



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Civil



**MATHEUS MELO CÂMARA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE PROJETO FUNCIONAL PARA SEGURANÇA  
E ACESSIBILIDADE EM ENTRONCAMENTO RODOFERROVIÁRIO: UM  
ESTUDO DE CASO EM UBERABA**

**UBERLÂNDIA**

**2025**

**MATHEUS MELO CÂMARA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE PROJETO FUNCIONAL PARA SEGURANÇA  
E ACESSIBILIDADE EM ENTRONCAMENTO RODOFERROVIÁRIO: UM  
ESTUDO DE CASO EM UBERABA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
parte dos requisitos necessários para obtenção  
do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lemos Ribeiro

**UBERLÂNDIA**

**2024**

## **RESUMO**

No Brasil, as ferrovias são vitais para o transporte de cargas, especialmente produtos agrícolas, matérias-primas e produtos industriais. Além de aliviar o congestionamento nas estradas, elas oferecem uma conexão crucial entre centros urbanos e portos, impulsionando o comércio nacional e internacional. O modal ferroviário é o mais indicado para movimentar cargas pesadas e a longas distâncias; sua presença contribui para o desenvolvimento econômico regional, atraindo investimentos e estimulando o crescimento industrial. Em Uberaba não foi diferente, e a cidade cresceu em torno da ferrovia, o que gerou um problema de coexistência e de perigo para a população, que deve estar atenta ao tráfego dos trens para evitar sinistros. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar os trechos de entroncamento rodoferroviários em nível, identificando possíveis falhas de sinalização e de concepção da via, além de propor um projeto funcional para aumentar a segurança neste local.

Palavras chaves: Cruzamentos rodoferroviários, sinalização, sinistros de trânsito, acessibilidade.

## **ABSTRACT**

In Brazil, railways are vital for cargo transportation, especially agricultural products, raw materials, and industrial goods. Besides alleviating congestion on the roads, they offer a crucial connection between urban centers and ports, boosting national and international trade. The railway mode is the most suitable for moving heavy loads over long distances; thus, its presence promotes local economic development, attracting investments and stimulating industrial growth. In Uberaba, it was no different, and the city grew around the railway. Thus, a problem of coexistence and danger arises for the population, who must always be attentive to train traffic to avoid crashes. Therefore, this work aims to analyze the sections of road-railway level crossings, identifying possible signaling and road design errors, and proposing a final functional project to improve safety in this location.

Keywords: Railroad-grade crossings, signaling, crashes, accessibility.

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1: Estrutura do trabalho  
Figura 2: Placa R-19, Velocidade máxima permitida  
Figura 3: Placa A-6, Cruzamento de vias  
Figura 4: Exemplo de placa de indicação  
Figura 5: Entroncamento da Rua Espanha  
Figura 6: Triângulo de visibilidade do caso A  
Figura 7: Triângulo de visibilidade do caso B  
Figura 8: Calçadas ideias  
Figura 9: Método do trabalho  
Figura 10: Passos para a sinalização adequada de cruzamentos rodoviários  
Figura 11: Triângulo de visibilidade do caso A  
Figura 12: triangulo de visibilidade caso A na rua Espanha  
Figura 13: triangulo de visibilidade caso A na rua Carlos Tasso  
Figura 14: Triângulo de visibilidade do caso B  
Figura 15: triangulo de visibilidade caso B na rua Espanha  
Figura 16: triangulo de visibilidade caso B na rua Carlos Tasso  
Figura 17: Rua Espanha, Uberaba-MG  
Figura 18: Fotos do sentido Leste da Rua Espanha – sinalização vertical  
Figura 19 Fotos do sentido Oeste da Rua Espanha – sinalização vertical  
Figura 20: Fotos do sentido Leste da Rua Espanha – sinalização horizontal  
Figura 21: Fotos do sentido Oeste da Rua Espanha – sinalização horizontal  
Figura 22: Sentido Leste se aproximando da PN. Lombada e tachões  
Figura 23: Sentido Oeste se aproximando da PN. Lombada e tachões  
Figura 24: Sentido Oeste se aproximando da PN. Cancela  
Figura 25: Desrespeito de sinalização e má operação de cancela  
Figura 26: Calçadas na Rua Espanha  
Figura 27: Travessia na Rua Espanha  
Figura 28: Rua Carlos Tasso, Uberaba-MG  
Figura 29: Fotos do sentido Oeste da Rua Carlos Tasso - sinalização vertical  
Figura 30: Fotos do sentido Leste da Rua Carlos Tasso - sinalização vertical  
Figura 31: Fotos do sentido Oeste da Rua Carlos Tasso– sinalização horizontal  
Figura 32: Fotos do sentido Leste da Rua Carlos Tasso– sinalização horizontal

Figura 33: Desrespeito de sinalização com trem cruzando a via

Figura 34: Passagem de pedestre da Rua Carlos Tasso

Figura 35: Calçadas da rua Carlos Tasso

Figura 36: Cancela e sinalização adotados – visão frontal

Figura 37: Cancela e sinalização adotados – visão superior

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Princípios da sinalização

Tabela 2: Resumo dos cálculos do triângulo de visibilidade

Tabela 3: Cálculo do F

Tabela 4: Sinalização adequada pelo cálculo do MC

Tabela 5: Equivalência de veículos

Tabela 6: Contagem de veículos

Tabela 7: Sinalização adequada pelo cálculo do MC

Tabela 8: Placas no trecho da Rua Espanha

Tabela 9: Resumo de sinalização vertical

Tabela 10: Placas que faltam no trecho da Rua Espanha

Tabela 11: Sinalização horizontal do trecho da Rua Espanha

Tabela 12: Resumo de sinalização horizontal

Tabela 13: Sinalização que falta no trecho da Rua Espanha

Tabela 14: Placas no trecho da Rua Carlos Tasso

Tabela 15: Placas no trecho da Rua Carlos Tasso

Tabela 16: Sinalização horizontal no trecho da Rua Carlos Tasso

Tabela 17: Sinalização horizontal que falta no trecho da Rua Carlos Tasso

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS AUXILIARES.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1. Sinalização vertical.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2. Sinalização horizontal .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.3. Dispositivos auxiliares .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. SINALIZAÇÃO EM CRUZAMENTOS RODOFERROVIARIOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1. Caso A – Veículo em movimento e se aproximando da PN (Passagem em Nível).....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2. Caso B – Veículo parado .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. CÁLCULO DO TRIÂNGULO DE VISIBILIDADE .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1. Caso A - Veículo em movimento e se aproximando da PN .....</b>	<b>23</b>
2.4.1.1. Cálculo do Dh.....	23
2.4.1.2. Cálculo do DTa.....	23
<b>2.4.2. Caso B .....</b>	<b>24</b>
2.4.2.1. Cálculo do DTb .....	24
<b>2.4.3. Tabela do triângulo de visibilidade .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5. GRAU DE IMPORTÂNCIA (GI) .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.1. Valor de f .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6. MOMENTO DE CIRCULAÇÃO (MC).....</b>	<b>28</b>
<b>2.7. ACESSIBILIDADE URBANA.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.1 Sinalização tátil .....</b>	<b>30</b>
<b>2.7.2 Piso externo .....</b>	<b>32</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>

<b>4. ESTUDO DE CASO.....</b>	38
<b>4.1 CÁLCULO DO TRIÂNGULO DE VISIBILIDADE .....</b>	40
<b>4.1.1 Caso A - Veículo em movimento e se aproximando da PN .....</b>	40
<b>4.1.2 Caso B - Veículo parado.....</b>	42
<b>4.2 CÁLCULO DO MOVIMENTO DE CIRCULAÇÃO.....</b>	44
Fonte: ABNT NBR 15942:2019.....	48
<b>4.3. ANÁLISE ATUAL DO ENTRONCAMENTO NA RUA ESPANHA .....</b>	49
<b>4.3.1. Análise da sinalização.....</b>	49
4.3.1.1. Sinalização vertical.....	49
4.1.1.2. Sinalização horizontal.....	55
4.3.1.3 Sinalização semafórica .....	58
4.3.1.4 Sinalização acústica.....	59
4.3.1.5 Dispositivos auxiliares.....	59
<b>4.3.2 Acessibilidade.....</b>	63
<b>4.4. ANÁLISE ATUAL DO ENTRONCAMENTO NA RUA CARLOS TASSO .....</b>	65
<b>4.4.1. Análise da sinalização.....</b>	66
4.4.1.1. Sinalização vertical.....	66
4.4.1.2. Sinalização horizontal.....	72
4.4.1.3 Sinalização semafórica .....	75
4.4.1.4 Sinalização acústica .....	76
4.4.1.5 Dispositivos auxiliares.....	77
<b>4.4.2 Acessibilidade.....</b>	77
<b>5. PROPOSTA E DISCUSSÕES.....</b>	80
<b>5.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL .....</b>	82
<b>5.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL .....</b>	83
<b>5.3 DISPOSITIVOS AUXILIARES.....</b>	83

<b>5.4 ACESSIBILIDADE .....</b>	84
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	85
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	87

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Agência Nacional de Transportes Terrestres ANTT (2023) houve no Brasil cerca de 13.066 sinistros envolvendo veículos ferroviários nos anos de 2004 até 2023. E apenas no ano de 2023 ocorreram 655 sinistros, dos quais 221 considerados graves, resultando em mortes, pessoa hospitalizada e prejuízos superiores a R\$ 2 milhões. Esses números alarmantes evidenciam um grave problema crônico de segurança ferroviária no país.

Infelizmente, esses sinistros são recorrentes, uma vez que a malha ferroviária brasileira conta com mais de 5 mil cruzamentos, e a maior parte dos acidentes decorrentes da imprudência e da falta de atenção dos usuários das vias. A ausência de infraestrutura adequada e de medidas eficazes de segurança agrava ainda mais a situação. Entretanto, tem-se condições de aprimorar a segurança nesses cruzamentos, através de projetos de sinalização, projetos de educação no trânsito e projetos geométricos das vias que circundam o entroncamento, além da própria ferrovia.

O estudo além da infraestrutura e planejamento no processo de urbanização de Uberaba, MG, realizado por Minaré (2023), evidencia que a linha ferroviária da Mogiana foi extremamente importante para o desenvolvimento da cidade. No entanto, o crescimento urbano desordenado em torno da ferrovia tem intensificado os riscos associados aos cruzamentos em nível. Já que sua localização estratégica conectava as regiões sudeste e central do país fomentando o comércio e trocas culturais. Com o aumento da população e do tráfego urbano, os conflitos entre veículos, pedestres e trens tornaram-se mais frequentes, evidenciando a necessidade de intervenções urgentes. Na década de 1960, no Distrito Federal, ferrovias e rodovias passaram a receber cada vez mais investimentos, o que impulsionou um aumento no número de indústrias, comércio e população. Nessa época, Uberaba consolidou-se como uma cidade de porte médio com influência econômica e política no Triângulo Mineiro. Vale ressaltar que, de acordo com Minaré (2023), os primeiros loteamentos e investimentos sempre eram no entorno das linhas férreas.

Na cidade de Uberaba, MG, temos a Estação Uberaba FCA-VLI, localizada no bairro Boa Vista. Logo na saída da estação, dois entroncamentos em nível na rua Espanha e na rua Carlos Tasso Rodrigues da Cunha representam pontos críticos de segurança. Essa área selecionada é praticamente residencial, com condomínios verticais, escolas municipais e estaduais, praças, igrejas e pequenos comércios, portanto é uma área movimentada e com presença de crianças. A falta de infraestrutura adequada nesses cruzamentos coloca em risco a vida dos moradores, especialmente das crianças que frequentam as escolas próximas. Analisando previamente as ruas escolhidas pelo *Google Maps* temos duas vias de mão dupla, com velocidade limite de 40km/h, com pouca sinalização e sem acessibilidade e calçadas ideais para o trânsito de pedestres. Essa precariedade estrutural pode gerar inúmeros conflitos, principalmente em condições climáticas adversas, aumentando a probabilidade de sinistros graves.

Em Uberaba, é comum sinistros com trens, principalmente em cruzamentos que não são fiscalizados ou que não possuem estrutura adequada para os transeuntes. A prefeitura já tentou instalar passarelas que interligam bairros, e grades para isolar e não permitir a entrada da população na linha férrea. Entretanto, segundo reportagem do site G1 (2019), a população local já denunciou em 2019 que equipamentos de iluminação da passarela foram roubados, e a travessia apresenta estado de abandono com mato alto, acúmulo de lixo e falta de barreiras físicas. Essa falta de manutenção e fiscalização compromete a eficiência das medidas tomadas e agrava o problema de segurança pública.

Ainda de acordo com o G1 (2013), em 2013 uma criança de 12 anos perdeu parte do pé direito após ter sido atropelada por uma locomotiva, e em 2008, foi reportado pelo jornal O Tempo, a morte de uma criança de 8 anos. Em ambos os casos, as crianças estavam brincando de pegar carona nos trens, se desequilibraram e a tragédia aconteceu, segundo moradores, essas brincadeiras são bastante comuns. Esses incidentes não são casos isolados, mas sim reflexos de um problema social e estrutural que necessita de soluções imediatas. Vale a pena ressaltar, que na área selecionada, temos escolas por perto e, portanto, bastante movimento de menores de idade.

Nesse sentido, diante da gravidade dos problemas identificados, este estudo tem como propósito avaliar esses entroncamentos rodoviários na cidade de Uberaba e propor soluções através de projeto funcional de adequação geométrica e sinalização com a finalidade de aumentar a segurança e prevenir novos sinistros de trânsito.

## 1.1.OBJETIVOS

O presente trabalho tem como principal objetivo realizar uma inspeção viária e avaliar a segurança de entroncamentos rodoviários em nível na cidade de Uberaba/MG. Além disso, propõe um projeto funcional que atenda todos os requisitos das normas e órgãos responsáveis.

Já os objetivos secundários são listar os conflitos na interseção entre pedestres, motoristas e composição ferroviária; listar possíveis interferências do ambiente, como chuva, falta de iluminação, arborização, qualidade do pavimento e acessibilidade; listar as qualidades das sinalizações verticais, horizontais e sonoras; e listar aparelhos de segurança como barreiras e cancelas de tráfego.

Desse modo, os seguintes objetivos específicos são estabelecidos:

- a) Analisar os dados dos sinistros de trânsito dos últimos anos;
- b) Analisar as condições de acessibilidade do local;
- c) Analisar o projeto geométrico local;
- d) Analisar a sinalização vertical e horizontal, conforme as normas definidas pelos respectivos Manuais do CONTRAN;
- e) Realizar uma inspeção de segurança viária do local;
- f) Diagnosticar as condições de segurança e acessibilidade do local.

