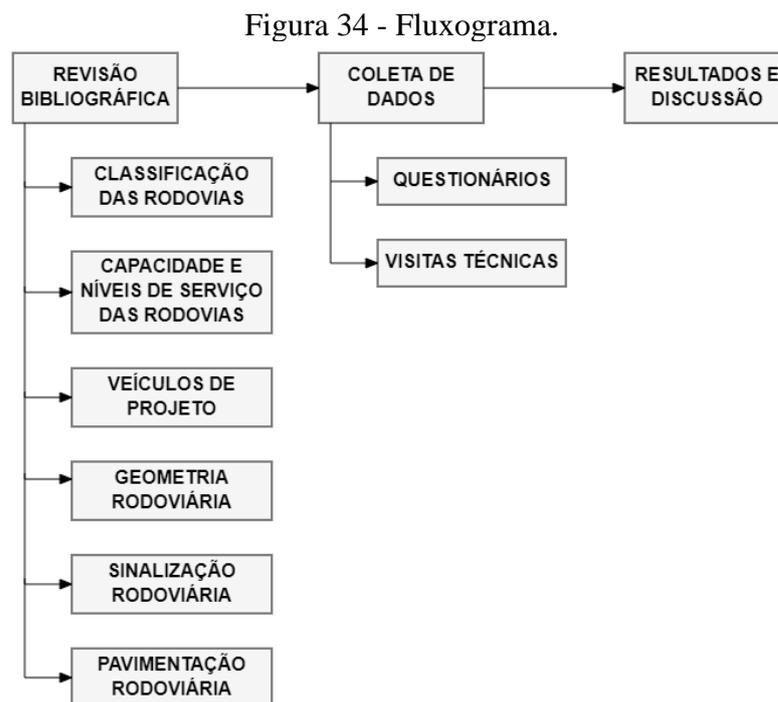
Adequada	A condição de rolamento é boa e o usuário trafega confortavelmente na via, sem a necessidade de reduzir a velocidade. A superfície do pavimento não possui irregularidades e não gera trepidação no veículo.
Moderada	A superfície do pavimento apresenta irregularidades que geram trepidação no veículo e afetam, de forma moderada, o conforto e a suavidade no tráfego, bem como ocasionam alguma redução de velocidade.
Inadequada	A condição de rolamento está totalmente comprometida pela existência de pavimento destruído ou em péssimo estado de conservação. O usuário trafega com dificuldade e muito desconforto, tendo de reduzir significativamente a velocidade para se deslocar com segurança na rodovia.

Fonte: CNT (2021).

### 3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica de temas relacionados ao projeto de rodovias, com foco em suas características geométricas, de sinalização e de pavimentação. A pesquisa envolveu a leitura de diversos artigos, teses de doutorado, dissertações de mestrado, manuais e relatórios. Dentre esses, é importante citar, por sua relevância para esta pesquisa, o “Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais”, de autoria do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, hoje DNIT, e o “Relatório gerencial da Pesquisa CNT de rodovias” do ano de 2021, feito pela Confederação Nacional do Transporte - CNT.

Partiu-se para a definição do método de pesquisa, que desencadeou na coleta de dados mediante aplicação de questionários e realização de visitas técnicas. Os resultados encontrados foram apresentados e discutidos. A organização do trabalho é apresentada no fluxograma da Figura 34.



Fonte: Autora (2022).

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia empregada consistiu em analisar segmentos/pontos das rodovias de Sergipe que apresentam alguma deficiência quanto à geometria, à sinalização ou ao desempenho funcional do pavimento. Recorreu-se ao Departamento Estadual de Infraestrutura

Rodoviária de Sergipe – DER-SE para a escolha de tais segmentos, visto que o órgão é o responsável pela operação, manutenção, conservação e gerenciamento das rodovias estaduais. Para desenvolver essas atividades, o DER-SE possui 5 Distritos Rodoviários Estaduais, com sede em Estância, Lagarto, Nossa Senhora da Glória, Japarutuba e Aracaju; são o 1º, 2º, 3º, 4º e 5º Distrito, respectivamente; cada Distrito possui sua Gerência Executiva.

Visto que cada gerente é responsável pela operação e gerenciamento da malha rodoviária do seu Distrito, foi solicitado a eles que selecionassem alguns segmentos passíveis de melhoramento nas rodovias sob sua gerência, ou seja, pontos que esses considerassem críticos.

Houve dificuldade em obter-se informações a respeito de segmentos críticos do 4º e do 5º Distritos. Em relação ao 5º Distrito, no entanto, considerando-se que Aracaju é uma localidade mais acessível, foram escolhidos segmentos críticos pela autora.

Cada Gerência e seus respectivos segmentos designados são apresentados a seguir:

- 1ª Gerência Executiva

- Segmento 1 (Figura 35): SE-270, entre Itaporanga D´Ajuda e a praia da Caueira, latitude  $-11.08600439^\circ$ , longitude  $-37.2675666^\circ$ . Característica crítica: más condições do acostamento;

Figura 35 - Segmento 1.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 2 (Figura 36): SE-488, entre Umbaúba e Indiaroba, latitude  $-11.5095480^\circ$ , longitude  $-37.6052758^\circ$ . Característica crítica: raio pequeno da curva;

Figura 36 - Segmento 2.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 3 (Figura 37): SE-467, entre Itabaianinha e Tomar do Geru, latitude  $-11.3150299^{\circ}$ , longitude  $-37.8456748^{\circ}$ . Característica crítica: ausência de acostamento;

Figura 37 - Segmento 3.



Fonte: DER-SE (2022).

- 2ª Gerência Executiva

- Segmento 4 (Figura 38): SE-179, entre Pinhão e Simão Dias, latitude -  $10.6631111^{\circ}$ , longitude  $-37.7629444^{\circ}$ . Característica crítica: visibilidade ruim;

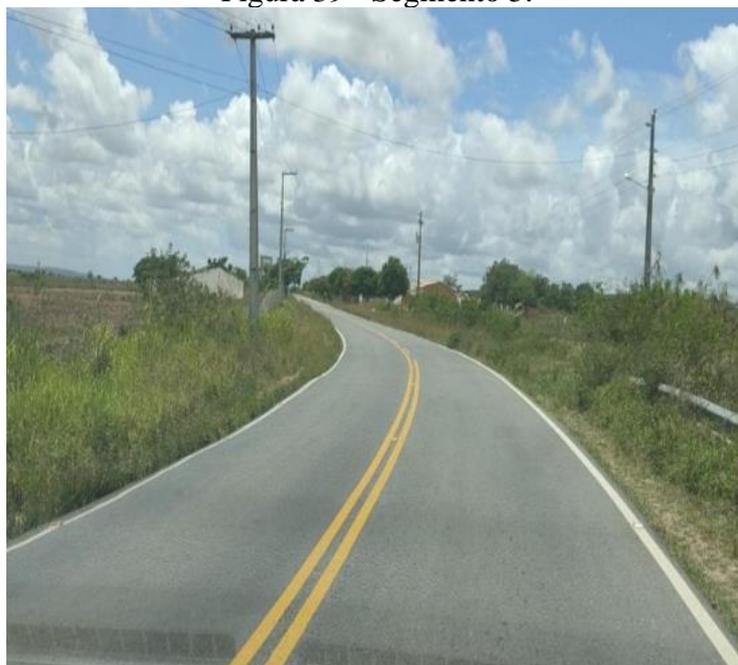
Figura 38 - Segmento 4.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 5 (Figura 39): SE-361, entre Simão Dias e Poço Verde, latitude -  $10.7353611^{\circ}$ , longitude  $-38.1421389^{\circ}$ . Característica crítica: rodovia muito estreita;

Figura 39 - Segmento 5.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 6 (Figura 40): SE-265, entre Lagarto e Itaporanga D´Ajuda, latitude  $-10.9543056^{\circ}$ , longitude  $-37.4582222^{\circ}$ . Característica crítica: curva com raio pequeno e pouca visibilidade;

Figura 40 - Segmento 6.