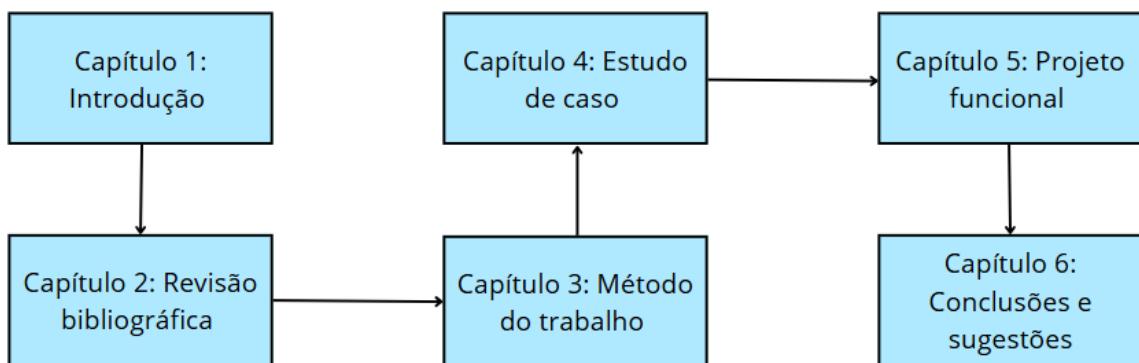
## 1.2. JUSTIFICATIVA

Devido à grande importância socioeconômica das ferrovias para a região em questão e à inflexibilidade de seu trajeto, há a necessidade de melhorar o convívio das composições ferroviárias em meio urbano, visando uma redução nos índices de

sinistros. É importante destacar que locomotivas e vagões têm dificuldade em frear rapidamente, necessitando de grandes distâncias para parar o veículo, o que aumenta o risco de sinistros resultando em ferimentos, danos materiais e até a morte dos usuários do sistema, além de prejuízos financeiros.

Os custos decorrentes desses sinistros são elevados, uma vez que, além da necessidade de realizar a manutenção e o reparo das locomotivas, vagões e da própria linha ferroviária, há também a ocorrência de transtornos na via, ocasionando atrasos na entrega das mercadorias e possíveis congestionamentos. Devido à dificuldade das locomotivas e vagões em frear, necessitando de grandes distâncias para parar o veículo, o risco de sinistros aumenta. Dessa forma, para evitar os sinistros nos mais de 5 mil cruzamentos existentes, deve-se estudar formas de sinalização e geometrias adequadas. Em seguida, foi realizada uma revisão bibliográfica para fundamentar a proposta do melhor projeto para a região estudada. A figura 1 ilustra a estrutura do trabalho.

Figura 1: Estrutura do trabalho



Fonte: Autor (2025)

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Para a proposição de um projeto funcional, identificou-se a necessidade de realizar uma revisão bibliográfica sobre sinalização em vias urbanas e cruzamentos. Neste trabalho, utilizou-se como principal referência o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I ao IX elaborado pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), e complementado por algumas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O volume IX do manual está dividido em duas seções, a primeira trata dos cruzamentos com trens e a segunda referente aos cruzamentos com veículos leves sobre trilhos (VLTs); essa distinção ocorre, pois, esses meios de transporte possuem características operacionais diferentes com consequentes diferenças no tipo de inserção com o sistema viário.

Dado que os modos ferroviário e rodoviário possuem suas próprias especificidades e dinâmicas operacionais, as passagens de nível configuram-se como pontos críticos e sensíveis, demandando medidas adicionais de segurança tanto para a travessia quanto para o ambiente ao redor (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume IX, Cruzamentos Rodoferroviários). Tais medidas são essenciais para prevenir sinistros, que frequentemente apresentam alto potencial de gravidade e letalidade. De fato, os sinistros em passagens em nível trazem uma grande preocupação para as concessionárias do transporte ferroviário, órgãos governamentais e população, pois, além dos seus impactos sociais, paralisam e retardam o transporte ferroviário, gerando inúmeros prejuízos financeiros e logísticos.

### 2.1. SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS AUXILIARES

Com o objetivo de aumentar a segurança nesses cruzamentos foram criados normas e manuais que fornecem critérios para sinalizações verticais, horizontais, semafóricas, e outros dispositivos de segurança como cancelas e lombadas. É importante mencionar que todos esses atributos devem seguir princípios básicos: legalidade, padronização, suficiência, clareza, precisão e confiabilidade, visibilidade e legibilidade, manutenção e conservação. A Tabela 1 demonstra os princípios da sinalização que devem ser respeitados em todos os projetos de sinalização com o objetivo de manter a qualidade das informações e segurança nas

vias.

Tabela 1: Princípios da sinalização

PRINCÍPIO	DESCRIÇÃO
Legalidade	Obedecer ao Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e legislação complementar.
Padronização	Seguir um padrão legalmente estabelecido conforme as normas vigentes no país
Suficiência	Quantidade de sinalização compatível com a necessidade.
Clareza	Transmitir mensagens de fácil compreensão e sem conflito
Precisão e confiabilidade	Ser precisa e confiável e sempre atualizada da situação existente
Visibilidade e legibilidade	Ser perfeitamente visível e legível durante o dia e a noite à distância e tempo necessários.
Manutenção e conservação	Estar permanentemente limpa, conservada, fixada e visível

Fonte: CONTRAN (2022).

### 2.1.1. Sinalização vertical

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização do CONTRAM, a sinalização vertical é um subsistema de sinalização viária estabelecida através de placas, painéis ou dispositivos, que estão na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela. Esse tipo de sinalização tem o objetivo de regulamentar do uso da via, advertir o usuário para situações perigosas, o fornecer indicações, orientações, informações e mensagens educativas

Como existem diversas placas, houve a necessidade de uma padronização delas permitindo que o usuário tenha uma compreensão mais rápida da mensagem, esses padrões são feitos basicamente pelas diferenças de cores e formatos das placas, e

são objeto de resolução do CONTRAN e devem ser rigorosamente seguidos. A uniformização faz uso de sete cores, cada cor para uma finalidade, mas sinalização vertical é dividida em três grupos: 1) de regulamentação, 2) de advertência e 3) de indicação.

Os sinais de regulamentação têm o objetivo de notificar o usuário sobre as restrições, proibições e obrigações que governam o uso da via e cuja violação constitui infração no CTB. Seu padrão é normalmente circular, da orla vermelha e o fundo de cor branca, símbolo ou legenda na cor preta, e ainda uma tarja diagonal vermelha no caso dos sinais de proibição. (CONTRAN,2022).

Figura 2: Placa R-19, Velocidade máxima permitida



Fonte: CONTRAN (2022).

Os sinais de advertência têm o objetivo de alertar aos usuários as condições potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou adjacentes a ela, indicando a natureza dessas situações à frente, quer sejam permanentes ou eventuais. Elas advertem o motorista para situações que exigem cuidados adicionais e reações de intensidade diversa. Esses problemas podem ser curvas, interseções, estreitamentos de pista, condições de superfície da pista, declives acentuados, cruzamentos em nível, passagens de nível, passagem de pedestres. (CONTRAN,2022).

A aplicação da sinalização de advertência deve ser feita após diversos estudos de engenharia, que considerem aspectos físicos, geométricos, operacionais, ambientais, dados estatísticos de sinistros, uso e ocupação do solo lindeiro, ela também depende de um exame apurado das condições do local e do conhecimento do comportamento dos usuários da via. Esses estudos são importantes pois essa sinalização não deve ter o seu uso indiscriminado ou excessivo. A forma padrão

dos sinais de advertência é a quadrada, devendo uma das diagonais ficar na posição vertical, e as cores são: amarela e preta. (CONTRAN ,2022).

Figura 3: Placa A-6, Cruzamento de vias



Fonte: CONTRAN (2022).

A sinalização vertical de indicação tem a finalidade de identificar as vias e os locais de interesse, orientar condutores de veículos e pedestres quanto aos percursos, destinos, acessos, identificar pontos geográficos de referência, distâncias, serviços auxiliares (posto de abastecimento e restaurantes) e atrativos turísticos, e ter a função a educar o usuário. (CONTRAN ,2022).

Como elas possuem muitas funções, precisa-se ter o cuidado de não exagerar em muitas informações em uma só placa. A sinalização vertical de indicação é composta por diversas cores dependendo de sua função podendo ser branca, marrom, azul, verde e amarela, além disso, ela contém símbolos, pictogramas, setas e diagramas que facilitam a compreensão do condutor. (CONTRAN ,2022).

Figura 4: Exemplo de placa de indicação



Fonte: CONTRAN (2022).

### **2.1.2. Sinalização horizontal**

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2022) define-se a sinalização rodoviária horizontal como o conjunto de marcas,

símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento de uma rodovia, de acordo com um projeto desenvolvido, para propiciar condições adequadas de segurança e conforto aos usuários. Ela tem a vantagem de transmitir informações e advertências aos motoristas, sem que estes desviem sua atenção da rodovia. É dividida em: marcas longitudinais, marcas transversais, marcas de canalização, marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento, inscrições no pavimento.

As marcas longitudinais mais comumente encontradas nas rodovias têm a função de definir os limites da pista de rolamento, de orientar a trajetória dos veículos, ordenando-os por faixas de tráfego, de regulamentar as possíveis manobras de mudança de faixa ou de ultrapassagem. Além dessas funções, podem regulamentar as faixas de uso exclusivo ou preferencial de espécie de veículos (ônibus ou bicicleta) e faixas reversíveis. (CONTRAN,2022).

As marcas transversais ordenam os deslocamentos de veículos e de pedestres, induzem à redução de velocidade e indicam posições de parada em interseções e travessias de pedestres. Nesse trabalho, destaca-se a marcação de cruzamento rodoviário que é um conjunto formado por um par de linhas de retenção (LRE) e inscrição no pavimento do tipo Cruz de Santo André, precedida e sucedida por linhas transversais contínuas, em cada faixa de rolamento, todos na cor branca, para indicar ao condutor da existência de um cruzamento em nível com uma ferrovia à frente e o local de parada. (CONTRAN,2022).

As marcas de canalização são constituídas por zebração de preenchimento de área de pavimento não utilizável (ZPA) e linhas contínuas de canalização, e são usadas para direcionar os fluxos veiculares em situações que provoquem alterações na trajetória natural, como nas interseções, nas mudanças de alinhamento da via e nos acessos. O zebração de preenchimento é composto por linhas diagonais posicionadas em função do sentido do fluxo, de tal forma a sempre conduzir o veículo para a pista trafegável, e formando um ângulo  $\alpha$ , igual ou próximo de  $45^\circ$ , com a linha de canalização que lhe é adjacente. (CONTRAN,2022).

As marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento delimitam e controlam o estacionamento e a parada de veículos e podem acompanhar a

sinalização vertical de regulamentação. E por fim as inscrições no pavimento se apresentam como setas, símbolos ou legendas, aplicados sobre as faixas ou sobre a pista de rolamento, com o objetivo de advertir, orientar e complementar a regulamentação do tráfego, ampliando a percepção do condutor quanto às condições de operação da via e permitindo tomar a decisão adequada na condução do veículo. (CONTRAN,2022).

### **2.1.3. Dispositivos auxiliares**

Segundo o Manual Brasileiro de Dispositivos Auxiliares do CONTRAN (2022), os dispositivos auxiliares são elementos aplicados na via ou em obstáculos próximos a ela, de forma a tornar mais eficiente e segura a operação do trânsito. São constituídos de materiais, formas e cores diversas, dotados ou não de retro refletividade, com as funções de incrementar a visibilidade da sinalização, do alinhamento da via e dos obstáculos à circulação, reduzir a velocidade do trânsito, reduzir os sinistros e minimizar sua severidade, alertar os condutores quanto a situações de perigo potencial, em caráter permanente ou temporário, fornecer proteção aos usuários da via e da ocupação lindeira, controlar o acesso de veículos em determinadas vias, áreas e passagens de nível.

Eles possuem 10 classificações: dispositivos delimitadores, dispositivos de canalização, dispositivos de sinalização de alerta, alterações nas características do pavimento, dispositivos de contenção veicular, barreiras antiofuscamento e acústica, dispositivos de proteção para pedestres e/ou ciclistas, dispositivos luminosos, dispositivos de uso temporário, dispositivos de controle de acesso. Nesse trabalho vamos destacar a tacha, ondulação transversal, sonorizador, gradil, pilaretes, que vão servir para aumentar a segurança nas passagens de nível. (CONTRAN ,2022).

## **2.2. SINALIZAÇÃO EM CRUZAMENTOS RODOFERROVIARIOS**

O Código de Trânsito Brasileiro, define passagem em nível como todo cruzamento de nível entre uma via e uma linha férrea ou trilho de bonde com pista própria. Considerando-se que as passagens em nível são locais de fluxos heterogêneos, verifica-se a necessidade de regularização da sinalização para o trânsito nos

cruzamentos, objetivando a preservação da vida e da segurança de todos os intervenientes no trânsito. Além disso, é importante ressaltar que nesse caso, o trem tem prioridade sobre os outros usuários da via, pois devido ao seu peso e velocidade, ele percorre uma maior distância para realizar uma parada completa. (CONTRAN, 2022). A figura 5 apresenta o entroncamento da Rua Espanha para exemplificar uma passagem em nível.

Figura 5: Entroncamento da Rua Espanha



Fonte: *Google Maps* (2025)

Nos cruzamentos rodoferroviários, utilizam-se diferentes elementos de sinalização nas vias rodoviária e ferroviária. Embora a sinalização em ambos os casos seja igualmente essencial para assegurar a fluidez e segurança na área de influência da passagem de nível (PN), a sinalização rodoviária é voltada especificamente para pedestres e motoristas de veículos rodoviários. Em contrapartida, a sinalização ferroviária é destinada aos operadores dos veículos ferroviários, alertando-os sobre a existência da PN e outras condições relacionadas ao tráfego ferroviário. Dessa maneira a sinalização rodoviária deve estar conforme com o CTB e as normas ABNT, já a sinalização ferroviária deve seguir o regulamento de operação ferroviária (ROF) da concessionária e com as normas técnicas aplicáveis à ferrovia.

O Código de Trânsito Brasileiro (2020) define sinalização como o conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança colocados na via pública com o objetivo de garantir sua utilização adequada, possibilitando melhor fluidez no trânsito e maior segurança dos veículos e pedestres que nela circulam. Seguindo o

Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito em Cruzamentos Rodoferroviários, nas PN's pode-se adotar sinais e dispositivos ativos ou passivos, para realizar a escolha correta deles precisa-se aplicar classificações, índices e conceitos descritos nas normas da ABNT, os principais, são: grau de importância (GI), momento de circulação (MC), triângulo de visibilidade, classificação rodoviária.