Fonte: DER-SE (2022).

- 3ª Gerência Executiva

- Segmento 7 (Figura 41): SE-230, entre Feira Nova e Nossa Senhora das Dores, latitude  $-10.2698889^\circ$ , longitude  $-37.3024722^\circ$ . Característica crítica: más condições do acostamento;

Figura 41 - Segmento 7.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 8 (Figura 42): SE-230, entre Feira Nova e Nossa Senhora das Dores, latitude  $-10.3910897^\circ$ , longitude  $-37.2119701^\circ$ . Característica crítica: más condições do acostamento;

Figura 42 - Segmento 8.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 9 (Figura 43): SE-230, entre Feira Nova e Nossa Senhora das Dores, latitude  $-10.4305869^\circ$ , longitude  $-37.1901607^\circ$ . Característica crítica: raio pequeno da curva;

Figura 43 - Segmento 9.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 10 (Figura 44): SE- 230, entre Nossa Senhora das Dores e Siriri, latitude  $-10.5479140^\circ$ , longitude  $-37.1580795^\circ$ . Característica crítica: pavimento desgastado;

Figura 44 - Segmento 10.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 11 (Figura 45): SE- 175, entre Nossa Senhora da Glória e Nossa Senhora Aparecida, latitude  $-10.2361058^{\circ}$ , longitude  $-37.4090759^{\circ}$ . Característica crítica: raio pequeno da curva;

Figura 45 - Segmento 11.



Fonte: DER-SE (2022).

- Segmento 12 (Figura 46): SE-050 em Aracaju, latitude  $-11.005196^{\circ}$ , longitude  $-37.073283^{\circ}$ . Característica crítica: superelevação negativa;

Figura 46 - Segmento 12.



Fonte: Autora (2022).

- Segmento 13 (Figura 47): SE-100 em Aracaju, latitude  $-11.024641^{\circ}$ , longitude  $-37.074838^{\circ}$ . Característica crítica: faixa de rolamento estreita.

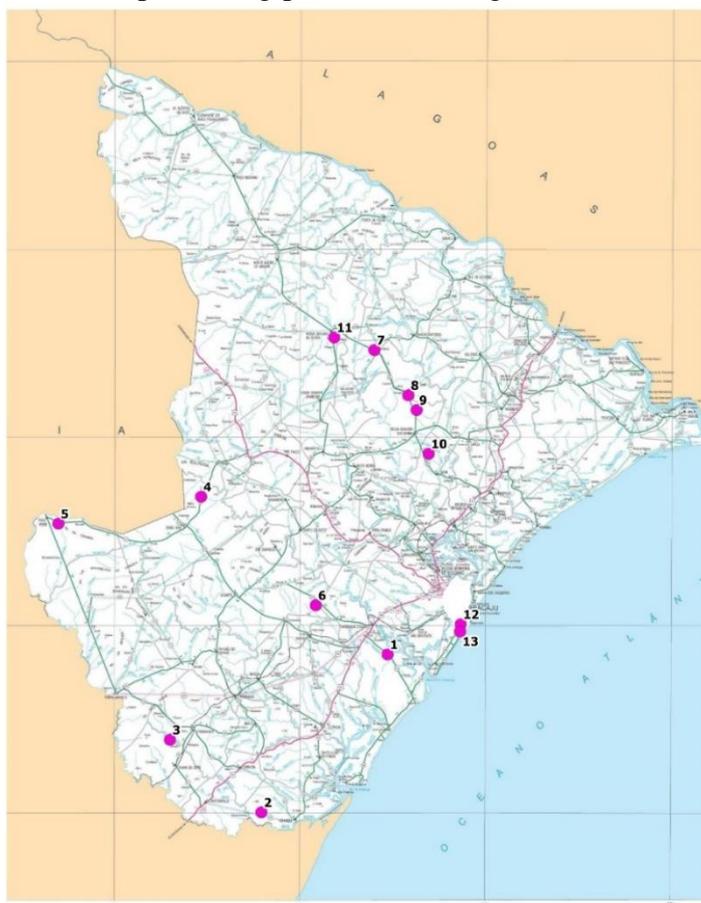
Figura 47 - Segmento 13.



Fonte: Autora (2022).

Para uma melhor visualização de todos os 13 segmentos anteriormente descritos, foi elaborado um mapa demarcando-os no estado de Sergipe, como mostra a Figura 48.

Figura 48 - Mapa de Sergipe com os 13 segmentos demarcados.



Fonte: Autora (2022).

### 3.2 COLETA DE DADOS

Com o intuito de obter a visão crítica dos gerentes sobre os segmentos 1 a 11 anteriormente especificados e avaliar quais as suas características em comum, foram efetuadas entrevistas em forma de questionários.

Um questionário pode ser definido como um instrumento de pesquisa que contém perguntas ordenadas relacionadas a um determinado assunto ou problema. Tais perguntas devem ser simples, precisas e neutras, para não influenciarem os respondentes (RHEINGANTZ et al., 2009). Uma das vantagens da utilização de questionários é sua rapidez e custo relativamente baixo, o que foi levado em consideração na escolha da metodologia deste estudo.

Quanto ao formato do questionário, foram elaboradas 18 perguntas: 16 questões fechadas de múltipla escolha, onde o respondente assinala dentre um conjunto de opções a que considerou mais adequada, e 2 questões abertas, onde o respondente é convidado a escrever sua resposta com suas próprias palavras. As perguntas foram elaboradas de acordo com os assuntos abarcados na Revisão Bibliográfica deste trabalho. Além disso, é importante citar o auxílio do Relatório gerencial da Pesquisa CNT de rodovias 2021, feito pela Confederação Nacional do Transporte, na definição de conceitos e critérios utilizados no questionário.

A pergunta 1, “Em que tipo de rodovia se encaixa o trecho?”, serviu para avaliar qual o tipo de rodovia do segmento analisado. Pretendendo averiguar a presença e as condições do acostamento nos segmentos, foram feitas as perguntas 2, 3.1 e 3.2: “Há a presença de acostamentos externos e/ou internos no trecho?”, “O acostamento é pavimentado ou não pavimentado?” e “Qual a condição do acostamento?”. Procurou-se analisar, também, se o segmento em questão era em curva horizontal ou em tangente; para isso, foi feita a pergunta 4: “O traçado do trecho é em curva ou em tangente?”. Além disso, pretendeu-se avaliar características dos trechos em curva; por isso, foram feitas as perguntas 5.1, 5.2 e 5.3: “Sente-se desconforto em relação à superelevação no trecho?”, “Sente-se desconforto em relação ao raio da curva?” e “Percebe-se a presença de superlargura na curva?”.