Na proteção passiva, os sinais e dispositivos permanecem constantes ao longo do tempo, sem alterações, independentemente da presença ou aproximação de veículos ferroviários na travessia. Já na proteção ativa, os sinais e/ou dispositivos mudam conforme o tempo, indicando a presença de um trem no trecho. Vale destacar que, em todas as PN's, sejam elas equipadas com proteção passiva ou ativa, sempre haverá, no mínimo, alguns elementos de proteção passiva presentes. Os elementos de proteção passiva consistem em sinalização vertical e horizontal, além de dispositivos auxiliares, como tachas, cilindros delimitadores e gradis. Já os elementos de proteção ativa incluem sinais manuais, sonoros, luminosos, sinalização semafórica, cancelas e bandeiras, que podem ser acionados manualmente ou por equipamentos automáticos (CONTRAN,2022).

### **2.3. TRIÂNGULO DE VISIBILIDADE**

De acordo com a ABNT NBR 7613: 2020, o triângulo de visibilidade em passagens de nível (PN) é um conceito de segurança que garante que os condutores de veículos rodoviários possam ver a aproximação de uma composição ferroviária, independentemente do lado de onde ela venha, seja pela esquerda ou pela direita. Esse triângulo define a área livre de obstruções visuais em ambos os lados da passagem, permitindo que o motorista tenha visibilidade suficiente para identificar a chegada de um trem com antecedência, reduzindo o risco de colisões. É uma medida essencial para evitar sinistros em cruzamentos entre rodovias e ferrovias.

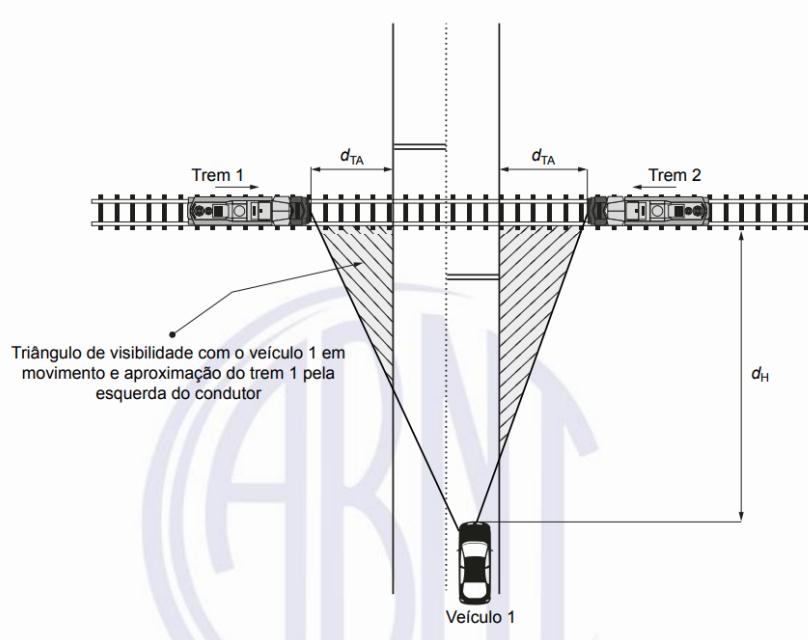
O conceito de triângulo de visibilidade é aplicado em duas situações distintas: no **caso A**, em que o veículo está se aproximando da passagem de nível (PN), e no **caso B**, em que o veículo está parado próximo a ela. Em ambos os casos, o triângulo de visibilidade deve ser respeitado para garantir a segurança do condutor. Caso as condições não permitam a visibilidade adequada, é necessário implementar sinalização e dispositivos ativos no cruzamento, como semáforos ou cancelas, para

assegurar a segurança no local. Além disso, pode se promover adequação ao redor do ambiente com o objetivo de retirar as obstruções do local, e em última circunstância pode se realizar um estudo para fechar o cruzamento (ABNT NBR 7613: 2020). A seguir são demonstrados os casos A e B.

### 2.3.1. Caso A – Veículo em movimento e se aproximando da PN (Passagem em Nível)

No **caso A**, o condutor deve ter visibilidade para determinar se o trem está se aproximando da travessia e realizar a parada segura. Os catetos desse triângulo são compostos pelas distâncias de visibilidade ilustradas na Figura 1. O triângulo deve ser atendido independentemente do lado que o trem e o veículo se aproximam (ABNT NBR 7613: 2020).

Figura 6: Triângulo de visibilidade do caso A



Fonte: ABNT NBR 7613: 2020

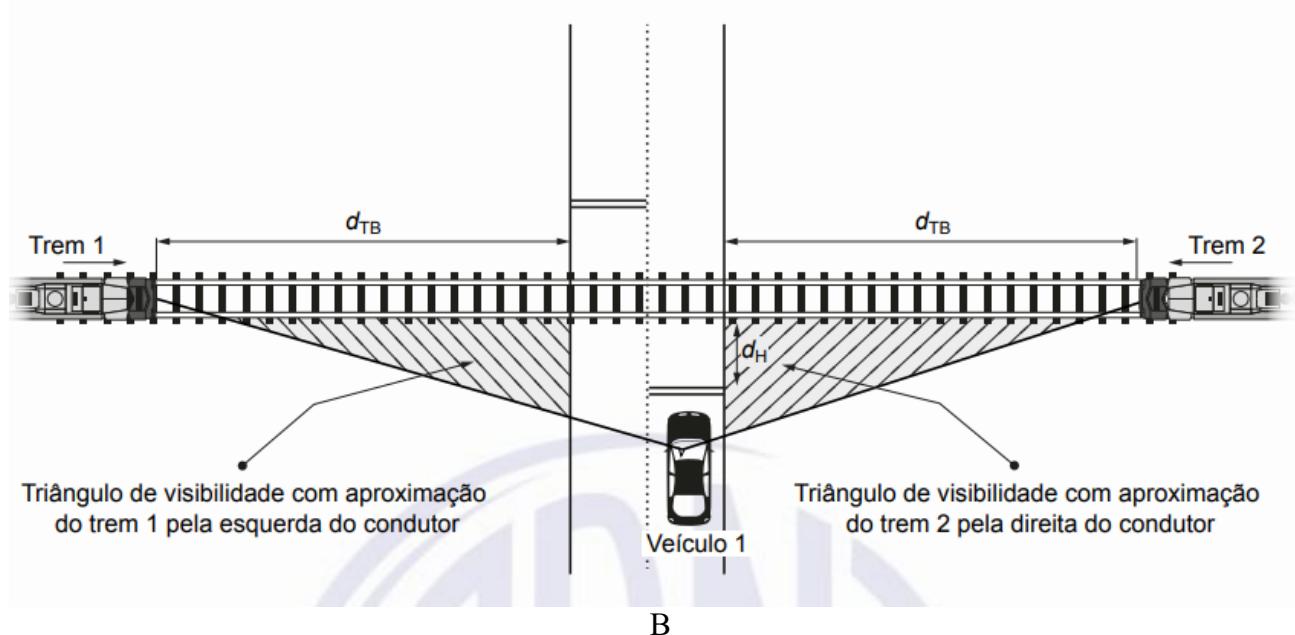
Respeitando esse esquema temos uma distância que permite que o condutor do veículo, ao avistar o trem, pare de forma segura sem invasão da área do cruzamento. Esses valores já são tabelados de acordo com a velocidade máxima permitida na via rodoviária e na via férrea, onde  $D_h$  é distância de visibilidade medida ao longo do eixo rodoviário, entre a borda do trilho até o condutor e  $D_{TA}$  é distância de visibilidade medida ao longo da via férrea, que permite que o condutor do veículo

possa realizar a travessia do cruzamento antes da chegada do trem (ABNT NBR 7613: 2020).

### 2.3.2. Caso B – Veículo parado

No **caso B**, o veículo está parado na faixa de parada da passagem de nível (PN). O condutor deve ter visibilidade adequada para observar ambos os lados da via férrea e assegurar que não há aproximação de trens. Isso garante tempo suficiente para acelerar o veículo e liberar a travessia antes da chegada de um trem, mesmo que este entre no campo de visão do condutor após o início da travessia. Os catetos desse triângulo são formados pelas distâncias de visibilidade, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 7: Triângulo de visibilidade do caso B



Fonte: ABNT NBR 7613: 2020

## 2.4. CÁLCULO DO TRIÂNGULO DE VISIBILIDADE

### 2.4.1. Caso A - Veículo em movimento e se aproximando da PN

#### 2.4.1.1. Cálculo do Dh

De acordo com o Anexo B da ABNT NBR 7613: 2020 valor do Dh é obtido pela seguinte equação

$$D_h = AV_v T + \frac{BV_v^2}{a} + D + d_e$$

Onde:

A é a constante de conversão para metros = 0,278;

B é a constante de conversão para metros = 0,039;

Vv é a velocidade do veículo, expressa em quilômetros por hora (km/h);

t é o tempo de reação do condutor = 2,5 s;

a é a taxa de desaceleração do veículo = 3,4 m/s<sup>2</sup>;

D é a distância da linha de parada do veículo próximo ao cruzamento = 4,5 m;

de é a distância da frente do veículo até o ponto de visão do motorista, considerada igual a 2,4m.

#### 2.4.1.2. Cálculo do DTa

De acordo com o Anexo B da ABNT NBR 7613:2020 valor do DTa é obtido pela seguinte equação

$$D_{TA} = \frac{V_T}{V_v} \left[ AV_v T + \frac{BV_v^2}{a} + 2D + L + W \right]$$

Onde:

dTA é a distância segura medida ao longo da via ferroviária que permite a passagem do veículo antes da chegada do trem ao cruzamento;

A é a constante de conversão = 0,278;

B é a constante de conversão = 0,039;

Vv é a velocidade do veículo, expressa em quilômetros por hora (km/h);

T é o tempo de reação do condutor = 2,5 s;

A é a taxa de desaceleração do veículo = 3,4 m/s<sup>2</sup>;

D é a distância da linha de parada (linha de retenção) do veículo próximo ao cruzamento = 4,5m;

L é o comprimento veículo rodoviário, considerado igual a 20 m;

W é a bitola da ferrovia, calculada em 1,6 m;

VT é a velocidade do trem.

## 2.4.2. Caso B

### 2.4.2.1. Cálculo do DTb

De acordo com o Anexo B da ABNT 7613:2020 valor do DTb é obtido pela seguinte equação

$$D_{TB} = 0,278V_T \left[ \frac{V_G}{a_1} + \frac{2D + L + W - d_a}{V_G} + J \right]$$

Onde:

dTB é a distância segura medida ao longo da via ferroviária que permite a passagem do veículo antes da chegada do trem ao cruzamento;

VG é a máxima velocidade do veículo partindo do repouso = 2,7 m/s;

a1 é a aceleração do veículo partindo do repouso = 0,45 m/s<sup>2</sup>;

J é a soma dos tempos de percepção = 2 s;

da é a distância que o veículo trafega enquanto acelera até a máxima velocidade em primeira marcha = 8,1 m, calculada pela seguinte equação:

$$d_a = \frac{V_g^2}{2a_1}$$

### 2.4.3. Tabela do triângulo de visibilidade

Para facilitar a aplicação da norma e seguindo como base algumas situações típicas, pode-se tomar a seguinte tabela para calcular os catetos dos triângulos de visibilidade, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Resumo dos cálculos do triângulo de visibilidade

Caso B: Veículo parado		Caso A: Veículo em movimento												
Velocidade trem $V_t$ Km/h	$V_v$ Km/h	Velocidade do veículo $V_v$ Km/h												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	$d_{TB}$ m	distância ao longo do eixo rodoviário $d_{TA}$ m												
10	45	39	25	21	19	19	19	19	20	21	21	22	23	24
20	91	77	49	41	38	38	38	39	40	41	43	45	47	48
30	136	116	74	62	58	56	57	58	60	62	64	67	70	73
40	182	155	98	82	77	75	76	77	80	83	86	89	93	97
50	227	193	123	103	96	94	95	97	100	103	107	112	116	121
60	272	232	147	124	115	113	114	116	120	124	129	134	140	145
70	318	271	172	144	134	132	133	135	140	145	150	156	163	170
80	363	310	196	165	154	150	151	155	160	165	172	179	186	194
90	409	348	221	185	173	169	170	174	180	186	193	201	209	218
100	454	387	245	206	192	188	189	194	200	207	215	223	233	242
110	499	426	270	227	211	207	208	213	219	227	236	246	256	266
120	545	464	295	247	230	226	227	232	239	248	258	268	279	291
130	590	503	319	268	249	244	246	252	259	269	279	291	302	315
140	636	542	344	288	269	263	265	271	279	289	301	313	326	339
		Distância ao longo do eixo rodoviário $d_{TH}$ m												
		15	25	38	53	70	90	112	136	162	191	222	255	291

Fonte: ABNT NBR 7613: 2020

Para encontrar os lados do triângulo  $d_{TA}$  e  $d_{TH}$ , deve-se identificar a velocidade do veículo (coluna), identificar a velocidade do trem (linha). O valor encontrado no cruzamento da coluna com a linha representa a distância  $d_T$ . A distância  $d_H$  depende apenas da velocidade do veículo, representada na última linha da Tabela

- Para o cálculo do triângulo com o carro parado, deve-se verificar a velocidade do trem em relação à velocidade 0 km/h do veículo rodoviário; o valor encontrado representa dTB. O valor de dH é a distância do veículo parado até o eixo ferroviário.

## 2.5. GRAU DE IMPORTÂNCIA (GI)

De acordo com a ABNT NBR 7613: 2020 caso o entroncamento rodoferroviário respeite o triângulo de visibilidade mínimo, deve-se calcular o grau de importância dele. Esse índice relaciona as condições de visibilidade com a quantidade de trens e veículos que usam a via em ambos os sentidos. Ele é dado pela seguinte equação

$$G_i = f T V$$

Onde:

f é o fator representativo das condições de visibilidade, localização e trânsito da PN;

T é a quantidade de trens, em ambos os sentidos, por dia;

V é o volume de veículos rodoviários, em ambos os sentidos, por dia.

A partir do valor de Gi temos três situações diferentes:

Caso 1:  $G_i \leq 20000$ , adota-se proteção passiva;

Caso 2:  $G_i > 20000$ , adota-se proteção ativa;

Caso 3:  $G_i > 50000$ , recomendado estudo para passagem em desnível.

### 2.5.1. Valor de f

Para o cálculo do f deve-se utilizar a Tabela 3 e considerar o seguinte

- deve ser assinalado um valor na 2<sup>a</sup> coluna para cada uma das características relacionadas na 1<sup>a</sup> coluna;
- multiplica-se o valor assinalado na 2<sup>a</sup> coluna pelo peso de importância indicado na 3<sup>a</sup> coluna, registrando-se o valor final na 4<sup>a</sup> coluna, para cada característica;
- somando-se todas as parcelas do valor final (4<sup>a</sup> coluna) e dividindo-se o total por 100, tem-se o valor de f, que varia de 1 a 2.