Para avaliar o desconforto em relação a objetos próximos à pista, foi efetuada a pergunta 6: “Sente-se desconforto devido a objetos (postes, muros, rochas, etc) muito próximos à pista no trecho?”. As perguntas 7 (“No trecho, percebe-se a redução de velocidade devido a aclive exacerbado?”) e 8 (“Sente-se desconforto em relação ao gabarito vertical no trecho?”) foram elaboradas para questionar o desconforto em relação à redução de velocidade devido a aclive exacerbado e ao gabarito vertical no segmento, respectivamente.

Visando avaliar o desconforto quanto à visibilidade no segmento, foi feita a pergunta 9: “No trecho, sente-se desconforto em relação à visibilidade?”. Para avaliar questões relacionadas à sinalização do segmento, foram propostas as perguntas 10, 11 e 12: “Em relação à sinalização horizontal do trecho, a mesma encontra-se:”, “Caso haja a existência de sinalização vertical no trecho:” e “Caso haja a existência de sinalização vertical no trecho, a mesma encontra-se:”. Pretendendo analisar os segmentos quanto às condições de rolamento do trecho, foi feita a pergunta 13: “Qual a condição de rolamento do trecho?”.

As 2 questões abertas foram: “Quais os motivos para a escolha deste trecho como um trecho passível de melhoramento?” e “Quais as sugestões para o melhoramento deste trecho?”.

O modelo completo dos questionários encontra-se no APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.

Marcou-se uma reunião presencial, no DER-SE, onde os questionários foram entregues, de forma impressa, aos gerentes da 1ª, 2ª e 3ª Gerência, e as respostas foram coletadas e discutidas.

Para cada um dos 11 segmentos, foram feitas as mesmas 18 perguntas. Visto que a maioria das perguntas era no formato múltipla-escolha, o tempo de preenchimento dos questionários não excedeu 30 minutos em nenhum caso.

Como os questionários não foram aplicados em relação aos segmentos 12 e 13, situados em Aracaju, a coleta de dados desses pontos consistiu em efetuar visitas técnicas aos locais, onde foram observados os principais problemas e capturadas imagens dos segmentos.

Com o estudo do referencial bibliográfico, as respostas obtidas a partir dos questionários e as visitas técnicas efetuadas, pôde-se partir para a análise e discussão dos resultados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após respondidos os questionários, pôde-se concatenar todas as respostas no APÊNDICE B – RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS. Dessa forma, foi possível formular gráficos, obter informações e avaliar os segmentos.

### 4.1 SEGMENTOS 1 A 11

Foi constatado que todos os segmentos avaliados são de rodovias de pista simples de mão dupla, ou seja, rodovias enquadradas nas classes II ou III da classificação técnica do DNIT. Sabe-se que esse é o tipo de rodovia predominante no Brasil; dada essa relevância, essas vias devem ser projetadas com oportunidades de ultrapassagem aos motoristas. Caso contrário, haverá manobras de ultrapassagem arriscadas. Em rodovias já existentes, uma maneira de se solucionar tal problema é por meio da construção de uma 3ª faixa de rolamento em determinados trechos. Nos segmentos 4 e 6, essa foi a sugestão para sua melhora.

A Figura 49 mostra que 7 dos 11 (64%) segmentos avaliados possuem acostamento.

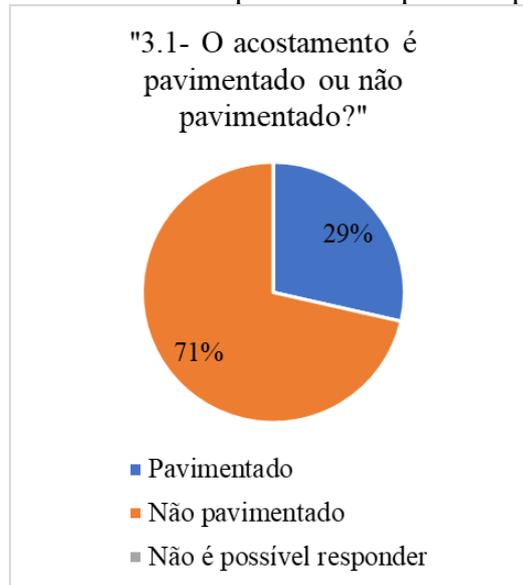
Figura 49 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 2.



Fonte: Autora (2022).

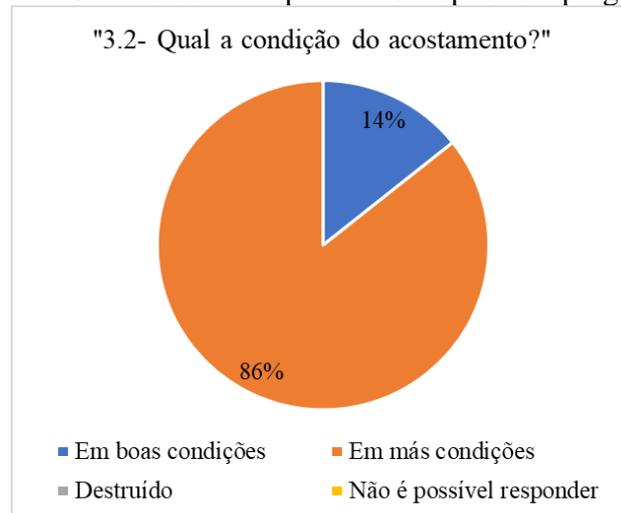
Observa-se na Figura 50 e na Figura 51 que, dos 7 segmentos que possuem acostamento, 5 (71%) são segmentos com acostamentos não pavimentados e 6 (86%) são segmentos com acostamentos em más condições. No caso do segmento 3, uma sugestão de melhora do segmento foi adequar as condições de acostamento.

Figura 50 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 3.1.



Fonte: Autora (2022).

Figura 51 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 3.2.



Fonte: Autora (2022).

Dessa forma, nota-se a insuficiência e a má condição dos acostamentos nas vias. Sendo esse espaço obrigatório e essencial para a parada emergencial de veículos, sua má qualidade ou ausência resultam em problemas graves. No primeiro caso, fazer o restauro do acostamento seria possível e recomendável para a melhora do segmento. A ausência de acostamento, no entanto, é um problema mais grave, pois adicionar largura em rodovias já existentes envolve fatores não só econômicos, mas também sociais e ambientais.

Foi aferido que todos os segmentos avaliados são em curva horizontal. A Figura 52 mostra que em 8 dos 11 (73%) segmentos avaliados não se sente desconforto em relação à superelevação. No entanto, foi constatado que em todos os segmentos, há desconforto em relação ao raio da curva. Isso demonstra uma possível falha no projeto geométrico, que não forneceu uma trajetória natural para o veículo e, provavelmente, não respeitou o valor de raio mínimo da curvatura horizontal. Nos segmentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 11, observou-se que o raio pequeno foi um fator determinante para considera-los segmentos críticos.