Tabela 3: Cálculo do F

Característica da travessia (1ª coluna)	Valor (2ª coluna)	Peso de importância (3ª coluna)	Valor final (2ª coluna × 3ª coluna) (4ª coluna)
Visibilidade	Acima de 300 m	10	
	(150 a 300) m		
	Abaixo de 150 m		
Rampa máxima de aproximação da via pública	Abaixo de 3 %	7	
	(3 a 5) %		
	Acima de 5 %		
Velocidade máxima autorizada (VMA) do trem <sup>a</sup>	Abaixo de 40 km/h	6	
	(40 a 80) km/h		
Número de vias férreas	Via simples	5	
	Via dupla		
	Via tripla ou mais		
VMA na via pública <sup>b</sup>	Abaixo de 50 km/h	5	
	(50 a 80) km/h		
Trânsito de ônibus	Até 5 %	5	
	(5 a 20) %		
	Acima de 20 %		
Trânsito de caminhões	Até 5 %	4	
	(5 a 20) %		
	Acima de 20 %		
Condições do pavimento <sup>c</sup>	Regular	6	
	Irregular		
	Inexistente		
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	
	(5 a 20) %		
	Acima de 20 %		
Iluminação <sup>d</sup>	Eficiente	2	
	Insuficiente		
	Inexistente		
Total			

<sup>a</sup> Para velocidades do trem acima de 80 km/h, não pode ser permitida PN.

<sup>b</sup> Para velocidades acima de 80 km/h na via pública, não pode ser permitida PN.

<sup>c</sup> Condições do pavimento: a) regular: em perfeitas condições de conservação, b) irregular: apresenta buracos e/ou ondulações na superfície.

<sup>d</sup> Iluminação: a) eficiente: permite visualizar nitidamente a sinalização da PN, b) insuficiente: existente, mas não permite a visualização nítida da sinalização.

Fonte: ABNT NBR 7613: 2020

## 2.6. MOMENTO DE CIRCULAÇÃO (MC)

O MC define o tipo de sinalização rodoviária a ser utilizado em uma passagem de nível (PN). Ele representa, de forma numérica, a intensidade do tráfego de veículos que utilizam a passagem ao longo de um período de 24 horas. O momento de circulação é calculado pela seguinte equação:

$$MC = (0,6 * VT)L$$

Onde:

V é a quantidade de veículos;

T é a quantidade de trens;

L é o fator de ajustamento para o número de vias férreas:

- a) L= 1,0 para via singela;
- b) L= 1,3 para via dupla;
- c) L= 1,5 para via tripla ou mais.

A partir do seu resultado e do tipo de via rodoviária consegue-se descobrir qual o tipo de equipamento de sinalização rodoviária na PN. Para isso utiliza-se a tabela da norma ABNT NBR 15942: 2019

Tabela 4: Sinalização adequada pelo cálculo do MC

Energia elétrica	$MC \times 10^3$	Classificação da via			
		Vias expressas	Vias arteriais	Vias coletoras	Vias locais
Sem energia elétrica	0 – 10	Para este tipo de via, não é permitida PN	1	1	1
	10 – 50		1 ou 2a	1	1
	50 – 100		2a ou 2b	2a ou 2b	2a ou 2b
	> 100		2b	2a ou 2b	2b
Com energia elétrica	0 – 10		1	1	1
	10 – 50		3a	3a	3a
	50 – 100		3b	3b	2a ou 2b
	> 100		4a ou 4b	4a ou 4b	3c
			4a ou 4b	4a ou 4b	3c
			4a ou 4b	4a ou 4b	3d, 4a ou 4b
			4a, 4b ou 5	4a, 4b ou 5	3e ou 3f
			4a, 4b ou 5	4a, 4b ou 5	3f, 4a ou 4b

Fonte: ABNT NBR 15942:2019

## 2.7. ACESSIBILIDADE URBANA

Além dos veículos e locomotivas, as passagens em nível também são utilizadas por pedestres. Por isso, é fundamental garantir o acesso e a locomoção segura dessas pessoas, especialmente aquelas com mobilidade reduzida. Esse aspecto será abordado no projeto final, com base nos critérios estabelecidos pelas normas ABNT NBR 9050: 2020 (acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos) e ABNT NBR 15680: 2020 (travessia em nível para pedestres em ferrovias).

De acordo com a ABNT NBR 9050: 2020 a rota acessível é o percurso contínuo, desobstruído e devidamente sinalizado que conecta ambientes internos e externos de espaços e edificações, possibilitando o deslocamento autônomo, seguro e equitativo de todas as pessoas. No ambiente externo, essa rota deve contemplar elementos como áreas de estacionamento, calçadas, faixas de travessia de pedestres (elevadas ou não), rampas, escadas, passarelas, entre outros componentes de circulação.

Os materiais que compõem a rota acessível devem possuir superfície regular, firme, estável, não trepidante para equipamentos com rodas e antiderrapante tanto em condições secas quanto molhadas. É recomendável evitar padrões ou texturas que causem insegurança visual ao usuário.

Quanto à inclinação, os limites máximos são:

- Transversal: até 2% para pisos internos e até 3% para pisos externos;
- Longitudinal: inferior a 5%. Valores superiores caracterizam rampas e devem obedecer aos critérios específicos para essas estruturas.

A presença de desníveis deve ser evitada. Quando inevitáveis:

- Desníveis de até 5 mm não exigem tratamento especial;
- Entre 5 mm e 20 mm, devem ter inclinação máxima de 1:2 (50%);
- Acima de 20 mm, são considerados degraus e devem seguir as exigências aplicáveis.

As tampas de inspeção inseridas na rota acessível devem estar perfeitamente niveladas com o piso ao redor, apresentar frestas de no máximo 15 mm, possuir superfície firme, estável e antiderrapante, além de não apresentarem texturas ou desenhos que se assemelhem aos pisos táteis de alerta ou direcionais. Preferencialmente, essas tampas devem ser posicionadas fora do fluxo principal de circulação.

### **2.7.1 Sinalização tátil**

A sinalização tática e visual no piso tem como principal objetivo garantir a orientação e a segurança no deslocamento de todas as pessoas, especialmente daquelas com deficiência visual, por meio da indicação de situações de risco e da definição de rotas seguras. Conforme estabelecido pela ABNT NBR 16537:2024, essa sinalização se divide em dois tipos: tátil de alerta e tátil direcional, cada uma com funções bem definidas.

Segundo a ABNT NBR 16537:2024, a sinalização tática de alerta tem a finalidade de informar a presença de desniveis, obstáculos fixos ou mudanças de direção, bem como indicar locais de travessia e posicionamento seguro diante de equipamentos como elevadores e terminais de autoatendimento. Já a sinalização tática direcional tem como função guiar o trajeto, conduzindo o pedestre de forma contínua e segura por rotas acessíveis. Ambas atendem a quatro funções essenciais: identificação de perigos, orientação de percurso, indicação de mudanças de direção e marcação de áreas específicas de uso.

Para garantir sua eficácia, a sinalização tática deve ser detectável tanto pelo tato quanto pela visão, apresentando contraste de luminância em relação ao piso adjacente — mesmo em condições úmidas. Esse contraste deve ser de, no mínimo, 30 pontos na escala de luminância relativa (LRV), e recomenda-se evitar o uso combinado das cores verde e vermelha.

Em espaços públicos ou de uso comum, a sinalização tática de alerta deve ser aplicada nos seguintes contextos: indicação de desniveis ou obstáculos suspensos, orientação para uso de equipamentos, mudanças de direção, início e término de

rampas e escadas, demarcação de patamares e locais de travessia de pedestres. Nesses pontos, a sinalização deve ser posicionada de maneira a garantir a leitura correta do trajeto, podendo ser instalada paralelamente à faixa de travessia ou perpendicularmente à direção de deslocamento.

Quando houver sinalização direcional, é obrigatória a disponibilização de informações redundantes sobre a origem, percurso e destino do trajeto. Essa redundância pode ser oferecida por meio da combinação de diferentes meios de comunicação: tátil e visual, visual e sonoro, ou tátil e sonoro.

É fundamental que a sinalização tátil apresente uniformidade na cor e na largura ao longo de todo o percurso. Nos casos em que o piso adjacente muda de cor em diferentes trechos, deve-se utilizar uma única cor para o piso tátil que contraste com todos esses ambientes. Em calçadas, recomenda-se manter essa uniformidade ao longo de toda a face da quadra. Além disso, é necessário garantir a presença de faixas laterais lisas, com no mínimo 0,60 metro de largura, para possibilitar a percepção tátil adequada.

A implantação da sinalização tátil direcional em calçadas deve respeitar a largura da faixa livre. Em calçadas com faixa livre igual ou superior a 1,45 metro, a sinalização deve ser posicionada centralmente. Quando a faixa livre tiver entre 1,20 metro e 1,45 metro, a sinalização pode ser deslocada do centro, desde que seja mantida uma faixa lisa de 0,60 metro em um dos lados. Já nas calçadas com largura inferior a 1,20 metro, a orientação do trajeto deve se basear nas edificações ou referências existentes. Na ausência dessas referências, a sinalização deve ser implantada no eixo da faixa livre. Em todos os casos, antes do início e após o término da sinalização direcional, deve ser aplicada uma faixa de alerta com 0,50 metro de largura.

Em travessias de pedestres com semáforos acionáveis, a sinalização tátil direcional deve estar alinhada ao botão de acionamento. Quando não houver foco semafórico ou quando este não puder ser acionado pelo pedestre, a sinalização deve indicar a direção segura de travessia, assegurando a continuidade do percurso acessível com base nos princípios de segurança e autonomia.

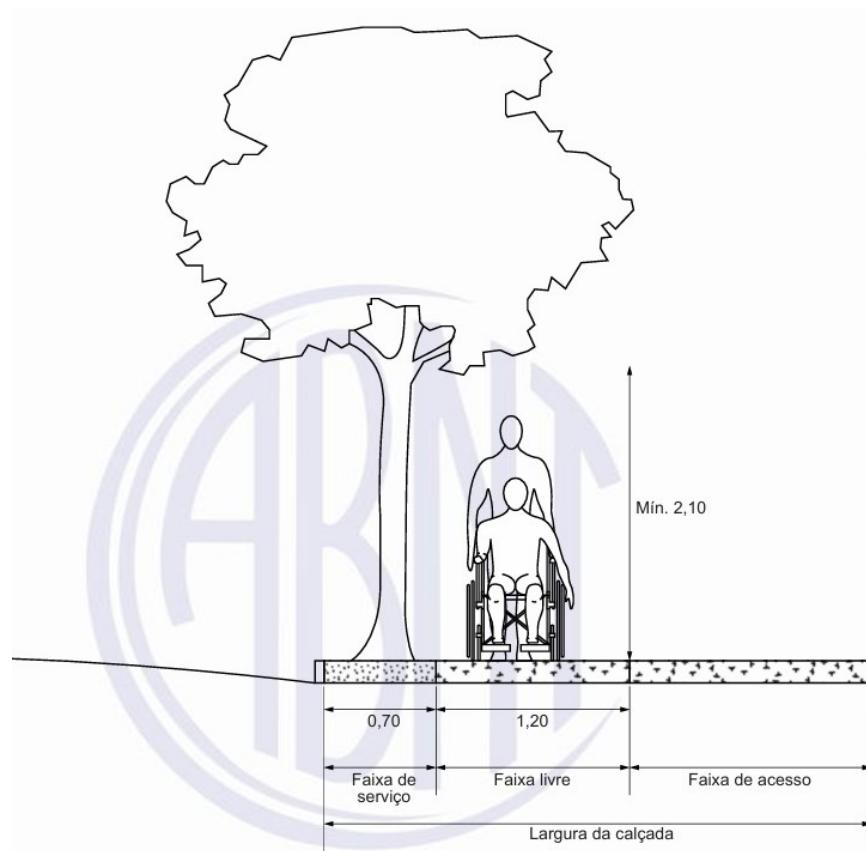
### 2.7.2 Piso externo

A inclinação transversal da faixa livre das calçadas — também chamada de passeio — ou das vias exclusivas para pedestres não deve exceder 3%. Quando houver necessidade de ajustar a soleira dos lotes, esses ajustes devem ser feitos preferencialmente dentro dos limites da propriedade. No entanto, em calçadas com largura superior a 2,00 metros, é permitido realizar o ajuste na faixa de acesso.

A inclinação longitudinal da faixa livre deve acompanhar o perfil natural da via adjacente, garantindo o escoamento da água e a continuidade do trajeto de pedestres.

As calçadas podem ser organizadas em três faixas funcionais distintas, conforme ilustrado na Figura 8

Figura 8: Calçadas ideais



Fonte: ABNT NBR 9050:2020

Faixa de serviço: reservada à instalação de mobiliário urbano, como postes, lixeiras, árvores e canteiros. Para novas calçadas, recomenda-se uma largura mínima de 0,70 metro.

Faixa livre: destinada exclusivamente à circulação de pedestres, deve ser contínua entre os lotes, sem obstáculos, com altura livre mínima de 2,10 metros e largura mínima de 1,20 metro. A inclinação transversal não pode ultrapassar 3%.

Faixa de acesso: corresponde à área de transição entre o lote e a área pública. Só é permitida em calçadas com largura superior a 2,00 metros e pode ser utilizada para instalação de rampas de acesso às edificações, mediante autorização do poder público.

As travessias de pedestres devem assegurar acessibilidade universal. Elas podem ser feitas por meio de rebaixamento de calçada, faixas elevadas ou redução da distância do trajeto, conforme as características do local. A definição do local exato da travessia — se em esquinas, próximo a esquinas ou no meio do quarteirão — é de responsabilidade do município.

Quando a calçada não tiver largura suficiente para comportar o rebaixamento e a faixa livre exigida, podem ser adotadas soluções alternativas, como o uso de rampas laterais com inclinação de até 5%, travessias elevadas ou redução da distância da travessia, conforme definido pelo órgão municipal de trânsito.

De acordo com a norma ABNT NBR 15680:2020, nas passagens de nível (PN) localizados em áreas com grande fluxo de pedestres e/ou ciclistas — como nas proximidades de estações ferroviárias, terminais rodoviários ou aquaviários de passageiros — deve-se avaliar a necessidade e viabilidade da instalação de portões. Esses portões têm a função de conter o fluxo de pedestres e ciclistas durante a passagem dos veículos ferroviários e integram o conjunto de dispositivos de segurança viária, sendo destinados à vedação da faixa de domínio da ferrovia.

Além disso, é essencial analisar a necessidade de reserva de área específica para travessia exclusiva de pedestres, garantindo a continuidade do passeio público e o

cumprimento dos requisitos de acessibilidade estabelecidos na ABNT NBR 9050:2020. As vias públicas de acesso ao PN devem possuir pavimentação adequada à aplicação de sinalização horizontal, quando esta for exigida. Em áreas urbanas, deve-se manter a continuidade do passeio para pedestres de forma segura e acessível.

No trecho correspondente à superestrutura ferroviária, a pista de rolamento rodoviário deve ser construída com os seguintes materiais: contratrilhos internos; placas de borracha; placas de concreto. Assim o nível do pavimento deve estar alinhado à superfície de rolamento dos trilhos, permitindo o tráfego de veículos rodoviários sem prejuízo à velocidade, sem impactos ou riscos de derrapagem.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia adotada para este estudo de caso tem como objetivo levantar, analisar e interpretar as condições de um cruzamento rodoferroviário específico, com base em observações de campo, normas técnicas e ferramentas de apoio à engenharia. O estudo de caso é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, baseada em observação direta e análise comparativa.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de embasar teoricamente os critérios técnicos e legais relacionados a cruzamentos rodoferroviários. Foram consultadas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), diretrizes da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Essa etapa visa compreender os requisitos de segurança, acessibilidade e funcionalidade exigidos para esse tipo de interseção.

Após realizar a revisão bibliográfica foi realizado o levantamento de campo aos cruzamentos rodoferroviários em estudo, com o objetivo de identificar e registrar as condições atuais da infraestrutura e do seu entorno. Esta etapa permitiu uma análise mais precisa e fundamentada da situação real do local. As principais atividades compreendidas neste levantamento são:

- Registro fotográfico: foram realizadas fotografias em diferentes ângulos e horários do dia, com o intuito de documentar as condições da sinalização vertical e horizontal, o estado da via férrea e da rodovia, bem como a presença de dispositivos de segurança, como cancelas, sirenes e semáforos. Além disso, foram observados elementos relacionados à acessibilidade e mobilidade de pedestres.
- Mapeamento do cruzamento: foi elaborado um croqui do local, com base em medições manuais e ferramentas digitais como GPS e imagens de satélite, identificando características como geometria da interseção, largura das pistas, extensão da área de conflito, distâncias de visibilidade, presença de calçadas e dispositivos auxiliares de sinalização.
- Identificação de barreiras arquitetônicas: foi feita a verificação da existência de obstáculos que comprometam a acessibilidade de pedestres, especialmente de pessoas com deficiência, idosos e crianças, observando a presença (ou ausência) de rampas, piso tátil, faixas de travessia e calçadas em boas condições.

Em seguida, realizou-se uma análise crítica e comparativa, baseada na interpretação dos dados obtidos durante o levantamento de campo, com o objetivo de avaliar o grau de conformidade da infraestrutura com as normas técnicas vigentes e identificar possíveis deficiências. Esta etapa está estruturada da seguinte forma:

- Verificação normativa: nesta etapa, os dados levantados em campo foram confrontados com as exigências presentes nas normas técnicas aplicáveis, nos manuais do CONTRAN sobre sinalização rodoviária e nos documentos técnicos emitidos pelas agências reguladoras de ferrovias. O objetivo foi verificar o grau de conformidade da infraestrutura existente com os padrões estabelecidos, e observando que os dispositivos de sinalização e segurança estejam devidamente implantados e em funcionamento adequado. Foram avaliados aspectos como a qualidade e a manutenção da sinalização vertical e horizontal, a observância das distâncias mínimas de visibilidade, a conformidade dos elementos físicos presentes no local (barreiras, cancelas, lombadas, tachões) e a existência de sistemas auxiliares de alerta e proteção, como sinalização sonora, luminosa e eletrônica. Essa análise permitiu

mensurar o nível de aderência às recomendações normativas e identificar eventuais lacunas de aplicação.

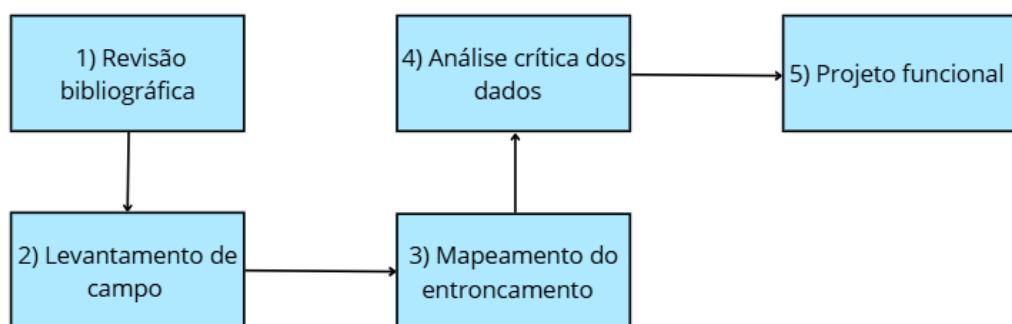
- Identificação de conflitos e riscos: com base nas observações in loco e no registro fotográfico sistemático, procedeu-se à identificação dos pontos críticos que configuram potenciais situações de risco na interação entre os modos rodoviário e ferroviário. Essa análise contemplou a detecção de falhas ou ausência de sinalização, insuficiência de visibilidade em determinados trechos, inadequações relacionadas ao posicionamento dos dispositivos de segurança e à geometria da via, além de comportamentos inseguros recorrentes por parte de condutores e pedestres, observados durante o levantamento. O foco desta etapa foi destacar os fatores que comprometem a segurança operacional da travessia, classificando-os segundo sua gravidade e probabilidade de ocorrência, a fim de subsidiar recomendações de intervenção.
- Avaliação funcional da travessia: por fim, analisou-se a funcionalidade da passagem em termos de desempenho e impacto sobre a dinâmica viária e urbana. Foram considerados fatores como a fluidez do tráfego rodoviário durante as interrupções causadas pela circulação ferroviária, os tempos de espera dos veículos, a ocorrência de congestionamentos e a consequente interferência na mobilidade local. Avaliou-se também o nível de segurança oferecido aos usuários diante dessas condições operacionais, ponderando a eficácia da travessia em conciliar a integração entre os dois modos de transporte com a proteção dos pedestres e condutores. Essa etapa permitiu compreender não apenas os aspectos normativos e de segurança, mas também a repercussão prática da travessia na rotina urbana e no ordenamento da mobilidade.

Para a realização das etapas de levantamento e análise técnica, foram utilizadas diferentes ferramentas e recursos que possibilitam maior precisão na coleta, organização e interpretação dos dados. A seguir, descrevem-se os principais instrumentos empregados:

- Software de Edição e Modelagem (AutoCAD e SketchUp): utilizados para a elaboração de plantas, croquis e modelagens tridimensionais do cruzamento, com o objetivo de representar graficamente a geometria da interseção, faixas de rolamento, trilhos ferroviários, áreas de circulação de pedestres e dispositivos de sinalização.
- Google Earth e Google Maps: ferramentas utilizadas para a obtenção de imagens aéreas, estimativas de distâncias e localização georreferenciada do cruzamento. Também auxiliam na análise do entorno urbano e da integração da travessia com o sistema viário local.
- Equipamentos de Medição Simples (trena, trena a laser, cronômetro): empregados durante o levantamento in loco para medição de distâncias, larguras de pistas e calçadas, altura de elementos da sinalização e tempo de passagem dos trens.
- Câmera fotográfica ou smartphone com boa resolução: utilizado para o registro fotográfico do local, fundamental para a análise visual, documentação das condições existentes e inserção de evidências no corpo do trabalho.

Por fim foi elaborado uma proposta de intervenção nos cruzamentos com os objetivos de torná-los mais seguros para a população. A seguir, a figura 9 ilustra o fluxograma do método do trabalho

Figura 9: Método do trabalho



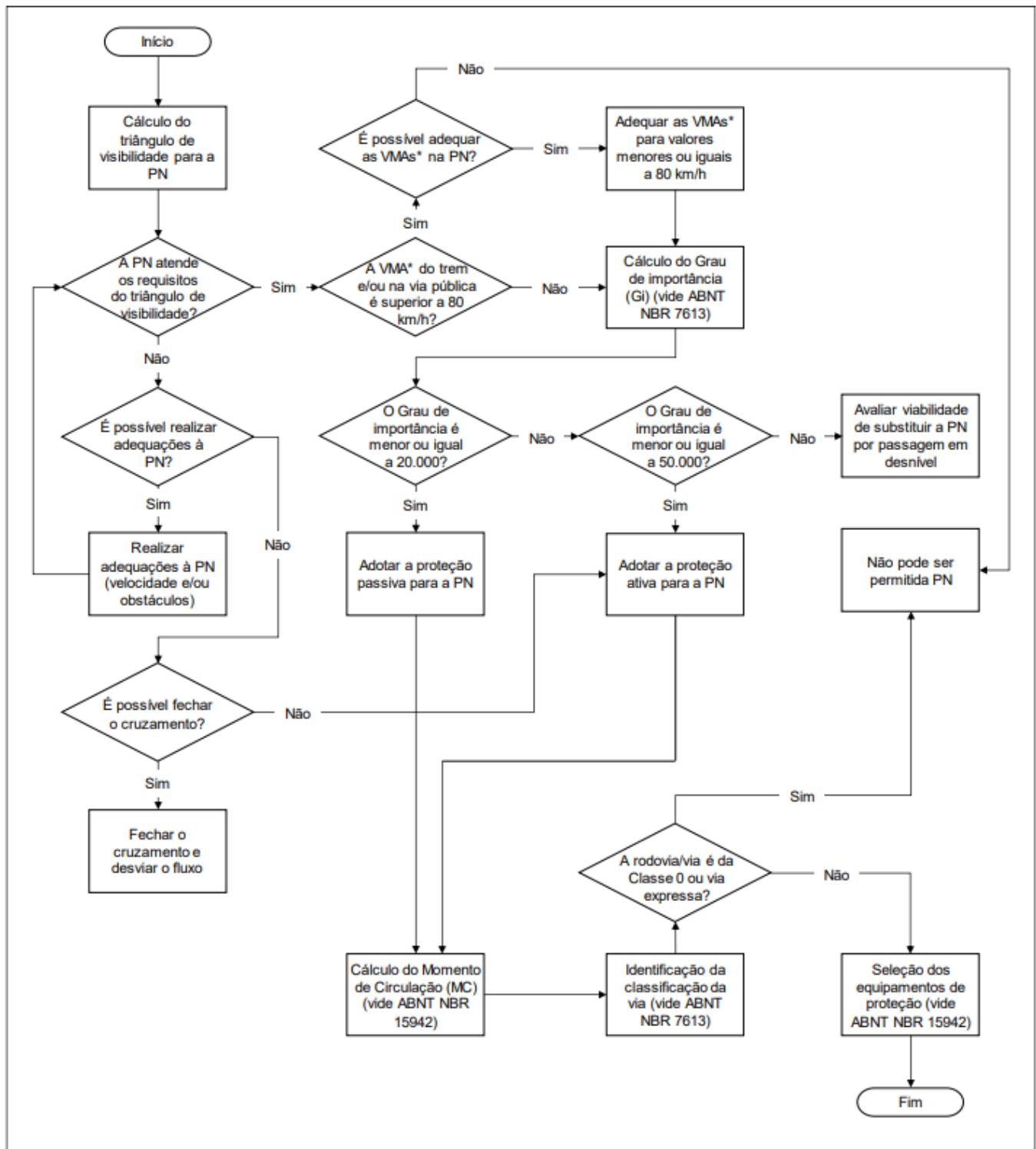
Fonte: Autor (2025)

#### 4. ESTUDO DE CASO

Após a análise das normativas e recomendações técnicas aplicáveis, procedeu-se à realização de uma pesquisa de campo com a finalidade de avaliar as condições operacionais e estruturais do trecho em estudo. A área analisada corresponde à via principal do cruzamento rodoviário, abrangendo um segmento de 500 metros de extensão — compreendendo 250 metros antes e 250 metros após o entroncamento. A inspeção in loco contemplou a verificação dos elementos de sinalização vertical e horizontal, a presença e estado de conservação dos dispositivos de segurança viária, as condições gerais da infraestrutura, os aspectos relacionados à acessibilidade de pedestres e a quantificação do volume de tráfego de veículos e pedestres.

Com base nos dados obtidos, elaborou-se um mapeamento detalhado da região, identificando-se os pontos críticos sob a ótica da segurança viária e da acessibilidade. Para subsidiar a proposição de intervenções adequadas, adota-se neste trabalho o fluxograma da norma ABNT NBR 7613:2020, como ferramenta orientadora para definição dos dispositivos de proteção e da sinalização recomendada para passagens em nível. Fluxograma devidamente ilustrado na figura 10.

Figura 10: Passos para a sinalização adequada de cruzamentos rodoferroviários



Fonte: CONTRAN (2022).