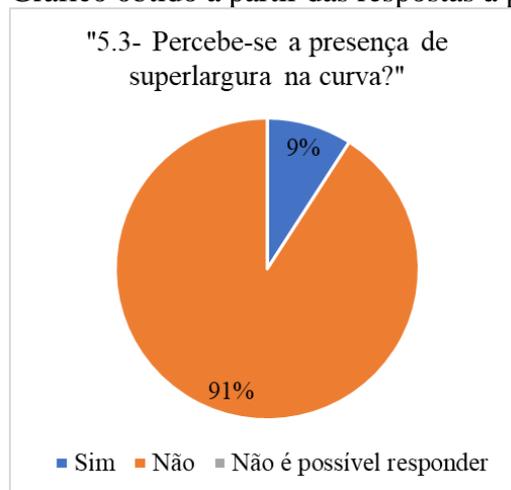
Figura 52 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 5.1.



Fonte: Autora (2022).

A Figura 53 mostra que em apenas 1 dos 11 (9%) segmentos percebe-se a presença de superlargura. Visto que a superlargura serve para compensar o fato de que os veículos não conseguem acompanhar a curvatura da via, por serem rígidos, sua ausência na maioria dos segmentos avaliados é prejudicial para manter o conforto e a segurança do motorista. Aponta-se a pouca largura dos segmentos 4 e 5 como um dos fatores determinantes para considera-los pontos passíveis de melhoria. Também, em relação aos segmentos 5 e 11, o aumento da largura da rodovia foi citado como uma sugestão de melhora.

Figura 53 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 5.3.

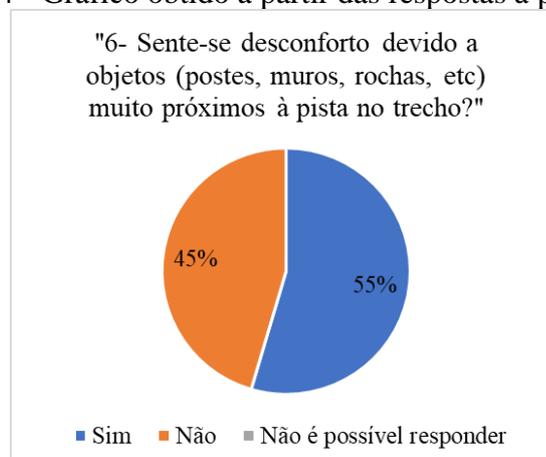


Fonte: Autora (2022).

Nota-se a ausência predominante de superlargura nos segmentos. Assim como no caso dos acostamentos, fazer o restauro da superlargura seria facilmente aplicável e recomendável para a melhora do segmento. A sua ausência, no entanto, é algo mais difícil de se resolver, pois adicionar largura em rodovias já existentes envolve diversos fatores econômicos, sociais e ambientais.

A Figura 54 denota que em 6 dos 11 (55%) segmentos avaliados sente-se desconforto devido a objetos (postes, muros, rochas, etc) muito próximos à pista. Tais objetos constituem pontos de perigo em potencial e restrição psicológica aos motoristas e por isso devem estar suficientemente afastados do bordo da pista. Apesar da ocorrência expressiva, nenhum gerente apontou esse desconforto como um fator determinante para a escolha do segmento como crítico e nem sugeriu adequações em relação aos objetos para o melhoramento do segmento.

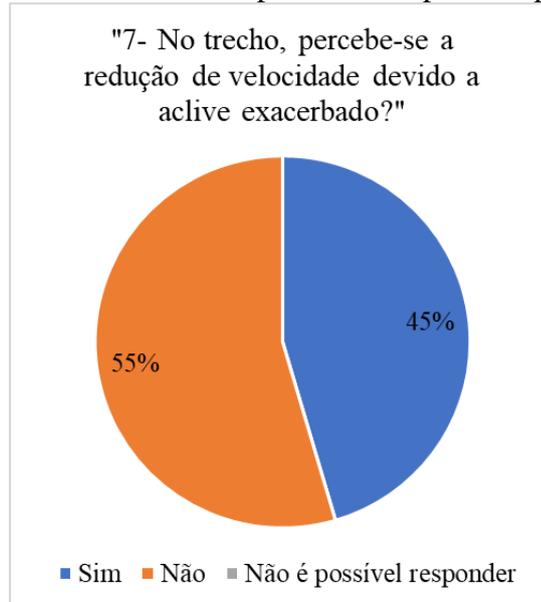
Figura 54 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 6.



Fonte: Autora (2022).

A Figura 55 mostra que em 5 dos 11 (45%) segmentos avaliados percebe-se redução de velocidade devido a rampa vertical acentuada. Conforme anteriormente explicado no item 2.4.5 , a construção de rampas suaves é, geralmente, mais cara, visto que o terreno natural é quase sempre irregular. Tal fator pode ter influência na porcentagem supracitada.

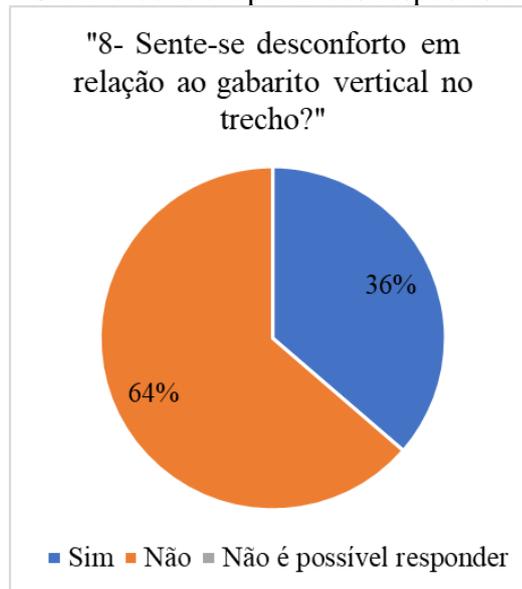
Figura 55 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 7.



Fonte: Autora (2022).

A Figura 56 denota que em 7 dos 11 (64%) segmentos avaliados não se sente desconforto em relação ao gabarito vertical. Nenhum dos gerentes citou esse desconforto como fator determinante para a escolha do segmento como crítico e nem sugeriu adequações em relação ao gabarito vertical para o melhoramento do segmento.

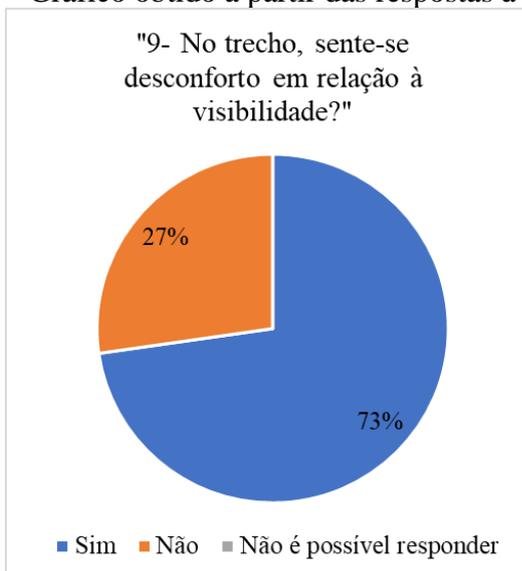
Figura 56 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 8.