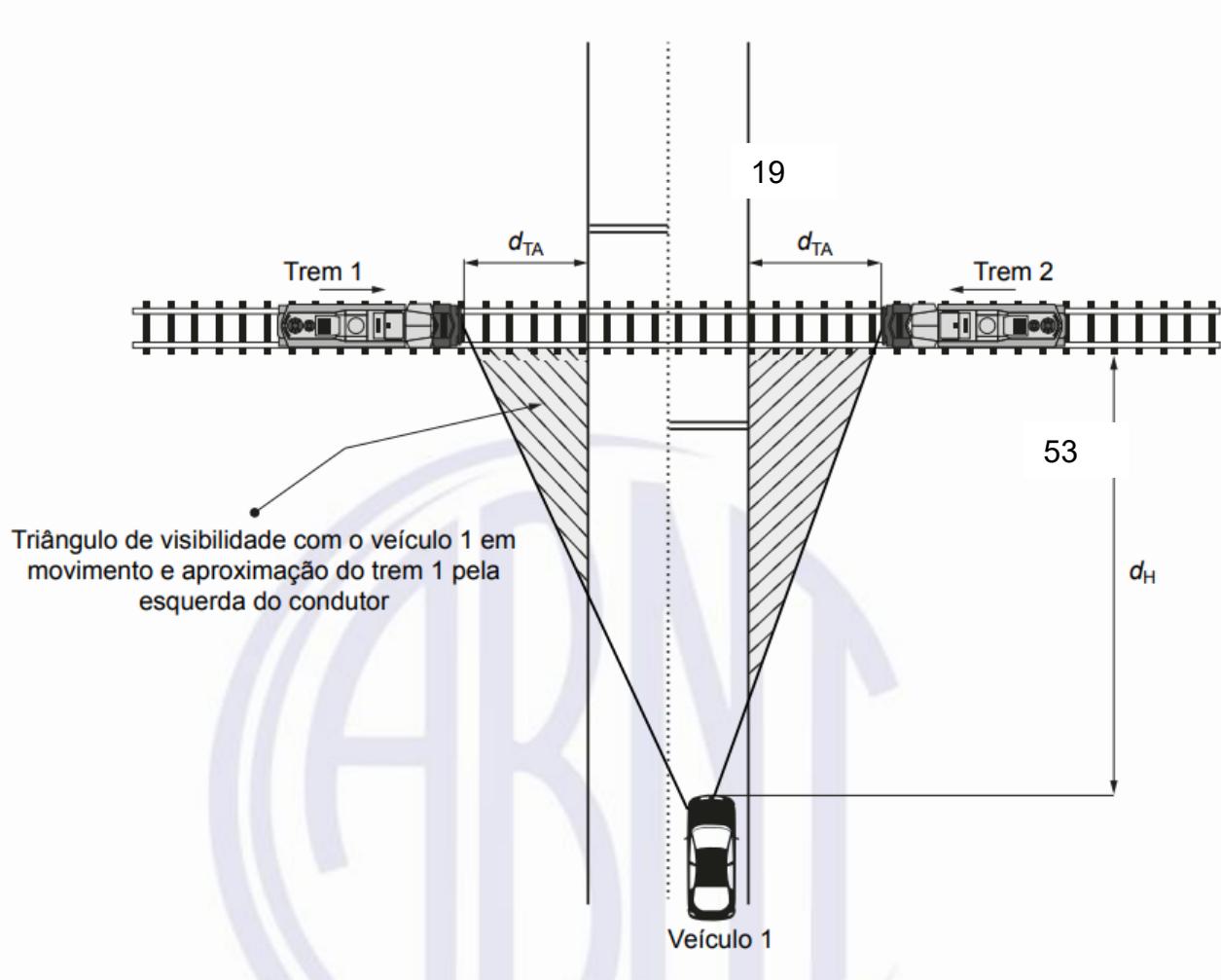
## 4.1 CÁLCULO DO TRIÂNGULO DE VISIBILIDADE

Para utilizar os valores tabelados para o cálculo do triângulo de visibilidade, vamos admitir a velocidade do veículo igual a 40 Km/h e a velocidade do trem igual a 10 Km/h

### 4.1.1 Caso A - Veículo em movimento e se aproximando da PN

Ao utilizar a tabela 2 acima, temos as seguintes distâncias para o triângulo de visibilidade,  $D_{TA} = 19m$  e  $D_{TH} = 53m$

Figura 11: Triângulo de visibilidade do caso A



Fonte: ABNT NBR 7613: 2020

Utilizando o software Google Earth e Autocad para visualizar e projetar o triangulo de visibilidade nos entroncamentos, obtemos as seguintes imagens.

Figura 12: triangulo de visibilidade caso A na rua Espanha



Fonte: Autor (2025)

Figura 13: triangulo de visibilidade caso A na rua Carlos Tasso



Comando:

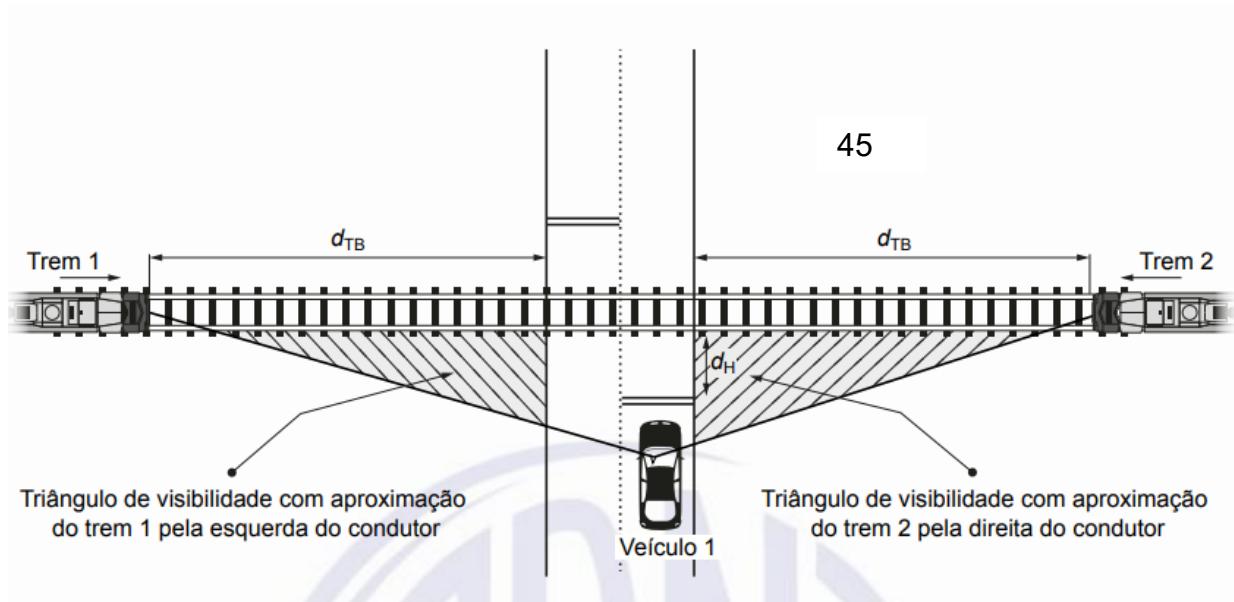
Fonte: Autor (2025)

Como é possível observar nas imagens anteriores, ambas as passagens em nível apresentam construções e vegetação que comprometem a visibilidade dos motoristas. Dessa forma, de acordo com a norma vigente, é necessária a adoção de um sistema com dispositivos ativos de sinalização nessas passagens.

#### 4.1.2 Caso B - Veículo parado

Ao utilizar a tabela 2 acima, temos as seguintes distâncias para o triângulo de visibilidade,  $D_{TA} = 45m$

Figura 14: Triângulo de visibilidade do caso B



Fonte: ABNT NBR 7613: 2020

Como é possível observar nas imagens a seguir, ambas as passagens em nível apresentam construções e vegetação que comprometem a visibilidade dos motoristas. Dessa forma, de acordo com a norma vigente, é necessária a adoção de um sistema com dispositivos ativos de sinalização nessas passagens.

Figura 15: triangulo de visibilidade caso B na rua Espanha



Fonte: Autor (2025)

Figura 16: triangulo de visibilidade caso B na rua Carlos Tasso



Fonte: Autor (2025)

Neste trabalho, não foram consideradas intervenções no projeto geométrico do local, uma vez que isso implicaria na desapropriação de residências próximas à passagem em nível, além da remoção de vegetação nativa, resultando em elevados custos socioeconômicos. Assim, o foco será a melhoria da segurança por meio da implantação de dispositivos e sinalização adequados, com soluções que demandem menor investimento por parte do poder público e da concessionária da ferrovia, e que apresentem resultados em curto prazo. Segundo o fluxograma, próximo passo é adotar proteção ativa nas PN's e o cálculo do movimento de circulação (MC).

## 4.2 CÁLCULO DO MOVIMENTO DE CIRCULAÇÃO

Para o cálculo do MC (Movimento de Circulação), foi realizada a contagem do Volume Diário Médio (VDM) no dia 14/05/2025, na Rua Espanha. Devido à proximidade dos entroncamentos analisados, os dados obtidos foram extrapolados para ambos os locais.

Para a obtenção do VDM, foram utilizados os Anexos C e D da norma ABNT NBR 7613:2020. Segundo essa norma, o volume veicular pode apresentar variações significativas, podendo ser medido em diferentes escalas de tempo: hora, dia, semana, mês ou ano. Para fins de análise do escoamento em passagens em nível, considera-se o volume da hora de pico, pois é nesse período que a via atinge o maior fluxo de tráfego, podendo inclusive operar próxima ou no limite de sua capacidade.

O volume da hora de pico não é distribuído de forma uniforme ao longo da hora; por isso, divide-se esse período em quatro intervalos consecutivos de 15 minutos, sendo selecionado para o cálculo aquele que apresentar o maior volume registrado. Para estimar o volume diário, o valor do volume da hora de pico é multiplicado por 24, conforme previsto na norma.

$$V = 24 * V_{15min}$$

O volume é obtido por meio da contagem do tráfego que utilizou o cruzamento rodoviário no período analisado, sendo aplicado o fator de equivalente veicular (FEV) para padronização dos diferentes tipos de veículos. O intervalo de 15 minutos (1/4 de hora) é considerado adequado para esse tipo de análise, pois divisões menores podem superdimensionar a capacidade da via, enquanto

intervalos maiores podem subdimensioná-la, resultando na saturação do sistema. O Fator Horário de Pico (FHP) é utilizado para mensurar a flutuação do volume de tráfego ao longo do tempo, expressando o grau de concentração do fluxo durante a hora de pico. Esse fator é calculado conforme apresentado na equação a seguir:

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4 * V_{15max}}$$

FHP é o fator horário de pico;

$V_{hp}$  é o volume de hora de pico;

$V_{15max}$  é o volume do período de 15 min com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

O Fator Horário de Pico (FHP) pode variar entre 0,25, quando o fluxo está totalmente concentrado em apenas um dos intervalos de 15 minutos, e 1,00, quando o fluxo é completamente uniforme ao longo da hora. Em vias urbanas, os valores de FHP geralmente situam-se entre 0,80 e 0,90.

A capacidade e o volume de uma via são determinados com base no número de veículos que por ela circulam, considerando que o fluxo veicular varia ao longo do dia. Vias com maior presença de veículos pesados, como ônibus e caminhões, tendem a apresentar capacidade reduzida, devido ao maior espaço e tempo de travessia exigidos por esses veículos.

Um procedimento amplamente adotado é a conversão de veículos de grandes dimensões para uma unidade padrão, denominada Unidade de Carro de Passeio (UCP). Essa padronização permite comparar volumes compostos por diferentes tipos de veículos. A equivalência veicular é definida com base no espaçamento e no tempo de travessia dos veículos pesados em relação aos automóveis de passeio. A tabela a seguir apresenta os fatores de conversão utilizados por diferentes órgãos. Para este trabalho, adotaram-se os valores propostos pelo Companhia de Engenharia de Tráfego (CET).

Tabela 5: Equivalência de veículos

Categoria veicular	Denatran	CET	HCM	Webster
Automóvel de passeio	1,00	1,00	1,00	1,00
Caminhão leve	1,00	2,00	1,50	1,00
Caminhão médio ou pesado	1,75	2,00	1,50	1,75
Ônibus	2,25	2,00	2,00	2,25

Fonte: ABNT NBR 7613:2020

A seguir, apresenta-se a tabela com a quantidade de veículos registrados em seus respectivos horários.

Tabela 6: Contagem manual de veículos

Horário	Carros / motos	Onibus	Caminhões leves	Caminhões pesados	Pedestres	Bicicletas
<b>MANHÃ</b>						
06:30	88	-	6	1	8	2
06:45	103	-	1	-	2	5
07:00	85	-	-	-	10	1
07:15	67	-	1	1	5	1
07:30	69	-	1	1	5	4
07:45	82	-	-	1	6	3
08:00	12	-	1	1	3	6
08:15	39	-	2	-	3	
08:30	31	-	2	2	0	2
<b>TARDE</b>						
13:15	65	-	1	1	4	-
13:30	49	1	-	1	2	3
13:45	16	-	-	-	-	2
14:00	50	-	-	4	3	2
14:15	57	-	1	-	2	2
14:30	53	-	2	-	1	1
14:45	54	-	2	1	1	-
<b>FIM DA TARDE</b>						
16:00	61	-	2	1	4	2
16:15	67	-	2	1	6	1
16:30	34	-	1	2	5	2
16:45	-	-	-	-	-	-
17:00	-	-	-	-	-	-
17:15	138	-	3	1	6	2
17:30	142	-	3	2	9	3
17:45	160	-	5	-	9	1
18:00	173	-	3	-	5	2
18:15	97	-	2	-	3	-
18:30	74	-	-	-	3	2
18:45	71	-	-	1	3	2

Fonte: Autor (2025)

Durante a contagem dos veículos nos entroncamentos rodoviários, foram registradas cinco passagens do trem, ocorridas nos seguintes horários:

1<sup>a</sup> passagem: 07h10

2<sup>a</sup> passagem: 08h40

3<sup>a</sup> passagem: 13h48

4<sup>a</sup> passagem: 15h30

5<sup>a</sup> passagem: 16h40

Com base no levantamento realizado, e convertendo todos os veículos com a tabela do CET identificou-se o maior volume em um intervalo de 15 minutos ( $V_{15\max}$ ) igual a 179 veículos, no período entre 18h00 e 18h15.

$$V_{15\max} = 173 + 2 * 3 = 179$$

Para o cálculo do volume da hora de pico (Vhp), considerou-se o intervalo entre 17h00 e 18h15, totalizando 647 veículos.

$$\begin{aligned} V_{hp} &= (138 + 3 * 2 + 1 * 2) + (142 + 3 * 2 + 2 * 2) + (160 + 5 * 2) \\ &\quad + (173 + 3 * 2) = 647 \end{aligned}$$

A partir desses dados, tem-se:

Volume diário estimado (V):

$$V = 24 * 4 * 179 = 17.184$$

Fator Horário de Pico (FHP):

$$FHP = \frac{647}{4 * 179} = 0,903$$

Esse valor de FHP = 0,903 indica uma leve concentração de fluxo na hora de pico, característica comum em vias urbanas.

Para determinar o MC vamos utilizar a seguinte formula

$$MC = (0,6 * VT)L$$

Onde:

V é a quantidade de veículos;

T é a quantidade de trens;

L é o fator de ajustamento para o número de vias férreas:

A quantidade de trens que passam pelos entroncamentos varia ao longo do ano, conforme a demanda relacionada à produção de safra agrícola e ao escoamento de minério. Entretanto, segundo informações fornecidas pelo operador da cancela da Rua Espanha, funcionário da VLI Logística, o maior número de passagens de trens registado em um único dia foi de 17.

Esse dado evidencia a flutuação significativa no tráfego ferroviário, o que pode impactar diretamente o tempo de fechamento das cancelas e, consequentemente, o nível de serviço da via e o escoamento do tráfego rodoviário durante os períodos de maior movimentação ferroviária.

$$MC = (0,6 * 17.184 * 17) * 1 = 175.276,8$$

Com base nos valores de MC apresentados na Tabela 7, e considerando a classificação da via como coletora, definem-se a sinalização e os dispositivos obrigatórios a serem implantados no trecho em estudo. Nesse contexto, é possível adotar dispositivos de segurança dos tipos 4a, 4b ou 5. Para este trabalho, optou-se pela utilização do tipo 5, cuja aplicação será detalhada no Capítulo 5, correspondente ao projeto funcional.

Tabela 7: Sinalização adequada pelo cálculo do MC

Energia elétrica	$MC \times 10^3$	Classificação da via				
		Vias expressas	Vias arteriais	Vias coletoras	Vias locais	
Sem energia elétrica	0 – 10	Para este tipo de via, não é permitida PN	1	1	1	
	10 – 50		1 ou 2a	1	1	
	50 – 100		2a ou 2b	2a ou 2b	2a ou 2b	
	> 100		2b	2a ou 2b	2b	
Com energia elétrica	0 – 10	Para este tipo de via, não é permitida PN	1	1	1	
	10 – 50		3a	3a	3a	
	50 – 100		3b	3b	2a ou 2b	
	> 100		4a ou 4b	4a ou 4b	3c	
			4a ou 4b	4a ou 4b	3c	
			4a ou 4b	4a ou 4b	3d, 4a ou 4b	
			4a, 4b ou 5	4a, 4b ou 5	3e ou 3f	
			4a, 4b ou 5	4a, 4b ou 5	3f, 4a ou 4b	

Fonte: ABNT NBR 15942:2019

### 4.3. ANÁLISE ATUAL DO ENTRONCAMENTO NA RUA ESPANHA

Na Rua Espanha, localizada no bairro Boa Vista em Uberaba-MG, encontra-se uma passagem em nível que merece atenção. A via é de mão dupla, com duas faixas de estacionamento e um limite de velocidade de 40 km/h. A linha férrea, que cruza a rua, possui apenas um trilho e está em curva na interseção — uma condição que vai contra as recomendações de segurança para cruzamentos ferroviários, uma vez que reduz a visibilidade e aumenta os riscos de sinistros. Na figura 17 temos a vista aérea da rua Espanha, obtida pelo *Google Earth Pro*.

Figura 17: Rua Espanha, Uberaba-MG



Fonte: Autor (2025)

#### 4.3.1. Análise da sinalização

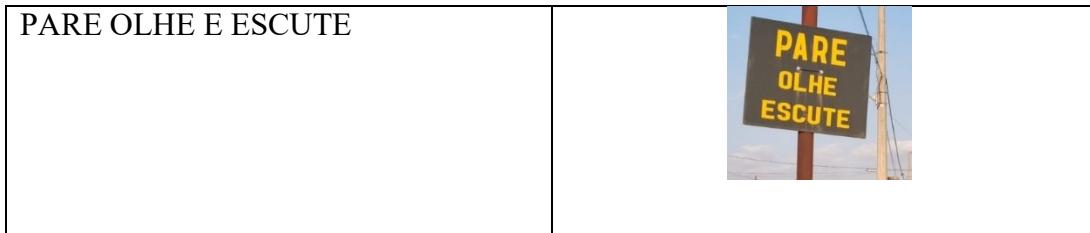
##### 4.3.1.1. Sinalização vertical

Na área de influência analisada, foram identificadas 13 placas de sinalização vertical. Dentre elas, uma estava caída no chão e algumas apresentavam baixa visibilidade devido à proximidade com árvores e postes de iluminação. No trecho

em questão, as sinalizações de regulamentação incluem placas de velocidade máxima (R-19) e de parada obrigatória (R-1). Quanto às sinalizações de advertência, foram observadas placas de passagem de nível com barreira (A-40) e sem barreira (A-39), de lombada (A-18), de pista irregular (A-17), de Santo André (A-41), além da placa de "Pare, Olhe e Escute".

Tabela 8: Placas no trecho da Rua Espanha

SINALIZAÇÃO VERTICAL NO TRECHO	
R-1: parada obrigatória	
R-19: velocidade máxima	
A-17: pista irregular	
A-18: lombada	
A-39: passagem de nível sem barreira	
A-40: passagem de nível com barreira	
A-41: Cruz de Santo André	



Fonte: Autor (2025)

A tabela abaixo resume a sinalização vertical obrigatória, não obrigatória e as que requerem avaliação in loco. Com base nessa tabela, é possível identificar as placas ausentes na via, assim como aquelas que estão em excesso.

Tabela 9: Resumo de sinalização vertical

Tipo de equip. de proteção	Proteção	Operação	Energia elétrica	Sinalização vertical										
				Regulamentação					Advertência					
				Sinal R-1	Sinal R-6c	Sinal R-7	Sinal R-15	Sinal R-19	Sinal A-15	Sinal A-39	Sinal A-40	Sinal A-41	Olhe Escute	
1	Passiva	N/A	Não	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Sim	Não	Sim	Sim	
2a	Ativa	Manual	Não	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Sim	Não	Sim	Sim	
2b	Ativa	Manual	Não	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Sim	Sim	
3a	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Sim	Não	Sim	Sim	
3b	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim	
3c	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim	
3d	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Sim	Sim	
3e	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Não	Sim	Sim	Sim	
3f	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Não	Sim	Sim	Sim	
4a	Ativa	Automática	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim	
4b	Ativa	Automática	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim	
5	Ativa	Automática	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Sim	Sim	

Fonte: CONTRAN (2022).

De acordo com a tabela, faltam na região as placas de "Proibido Estacionar e Parar" (R-6c) e "Proibido Ultrapassar" (R-7). Conclui-se, portanto, que a sinalização vertical nessa passagem de nível está inadequada, pois não é suficiente, carecendo

de placas obrigatórias. Além disso, a conservação e manutenção são deficientes, com placas antigas e uma delas caída, e a visibilidade é comprometida pela proximidade com postes e árvores.

Tabela 10: Placas que faltam no trecho da Rua Espanha

SINALIZAÇÃO VERTICAL QUE FALTAM NO TRECHO	
R-6C: Proibido Estacionar e Parar	
R-7: Proibido Ultrapassar	

Fonte: Autor (2025)

A seguir temos as fotos das placas atuais do trecho no sentido leste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar a falta de visibilidade das placas devido as árvores e postes

Figura 18: Fotos do sentido Leste da Rua Espanha – sinalização vertical

a) Sentido Leste se aproximando da PN	
b) Sentido Leste se aproximando da PN. A-39 (passagem de nível sem barreira) com pouca visibilidade	
c) Sentido Leste se aproximando da PN. R-19 (velocidade máxima) sem visibilidade	
d) Sentido Leste se aproximando da PN. R-19 (velocidade máxima) com visibilidade	
e) Sentido Leste se aproximando da PN. A-41(Cruz de Santo André) caída; A-41 “reserva” e R-1(parada obrigatória) sem visibilidade	
f) Sentido Leste se aproximando da PN. A-41(Cruz de Santo André) caída; A-41 “reserva” e R-1 (parada obrigatória) com pouca visibilidade, sem sinalização A-17 (pista irregular) e A-18 (lombada).	
g) Sentido Leste se aproximando da PN. A-41 “reserva” e R-1(parada obrigatória) sem visibilidade	
h) Sentido Leste se aproximando da PN. A-18 (lombada) com visibilidade	

Fonte: Autor (2025)

A seguir temos as fotos das placas atuais do trecho no sentido oeste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar a falta de visibilidade das placas devido as árvores e postes

Figura 19: Fotos do sentido Oeste da Rua Espanha – sinalização vertical

a) Sentido Oeste se aproximando da PN. A-39 (passagem de nível sem barreira) com visibilidade	
b) Sentido Oeste se aproximando da PN. A-17 (pista irregular) sem visibilidade	
c) Sentido Oeste se aproximando da PN. A-18 (lombada) com visibilidade	
d) Sentido Oeste se aproximando da PN. A-41(Cruz de Santo André), R-1(parada obrigatória) e A-40 (passagem de nível com barreira) com visibilidade	
e) Sentido Oeste se aproximando da PN. A-18 (lombada) com visibilidade	

Fonte: Autor (2025)

Analizando as imagens temos em ambos os sentidos da via rodoviária uma sinalização precária e até divergente, já que no sentido oeste temos a presença de placas A-39 (passagem de nível sem barreira) e A-40 (passagem de nível com barreira). Por fim conclui-se que a situação atual da via é perigosa aos usuários.

#### 4.1.1.2. Sinalização horizontal

O trecho analisado possui uma linha de divisão de fluxos opostos (LFO) do tipo linha dupla contínua (LFO-3), com a função de separar vias de sentido opostos e proibir a ultrapassagem nos dois sentidos da via. Além disso, durante todo o trajeto analisado, a marcação para as faixas de estacionamento está praticamente apagada e inexistente. Porém nas proximidades da linha férrea temos um retângulo de advertência e a inscrição da cruz de Santo André em bom estado.

Tabela 11: Sinalização horizontal do trecho

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL NO TRECHO	
LFO -1	
LFO-3	
CRUZ DE SANTO ANDRÉ	

Fonte: Autor (2025)

A tabela abaixo resume a sinalização horizontal obrigatória, não obrigatória e as que requerem avaliação in loco. Com base nessa tabela, é possível identificar as marcas ausentes na via, assim como aquelas que estão em excesso.

Tabela 12: Resumo de sinalização horizontal

Sinalização horizontal						
MCF	Linha de retenção	SIF	Linha dupla contínua	LPP	LRV	Legenda "PARE"
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim

Fonte: CONTRAN (2022).

Apesar de possuir o retângulo de advertência junto com a inscrição da cruz de santo André, falta um par de linhas de retenção com distância de 3,00 metros do trilho mais próximo. Além disso falta a legenda “PARE” em ambos os sentidos da via rodoviária. Dessa maneira a sinalização horizontal também se mostra precária.

Tabela 13: Sinalização que falta no trecho da Rua Espanha

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL NO TRECHO		
PARE E LINHA DE RETENÇÃO		

Fonte: Autor (2025)

A seguir temos as fotos das placas atuais do trecho no sentido leste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar uma boa sinalização horizontal.

Figura 20: Fotos do sentido Leste da Rua Espanha – sinalização horizontal

a) Sentido Leste se aproximando da PN. LFO 3 em bom estado, mas sem marcação dos limites de estacionamento	
b) Sentido Leste se aproximando da PN. Em bom estado LFO 3, marcação da cruz de Santo André, pintura em lombada, mas falta inscrição do "PARE" e linha de retenção dupla.	

Fonte: Autor (2025)

A seguir temos as fotos das placas atuais do trecho no sentido oeste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar uma boa sinalização horizontal.

Figura 21: Fotos do sentido Oeste da Rua Espanha – sinalização horizontal

a) Sentido Oeste se aproximando da PN.LFO 3 em bom estado, mas sem marcação dos limites de estacionamento	
b) Sentido Oeste se aproximando da PN. LFO 3 em bom estado, pintura em lombada	
c) Sentido Oeste se aproximando da PN. LFO 3 em bom estado, marcação da cruz de Santo André, falta inscrição do “PARE” e proibido estacionar.	

Fonte: Autor (2025)

Analizando as imagens temos que o trecho estudado não possui sinalização horizontal de acordo com as normas, pois os limites de estacionamento não são bem visíveis, falta a inscrição “PARE” e a linha de retenção dupla em ambos os sentidos.

#### 4.3.1.3 Sinalização semafórica

Neste trecho não temos a sinalização composta por dispositivos luminosos que são acionados de forma alternada ou intermitente, por meio de sistemas eletromecânicos ou eletrônicos. A norma recomenda a adoção, em determinados cruzamentos rodoviários, de sinalização semafórica de regulamentação, com o objetivo de proibir a passagem de veículos e pedestres durante a travessia de trens pela passagem de nível (PN).

Essa sinalização é realizada por um semáforo específico, composto por dois grupos focais dispostos horizontalmente, em formato circular e com luzes na cor vermelha, indicando a proibição de passagem. Esses focos permanecem apagados na ausência

de circulação ou aproximação de trens, sendo ativados em modo intermitente quando há aproximação e passagem de um trem pela via. Nessa situação, os condutores são obrigados a parar seus veículos.

É importante destacar que, em cruzamentos rodoferroviários, não se deve utilizar semáforos de regulamentação veicular convencionais.

#### 4.3.1.4 Sinalização acústica

De acordo com a norma ABNT NBR 12180:2020, os equipamentos de proteção em passagens em nível (PNs) com tráfego ferroviário devem ser equipados com sinalização sonora (como campainhas) e/ou luminosa (como semáforos). A sinalização acústica, do lado rodoviário, é implementada em determinados cruzamentos por meio de campainhas instaladas nos suportes da sinalização vertical. No entanto, o trecho da Rua Espanha não conta com esse dispositivo. Atualmente, o único aviso sonoro presente no local é a buzina do trem, o que compromete a eficácia da sinalização e a segurança dos usuários da via.

#### 4.3.1.5 Dispositivos auxiliares

Neste trecho, há uma cancela manual que impede a entrada de veículos na passagem de nível (PN) apenas de um dos lados. Além disso, são utilizados dispositivos delimitadores posicionados ao longo das marcas longitudinais, entre as faixas de rolamento. Esses dispositivos, por conterem elementos retrorrefletivos, aumentam a visibilidade da sinalização, especialmente em condições adversas.

Também estão presentes dispositivos de controle de velocidade, como lombadas instaladas em ambos os sentidos da via rodoviária. A presença dessas lombadas contribui para a redução da velocidade dos veículos na aproximação da PN, proporcionando maior tempo de reação em caso de imprevistos.

No que diz respeito à travessia de pedestres, há a instalação de um gradil. No entanto, ao invés de oferecer proteção adequada, essa estrutura acaba dificultando ainda mais a travessia segura das pessoas, pois força a passagem de pedestre na via rodoviária.

A seguir temos as fotos atuais do trecho no sentido leste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar uma lombada e tachões na pista

Figura 22: Sentido Leste se aproximando da PN. Lombada e tachões



Fonte: Autor (2025)

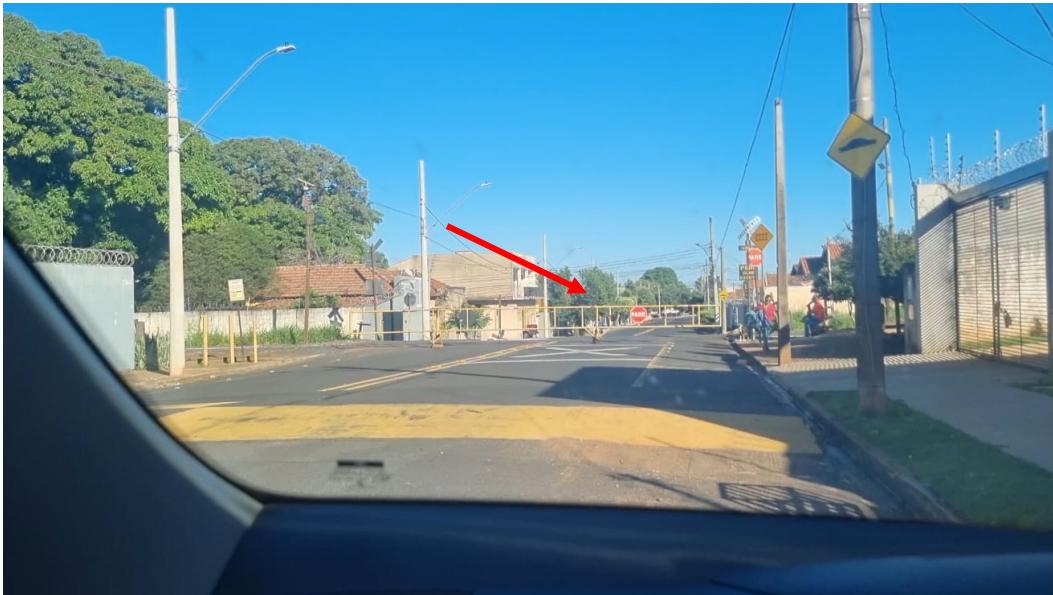
A seguir temos as fotos das placas atuais do trecho no sentido oeste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar uma lombada tachões e cancela manual na pista.