Fonte: Autora (2022).

Percebe-se pela Figura 57 que em 8 dos 11 (73%) segmentos avaliados sente-se desconforto em relação à visibilidade. Aponta-se a pouca visibilidade como um dos fatores determinantes para a escolha dos segmentos 4, 5 e 6 como segmentos passíveis de melhoramento.

Figura 57 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 9.



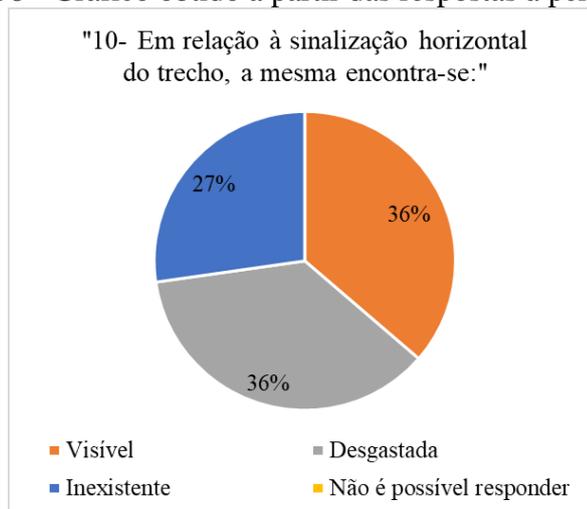
Fonte: Autora (2022).

A porcentagem alta de desconforto em relação à visibilidade revela que as distâncias de visibilidade provavelmente não foram devidamente consideradas na execução do projeto

geométrico. Corrigir aspectos geométricos de rodovias já existentes, no entanto, é uma solução de difícil aplicação.

Em relação à sinalização rodoviária, a Figura 58 denota que em 4 dos 11 (36%) segmentos avaliados a sinalização horizontal encontra-se visível, em 4 dos 11 (36%) encontra-se desgastada e em 3 dos 11 (27%) essa é inexistente.

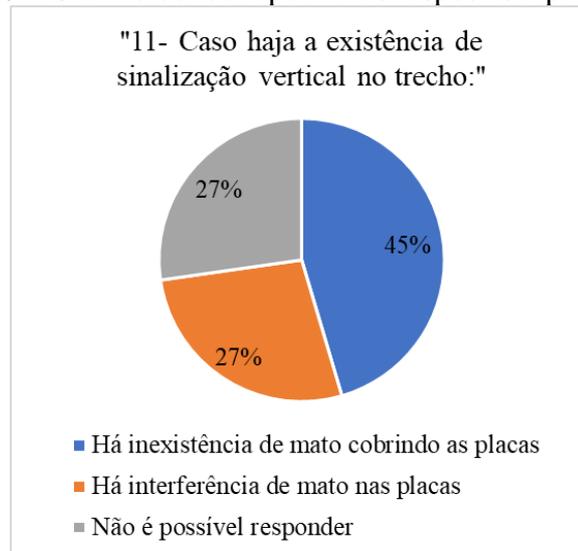
Figura 58 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 10.



Fonte: Autora (2022).

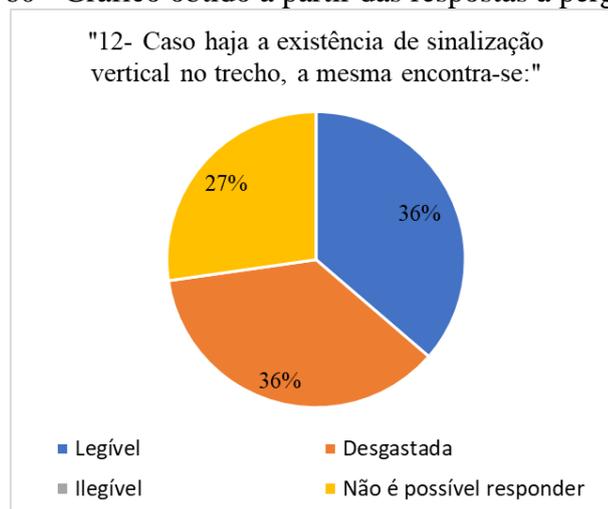
Conforme a Figura 59 e a Figura 60, em 3 dos 11 (27%) segmentos, há vegetação obstruindo as placas e em 4 dos 11 (36%) segmentos a sinalização vertical encontra-se desgastada. Apesar disso, as deficiências na sinalização rodoviária não são apontadas como um fator determinante na escolha dos segmentos como críticos. No entanto, o acréscimo e a adequação da sinalização, tanto vertical quanto horizontal, foram sugeridos como formas de melhoramento dos segmentos 1, 3, 7, 8, 9, 10 e 11.

Figura 59 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 11.



Fonte: Autora (2022).

Figura 60 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 12.



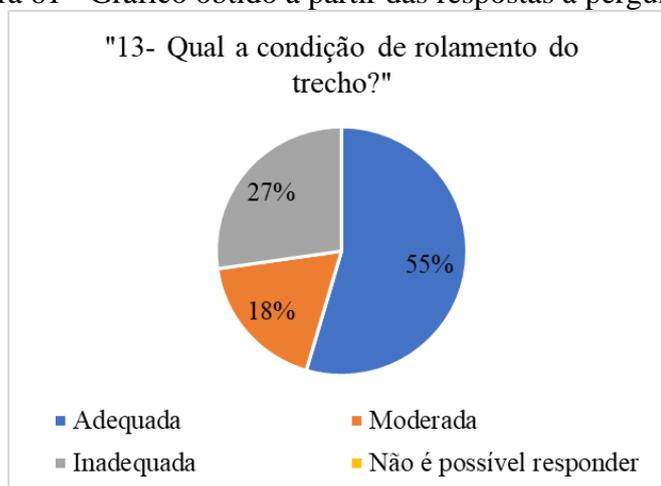
Fonte: Autora (2022).

A implantação e/ou adequação da sinalização rodoviária nos segmentos foi a principal sugestão de melhoramento apresentada, ainda que esse não tenha sido o aspecto que apresentou mais deficiências. O que se percebe é que, na dificuldade de se implementar soluções mais complexas, como o alargamento da via ou a mudança de seu raio, apela-se para a sinalização rodoviária, solução mais barata e facilmente aplicável.

A Figura 61 mostra que 6 dos 11 (55%) segmentos avaliados detêm condição de rolamento adequada e 3 dos 11 (27%) detêm condição de rolamento inadequada, enquanto os 2 (18%) segmentos restantes detêm condição moderada. Aponta-se o desgaste do pavimento como um dos motivos para a escolha do segmento 10 como um segmento passível de

melhoramento. Além disso, para os segmentos 3 e 10, citou-se a restauração do pavimento como sugestão para o seu melhoramento.

Figura 61 - Gráfico obtido a partir das respostas à pergunta 13.



Fonte: Autora (2022).

Visto que as condições de rolamento se mostraram insatisfatórias em boa parte dos segmentos, a restauração mostra-se uma boa sugestão de melhora, pois, apesar de não ser um serviço tão simples quanto a implantação de sinalização, não é tão complexo quanto mudar aspectos geométricos da via.

Além das sugestões de melhoramento anteriormente citadas, a implantação de defensas no segmento 1 e a implantação de redutores de velocidade nos segmentos 1 e 2 foram outras formas de melhoramento citadas.

#### 4.2 SEGMENTOS 12 E 13

O segmento 12 (trecho 1 da Figura 62) é uma curva horizontal à esquerda cuja superelevação encontra-se invertida, ou seja, cujo bordo exterior está mais baixo que o interior, quando deveria ser o contrário. Para entender a motivação de tal alteração, observou-se a drenagem da pista, que encontra-se no passeio, representado pela linha vermelha da Figura 62.

Figura 62 - Vista aérea do segmento 12 (SE-050 em Aracaju).



Fonte: Adaptado de Google Maps (2022).

Percebeu-se que, para manter a drenagem no passeio, evitando-se uma travessia da tubulação para o canteiro central e retorno para o passeio, as superelevações foram mantidas as mesmas nos trechos 1 e 2 da Figura 62. No trecho 2, isso não causou problemas, visto que é uma curva à direita e, por isso, a superelevação resultou no sentido correto. No trecho 1, no entanto, como mostra a Figura 63, isso ocasionou uma superelevação negativa. Essa escolha de projeto priorizou erroneamente uma economia pequena comparada ao incômodo e perigo causados aos usuários da via.

Figura 63 - Superelevação negativa no segmento 12 (SE-050 em Aracaju).



Fonte: Autora (2022).

Em relação ao segmento 13, percebeu-se que, apesar da necessidade de acostamentos ao longo de rodovias, esses foram transformados em estacionamentos no segmento, o que compromete fortemente a largura da faixa de rolamento, como mostra a Figura 64.

Figura 64 – Estacionamento ao longo da rodovia no segmento 13 (SE-100 em Aracaju).



Fonte: Autora (2022).

Além disso, onde não há estacionamentos no segmento, há pontos de parada de ônibus, como mostra a Figura 65. A não existência de uma baia para a parada do ônibus restringe consideravelmente o fluxo do tráfego ao estreitar mais ainda a faixa de rolamento disponível.

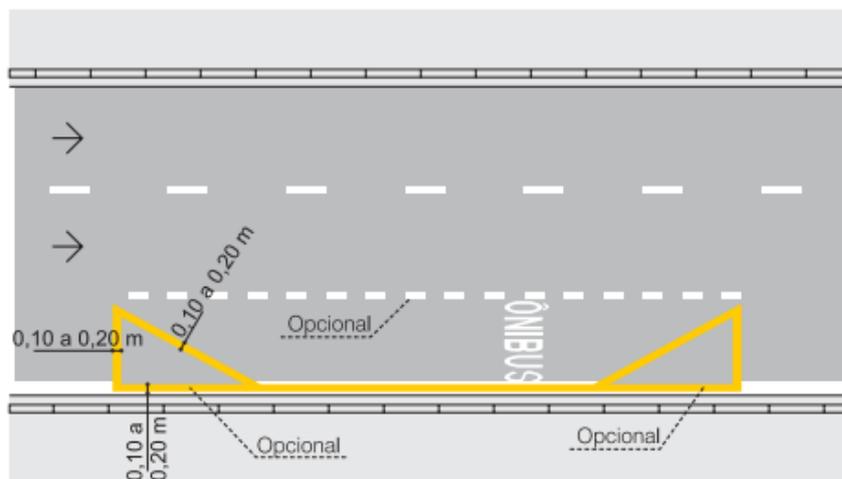
Figura 65 - Ponto de parada de ônibus no segmento 13 (SE-100 em Aracaju).



Fonte: Autora (2022).

Ademais, a inscrição “ônibus” no pavimento está posicionada de maneira equivocada, perpendicularmente ao tráfego; a maneira correta pode ser observada na Figura 66.

Figura 66 - Inscrição correta da palavra "Ônibus" no pavimento.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV (2007a).

Percebe-se, também, pela Figura 67, que houve a disposição de blocos de concreto centrais separando os sentidos de fluxo da rodovia. Idealmente, essa separação deveria ser feita por meio de um canteiro central com a maior largura possível e viável (DNER, 1999). Para além disso, sabe-se que, longitudinalmente aos blocos, deveria haver linhas de bordo

delimitando a parte da pista destinada ao tráfego de veículos. Tratando-se de uma rodovia rural, as linhas de bordo deveriam distar no mínimo 0,50 m da barreira física central.

Figura 67 - Blocos de concreto centrais no segmento 13 (SE-100 em Aracaju).



Fonte: Autora (2022).

A substituição de acostamentos por estacionamentos, a não existência de uma baia para a parada do ônibus e a colocação de blocos centrais separando os sentidos de fluxo da rodovia resulta no impedimento completo da ultrapassagem de veículos. Além disso, caso algum veículo necessite parar na via, para estacionar ou por alguma falha mecânica, ocorre a estagnação total do trânsito no respectivo sentido de tráfego.

Percebe-se que a rodovia SE-100, nesse segmento, foi transformada de maneira inadequada de uma rodovia rural para uma rodovia urbana, com apenas 1 faixa para cada sentido de tráfego com condições precárias.

## 5 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, conseguiu-se caracterizar a importância de haver uma malha rodoviária em condições de operação de tráfego adequadas no que se refere ao conforto e à segurança dos veículos.

Foram identificados e caracterizados 13 pontos deficientes nas rodovias do estado. Os fatores que determinaram esses segmentos como críticos foram: insuficiência e má condição dos acostamentos, curvas com raios pequenos e com pouca visibilidade, rodovias muito estreitas e pavimento desgastado. Desses, o problema mais recorrente foi o desconforto quanto ao raio das curvas. Nos segmentos localizados na capital do estado, Aracaju, as características críticas foram a inversão da superelevação e o estreitamento da faixa de rolamento. Conclui-se que os segmentos apresentam diversos desconfortos e perigos aos usuários da rodovia.

Foram avaliadas e propostas possíveis intervenções visando saneamento ou redução das deficiências nos pontos considerados críticos. As sugestões discutidas para melhoramento dos segmentos incluíram: implantação e adequação de sinalização rodoviária, adequação do raio da curva, construção de uma 3ª faixa de rolamento, implantação de redutores de velocidade, aumento da largura da rodovia, adequação das condições do acostamento, implantação de defensas e restauração do pavimento. A proposta de solução mais sugerida foi a implantação e adequação de sinalização rodoviária, solução mais barata e facilmente aplicável. As deficiências geométricas impõem uma intervenção com investimento mais elevado.

Ao perceber que há diversas deficiências relacionadas à geometria, à sinalização e às condições de superfície nos segmentos analisados, questiona-se a motivação disso. Sabe-se que a maioria das rodovias estaduais de Sergipe foi construída há várias décadas e que, desde então, o tráfego de veículos aumentou e continua aumentando. Ao longo dos anos, também, percebe-se o aumento das dimensões dos veículos e da quantidade de carga que esses carregam. Supõe-se, então, que tais fatores têm influência nas condições de superfície da rodovia e no desconforto e insegurança dos veículos quanto à geometria da via, visto que há dificuldade desses veículos ficarem contidos na faixa de rolamento.

Para além disso, percebe-se que algumas deficiências citadas, como as más condições do acostamento e da sinalização horizontal e vertical, denotam falha de manutenção do órgão rodoviário responsável.

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar o levantamento de custos para saneamento das deficiências nos segmentos críticos identificados nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFOLAYAN, A.; SAMSON, O. A.; EASA, S.; ALAYAKI, F. M.; FOLORUNSO, O. **Reliability-based analysis of highway geometric Elements: A systematic review**. Cogent Engineering, v. 9, 2022. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2021.2004672> >. Acesso em: 08 de abril de 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2021**. 2021. Disponível em: < <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/> >. Acesso em: 01 de fevereiro de 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. 2017. Disponível em: < <https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/190> >. Acesso em: 06 de abril de 2022.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação**. 2007b. Disponível em: < <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/noticias-senatran/manual-brasileiro-de-sinalizacao-de-transito-1> >. Acesso em: 13 de abril de 2022.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume II - Sinalização Vertical de Advertência**. 2007c. Disponível em: < <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/noticias-senatran/manual-brasileiro-de-sinalizacao-de-transito-1> >. Acesso em: 13 de abril de 2022.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume III - Sinalização Vertical de Indicação**. 2014. Disponível em: < <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/noticias-senatran/manual-brasileiro-de-sinalizacao-de-transito-1> >. Acesso em: 13 de abril de 2022.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume IV - Sinalização Horizontal**. 2007a. Disponível em: < <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/noticias-senatran/manual-brasileiro-de-sinalizacao-de-transito-1> >. Acesso em: 13 de abril de 2022.

DA SILVA, O. F. **Classificação funcional e avaliação de defeitos em rodovias não pavimentadas no Amapá**. Cadernos de Geografia. 2020. Disponível em: < <file:///C:/Users/vjroc/Downloads/7148-Article%20Text-33686-1-10-20200706.pdf> >. Acesso em: 08 de abril de 2022.

DEMARCHI, S. H. **Influência dos veículos pesados na capacidade e nível de serviço de rodovias de pista dupla**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Transportes) – Universidade de São Paulo. 2000. Disponível em: < [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-07032018-112201/publico/Tese\\_Demarchi\\_SergioH.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-07032018-112201/publico/Tese_Demarchi_SergioH.pdf) >. Acesso em: 08 de abril de 2022.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA DE SERGIPE. **Objetivo**. 2020. Disponível em: < <https://der.se.gov.br/objetivo/> >. Acesso em: 10 de maio de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. 1999. Disponível em: < [https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe\\_Goulart/Material\\_de\\_Apoio/Artigos%20Extras/Manual%20Projeto%20Geometrico%20-%20DNER.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Artigos%20Extras/Manual%20Projeto%20Geometrico%20-%20DNER.pdf) >. Acesso em: 03 de fevereiro de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Equipamentos redutores de velocidade e seu efeito sobre os acidentes nas rodovias federais**. 2010b. Disponível em: < [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/735\\_redutores\\_velocidade.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/735_redutores_velocidade.pdf) >. Acesso em: 17 de junho de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Institucional**. 2012. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/acesso-a-informacao/institucional> >. Acesso em: 10 de maio de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. 2006a. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/publicacao-ipr-719-manual-de-pavimentacao> >. Acesso em: 14 de abril de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2006b. Disponível em: < [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720\\_manual\\_restauracao\\_pavimentos\\_afalticos.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf) >. Acesso em: 06 de junho de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de sinalização rodoviária**. 2010c. Disponível em: < [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/743\\_manuaisinalizacaorodoviaria.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/743_manuaisinalizacaorodoviaria.pdf) >. Acesso em: 25 de abril de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Nomenclatura das rodovias federais**. 2010a. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/rodovias-federais/nomenclatura-das-rodovias-federais> >. Acesso em: 07 de abril de 2022.

FELIPE JUNIOR, N. F.; PINHEIRO, F. S. **Infraestruturas de transportes e desenvolvimento econômico: uma análise do modal rodoviário no estado de Sergipe**. Confins. 2019. Disponível em: < <https://journals.openedition.org/confins/20243> >. Acesso em: 07 de abril de 2022.

LEE, S. H. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias – Parte 1**. 2000. Disponível em: < <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/projeto-geomc3a9trico-de-estradas-shu-han-lee-apostila.pdf> >. Acesso em: 03 de fevereiro de 2022.

MACEDO, E. L. Noções de Topografia Para Projetos Rodoviários. 2008. Disponível em: < <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/08/capitulo-02.pdf> >. Acesso em: 03 de fevereiro de 2022.

MARVITEC. **Defensa metálica para rodovias**. Disponível em: < <https://www.marvitec.com.br/defensa-metalica-rodovias> >. Acesso em: 15 de junho de 2022.

MATTEI, L. M. “A estrada vai além do que se vê”: uma análise sobre impactos sociais de concessões de rodovias. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Gestão Social) - Universidade Federal da Bahia. 2017. Disponível em: < <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/23785> >. Acesso em: 06 de abril de 2022.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. **Relatório regional de acidentalidade**. 2022.

MORENO, G.; VIEIRA, R.; MARTINS, D. **Highway designs: Effects of heavy vehicles stability**. DYNA, v. 85. 2018. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/journal/496/49657889027/html/> >. Acesso em: 08 de abril de 2022.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; DE ALCANTARA, D.; QUEIROZ, M. **Observando a Qualidade do Lugar: Procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2009. Disponível em: < [www.fau.ufrj.br/proarq](http://www.fau.ufrj.br/proarq) >. Acesso em: 04 de maio de 2022.

VIANA, D. **Projetos rodoviários: curva vertical**. Guia da Engenharia. 2020. Disponível em: < <https://www.guiadaengenharia.com/curva-vertical/> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.

VIANA, D. **Projetos rodoviários: superelevação**. Guia da Engenharia. 2019. Disponível em: < <https://www.guiadaengenharia.com/superelevacao/> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR PERCEPÇÃO DE FUNCIONÁRIOS DO  
DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA DE  
SERGIPE QUANTO A TRECHOS RODOVIÁRIOS PRÉ-DEFINIDOS

### <sup>a</sup> GERÊNCIA EXECUTIVA DOS DISTRITOS RODOVIÁRIOS ESTADUAIS - ESTÂNCIA

Para realizar a pesquisa o participante deve responder as questões abaixo. Nas questões de múltipla escolha, apenas uma opção deverá ser marcada.

#### 1. Caracterização do participante

- Nome: \_\_\_\_\_
- Cargo: \_\_\_\_\_

#### 2. Percepção do participante

##### 2.1. Localização   : \_\_\_\_\_

- 1- Em que tipo de rodovia se encaixa o trecho?
  - Pista simples de mão única – Rodovia com duas ou mais faixas de rolamento em que não se consegue enxergar o outro sentido, seja por ser uma via com um único sentido ou por ser uma pista dupla independente. Ocorre em pista dupla com traçados não coincidentes;
  - Pista dupla com canteiro central – Rodovia com duas ou mais faixas de rolamento em cada sentido, havendo, entre os sentidos opostos, uma separação física que pode ser de qualquer tipo (canteiro central de qualquer dimensão, meio-fio, dispositivo de drenagem etc.);
  - Pista dupla com faixa central – Rodovia com duas ou mais faixas de rolamento em cada sentido, sendo a separação operacional da rodovia uma faixa central (sinalização horizontal);
  - Pista simples de mão dupla – Rodovia com apenas uma faixa de rolamento em cada sentido, sem separação física ou operacional dos fluxos opostos;
  - Não é possível responder.
- 2- Há a presença de acostamentos externos e/ou internos no trecho?
  - Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 3- Caso a resposta ao item anterior tenha sido “Sim”:
  - 3.1- O acostamento é pavimentado ou não pavimentado?
    - Pavimentado;
    - Não pavimentado;
    - Não é possível responder.
  - 3.2- Qual a condição do acostamento?
    - Em boas condições – O acostamento não tem imperfeições ou buracos. Pode ser pavimentado ou não pavimentado. Quando pavimentado, o revestimento asfáltico

existe em toda a seção do acostamento. Nesse caso, a superfície do acostamento não deve possuir a predominância de defeitos graves, tais como buracos. Tampouco se admite a presença de mato e desnível acentuado entre a faixa de rolamento e o acostamento;

- Em más condições – O acostamento pode ser pavimentado ou não pavimentado. Em sua superfície são verificados pequenos buracos, presença de algum mato e/ou desníveis acentuados entre a faixa de rolamento e o acostamento que dificultam a entrada e saída de veículos. Porém ainda há condições de uso;
  - Destruído – O acostamento pode ser pavimentado ou não pavimentado. Em sua superfície são verificados buracos, mato alto e/ou desníveis acentuados entre a faixa de rolamento e o acostamento (ou dentro da largura do acostamento) que impossibilitam a entrada e saída de veículos, não havendo condições de uso;
  - Não é possível responder.
- 4- O traçado do trecho é em curva ou em tangente?
- Curva;
  - Tangente;
  - Não é possível responder.
- 5- Caso a resposta ao item anterior tenha sido “Curva”:
- 5.1- Sente-se desconforto em relação à superelevação no trecho?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 5.2- Sente-se desconforto em relação ao raio da curva?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 5.3- Percebe-se a presença de superlargura na curva?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 6- Sente-se desconforto devido a objetos (postes, muros, rochas, etc) muito próximos à pista no trecho?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 7- No trecho, percebe-se a redução de velocidade devido a aclave exacerbado?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 8- Sente-se desconforto em relação ao gabarito vertical no trecho?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.
- 9- No trecho, sente-se desconforto em relação à visibilidade?
- Sim;
  - Não;
  - Não é possível responder.

- 10- Em relação à sinalização horizontal do trecho, a mesma encontra-se:
- Visível – A seção se encontra inteiramente preenchida, ou seja, a forma da faixa está completa, não havendo desbotamento;
  - Desgastada – A seção das faixas não se apresenta inteira e/ou a forma encontra-se irregular (incompleta), desbotada, com a presença de rachaduras com descolamento da pintura ou em situação de faixas superpostas (pintura anterior por baixo da pintura atual), dificultando a visualização da sinalização que prevalece naquela via. Contudo, ainda é possível sua identificação;
  - Inexistente – A pintura é considerada inexistente quando não há marcações no pavimento (ausência total) ou quando a condição de desgaste impossibilita sua identificação;
  - Não é possível responder.
- 11- Caso haja a existência de sinalização vertical no trecho:
- Há inexistência de mato cobrindo as placas;
  - Há interferência de mato nas placas;
  - Não é possível responder.
- 12- Caso haja a existência de sinalização vertical no trecho, a mesma encontra-se:
- Legível – Os pictogramas e os textos estão em perfeitas condições, sendo, portanto, completamente identificáveis e interpretáveis;
  - Desgastada – Percebe-se a descaracterização parcial de cores e/ou formas, mas é possível reconhecer os pictogramas e textos e identificar a mensagem;
  - Ilegível – A condição de deterioração não permite a leitura da informação e/ou o reconhecimento de mensagens dos pictogramas. Casos comuns de placas ilegíveis são aquelas pichadas, alvejadas ou enferrujadas;
  - Não é possível responder.
- 13- Qual a condição de rolamento do trecho?
- Adequada – A condição de rolamento é boa e o usuário trafega confortavelmente na via, sem a necessidade de reduzir a velocidade. A superfície do pavimento não possui irregularidades e não gera trepidação no veículo;
  - Moderada – A superfície do pavimento apresenta irregularidades que geram trepidação no veículo e afetam, de forma moderada, o conforto e a suavidade no tráfego, bem como ocasionam alguma redução de velocidade;
  - Inadequada – A condição de rolamento está totalmente comprometida pela existência de pavimento destruído ou em péssimo estado de conservação. O usuário trafega com dificuldade e muito desconforto, tendo de reduzir significativamente a velocidade para se deslocar com segurança na rodovia;
  - Não é possível responder.
- 14- Quais os motivos para a escolha deste trecho como um trecho passível de melhoramento?
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 15- Quais as sugestões para o melhoramento deste trecho?
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B – RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS

PERGUNTA	LOCALIZAÇÃO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla	Pista simples de mão dupla
2	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não
3.1	Não pavimentado	Pavimentado	-	Não pavimentado	Não pavimentado	-	Não pavimentado	Não pavimentado	-	Pavimentado	-
3.2	Em más condições	Em boas condições	-	Em más condições	Em más condições	-	Em más condições	Em más condições	-	Em más condições	-
4	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva	Curva
5.1	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
5.2	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
5.3	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
6	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
7	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
8	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
9	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
10	Inexistente	Vível	Inexistente	Vível	Vível	Desgastada	Desgastada	Desgastada	Desgastada	Inexistente	Vível
11	Há inexistência de mato cobrindo as placas	Há inexistência de mato cobrindo as placas	Há inexistência de mato cobrindo as placas	Há inexistência de mato cobrindo as placas	Há inexistência de mato cobrindo as placas	Há interferência de mato nas placas	Há inexistência de mato cobrindo as placas	Não é possível responder	Não é possível responder	Não é possível responder	Há interferência de mato nas placas
12	Legível	Legível	Desgastada	Legível	Legível	Desgastada	Desgastada	Não é possível responder	Não é possível responder	Não é possível responder	Desgastada
13	Moderada	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada	Moderada	Adequada	Adequada	Adequada	Inadequada	Adequada
14	Angulação e inclinação	Angulação	Angulação	Curva acentuada, pouca visualização e rodovia com pouca largura	Curva acentuada, pouca visualização e rodovia estreita	Curva acentuada com pouca visualização	Por se tratar de um local de bastante tráfego	Entrada e saída de veículos constantes e por se tratar de uma curva acentuada	Curva acentuada	Trecho sinuoso com pavimento desgastado	Curva acentuada
15	Implantação de defensas, redutores de velocidade e mais sinalização	Redutores de velocidade	Sinalização, melhorar as condições das faixas de rolamento, acostamento	A construção de uma 3a faixa	Aumentando a largura da rodovia	Construção de uma 3a faixa e aumentando a largura da rodovia	Melhoria de sinalização (horizontal e vertical). Melhoria na inclinação da curva	Sinalização e inclinação	Inclinação e sinalização	Restauração no pavimento e melhoria da sinalização	Alargamento, inclinação e sinalização