Figura 23: Sentido Oeste se aproximando da PN. Lombada e tachões



Fonte: Autor (2025)

Figura 24: Sentido Oeste se aproximando da PN. Cancela



Fonte: Autor (2025)

Apesar da presença da cancela, por ser operada manualmente, seu uso apresenta certa irregularidade, operador abre e fecha a via diversas vezes para permitir a passagem de veículos mesmo com o trem já estando próximo, figura 25 ilustra a sequência de fotos da operação da cancela. Observa-se que, para facilitar a passagem de veículos, como carros e motocicletas, o operador realiza aberturas e fechamentos de forma aleatória, sem um padrão definido. Dessa forma, o controle de acesso não ocorre de maneira contínua e padronizada, ficando sujeito à interpretação e decisão do próprio operador. Essa inconsistência no funcionamento gera uma percepção de falta de autoridade ou confiabilidade na sinalização, o que leva parte da população a desrespeitar a cancela — forçando a passagem mesmo quando ela se encontra totalmente fechada, aumentando significativamente o risco de acidentes.

Figura 25: Desrespeito de sinalização e má operação de cancela

a) Motociclista invadindo PN fechada	
b) Pedestre invadindo PN fechada	
c) Operador esperando carros passarem para fechar a cancela	
d) Operador esperando carros passarem para fechar a cancela	
e) Operador esperando carros passarem para fechar a cancela	
f) Operador esperando carros passarem para fechar a cancela	

Fonte: Autor (2025)

#### 4.3.2 Acessibilidade

No trecho analisado da Rua Espanha, além da sinalização precária, a acessibilidade está fora dos padrões estabelecidos pelas normas, dificultando o deslocamento dos pedestres com problemas de locomoção. A figura 26 ilustra as calçadas que apresentam irregularidades e variam conforme a arquitetura das residências, com múltiplos desniveis, inclinações acentuadas e superfícies irregulares — características típicas de calçadas em áreas residenciais. Apesar de possuírem, em média, 3 metros de largura, essas calçadas não contam com a faixa livre exigida, uma vez que são obstruídas por árvores, rampas de acesso para veículos, degraus e até mesmo construções.

Mesmo a travessia tendo a cancela como dispositivo de segurança ativo para os carros, o trecho não possui campainha sonora para avisar às pessoas com deficiência visual o perigo da proximidade do trem, nesse caso temos apenas a buzina da locomotiva. Outro fator importante é a falta do piso tátil para guiar os cegos.

Figura 26: Calçadas na Rua Espanha

a) Calçada com superfície irregular, gramado não é uma superfície considerado acessível		
b) Construção de rede de água, criando buracos sem isolamento adequado podendo gerar quedas		
c) Superfície irregular e placa caída, criando obstáculos na travessia para o pedestre		
d) Degrau logo a frente do entroncamento, impossibilitando a passagem do pedestre. Dessa maneira, pessoas atravessam pela via rodoviária		

Fonte: Autor (2025)

Além disso, o entroncamento da Rua Espanha com a ferrovia carece de um sistema de chicana para pedestres, obrigando-os a atravessar pela pista de rolamento, o que eleva significativamente o risco de acidentes e atropelamentos. A figura 27 mostra que a superfície de caminhada no encontro do trilho com asfalto está bem danificada, desgastada e com várias irregularidades, que segundo moradores locais, são responsáveis por quedas frequentes de pedestres, ciclistas e motociclistas.

Figura 27: Travessia na Rua Espanha

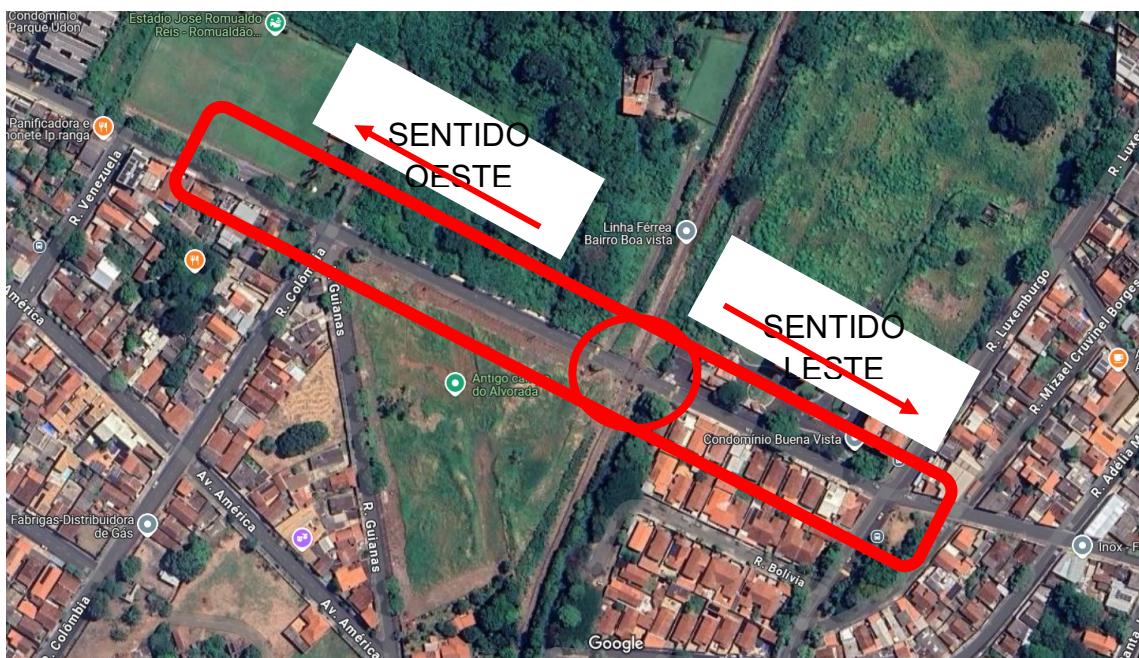
a) Superfície irregular de travessia, trilhos e asfalto devem estar nivelados, sem degraus e desgastes		
b) Obstáculo para passagem de pedestre. Dessa maneira, pessoas atravessam pela via rodoviária		
c) Pedestre saindo da calçada para atravessar a PN		

Fonte: Autor (2025)

#### 4.4. ANÁLISE ATUAL DO ENTRONCAMENTO NA RUA CARLOS TASSO

Na Rua Carlos Tasso, localizada no bairro Boa Vista em Uberaba-MG, encontra-se uma passagem em nível que merece atenção. A via é de mão dupla, com uma faixa de estacionamento e um limite de velocidade de 40 km/h. A linha férrea, que cruza a rua, possui apenas um trilho e está em curva na interseção — uma condição que vai contra as recomendações de segurança para cruzamentos ferroviários, uma vez que reduz a visibilidade e aumenta os riscos de sinistros. Na foto 28 temos a vista aérea da rua Carlos Tasso, obtida pelo Google Earth Pro.

Figura 28– Rua Carlos Tasso, Uberaba-MG



Fonte: Autor (2025)

#### **4.4.1. Análise da sinalização**

##### **4.4.1.1. Sinalização vertical**

Na área de influência analisada, foram identificadas 10 placas de sinalização vertical. Dentre elas, algumas apresentavam baixa visibilidade devido à proximidade com árvores e postes de iluminação e outra sem manutenção adequada. No trecho em questão, as sinalizações de regulamentação incluem placas de velocidade máxima (R-19) e de proibido para e estacionar (R-6c). Quanto às sinalizações de advertência, foram observadas placas de passagem de nível sem barreira (A-39), de lombada (A-18), de Santo André (A-41), além da placa de “Pare, Olhe e Escute”.

Tabela 14: Placas no trecho da Rua Carlos Tasso

SINALIZAÇÃO VERTICAL NO TRECHO	
R-6c: proibido para e estacionar	
R-19: velocidade máxima	
A-18: lombada	
A-39: passagem de nível sem barreira	
A-41: Cruz de Santo André	
PARE OLHE E ESCUTE	

Fonte: Autor (2025)

A tabela abaixo resume a sinalização vertical obrigatória, não obrigatória e as que requerem avaliação in loco. Com base nessa tabela, é possível identificar as placas ausentes na via, assim como aquelas que estão em excesso.

Tabela 9: Resumo de sinalização vertical

Tipo de equip. de proteção	Proteção	Operação	Energia elétrica	Sinalização vertical									
				Regulamentação					Advertência				
				Sinal R-1	Sinal R-6c	Sinal R-7	Sinal R-15	Sinal R-19	Sinal A-15	Sinal A-39	Sinal A-40	Sinal A-41	Olhe Escute
1	Passiva	N/A	Não	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Sim	Não	Sim	Sim
2a	Ativa	Manual	Não	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Sim	Não	Sim	Sim
2b	Ativa	Manual	Não	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Sim	Sim
3a	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Sim	Não	Sim	Sim
3b	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim
3c	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim
3d	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Sim	Sim
3e	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Não	Sim	Sim	Sim
3f	Ativa	Manual	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Não	Sim	Sim	Sim
4a	Ativa	Automática	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim
4b	Ativa	Automática	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Não	Sim	Sim
5	Ativa	Automática	Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	A avaliar	Não	Sim	Sim	Sim

Fonte: CONTRAN (2022).

De acordo com a tabela, faltam na região as placas de “Pare” (R-1) e “Proibido Ultrapassar” (R-7). Conclui-se, portanto, que a sinalização vertical nessa passagem de nível está inadequada, pois não é suficiente, carecendo de placas obrigatórias. Além disso, a conservação e manutenção são deficientes, com placas antigas e a visibilidade é comprometida pela proximidade com postes e árvores.

Tabela 15: Placas no trecho da Rua Carlos Tasso

SINALIZAÇÃO VERTICAL QUE FALTAM NO TRECHO	
R-1: Pare	
R-7: Proibido Ultrapassar	

Fonte: Autor (2025)

A figura 29 demonstra as placas atuais do trecho no sentido oeste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar a falta de visibilidade das placas devido a árvores e postes.

Figura 29: Fotos do sentido Oeste da Rua Carlos Tasso – sinalização vertical

a) Sinalização vertical A-39 com baixa visibilidade		
b) Sentido Oeste, se aproximando da PN. A-39 (passagem de nível sem barreira) com pouca visibilidade		
c) Sentido Oeste se aproximando da PN. Sem sinalização vertical A-18 (lombada)		
d) Sentido Oeste se aproximando da PN. A-41(Cruz de Santo André) e sinaleiro com visibilidade		
e) Sentido Oeste se afastando da PN. A-18 (lombada) com visibilidade		

Fonte: Autor (2025)

A seguir temos as fotos das placas atuais do trecho no sentido leste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar a falta de visibilidade das placas devido a árvores e postes.

Figura 30: Fotos do sentido Leste da Rua Carlos Tasso – sinalização vertical

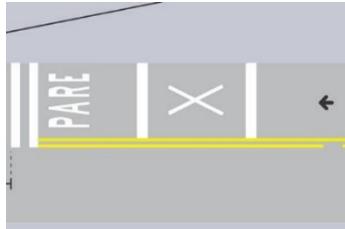
a) Sentido Leste se aproximando da PN. R-6C (Proibido Estacionar e Parar) sem visibilidade		
b) Sentido Leste se aproximando da PN. R-6C (Proibido Estacionar e Parar) com pouca visibilidade		
c) Sentido Leste se aproximando da PN. A-18 (lombada), R-19 (velocidade máxima), R-6C (Proibido Estacionar e Parar), A-39 (passagem de nível sem barreira) com visibilidade		
d) Sentido Leste se aproximando da PN. A-41(Cruz de Santo André) e sinaleiro sem visibilidade		
e) Sentido Leste se afastando da PN. Sem sinalização vertical A-18 (lombada)		
f) Sentido Leste se afastando da PN. Sinalização vertical R-6C (Proibido Estacionar e Parar) com visibilidade		

Fonte: Autor (2025)

#### 4.4.1.2. Sinalização horizontal

O trecho analisado possui uma linha de divisão de fluxos opostos (LFO) do tipo linha única descontínua (LFO-2), com a função de separar vias de sentido opostos e permitir a ultrapassagem nos dois sentidos da via. Além disso, durante todo o trajeto analisado, a marcação para as faixas de estacionamento está praticamente apagada e inexistente. Porém nas proximidades da linha férrea temos um retângulo de advertência e a inscrição da cruz de Santo André em bom estado.

Tabela 16: Sinalização horizontal existente no trecho da Rua Carlos Tasso

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL NO TRECHO		
LFO -2		 LFO-2
LFO -3		 LFO-3
CRUZ DE SANTO ANDRÉ		

Fonte: Autor (2025)

Retornando na tabela 12, que resume a sinalização horizontal obrigatória, não obrigatória e as que requerem avaliação in loco. Com base nessa tabela, é possível identificar as marcas ausentes na via, assim como aquelas que estão em excesso.

Tabela 12: Resumo de sinalização horizontal

Sinalização horizontal						
MCF	Linha de retenção	SIF	Linha dupla contínua	LPP	LRV	Legenda "PARE"
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim	A avaliar	A avaliar	Sim

Fonte: CONTRAN (2022).

Apesar de possuir o retângulo de advertência junto com a inscrição da cruz de santo André, falta um par de linhas de retenção com distância de 3,00 metros do trilho mais próximo. Além disso falta a legenda “PARE” em ambos os sentidos da via rodoviária. Dessa maneira a sinalização horizontal também se mostra precária.

Tabela 17: Sinalização horizontal que falta no trecho da Rua Carlos Tasso

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL NO TRECHO		
PARE E LINHA DE RETENÇÃO		

Fonte: Autor (2025)

A seguir a figura 31 ilustra o trecho no sentido Oeste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar uma boa sinalização horizontal

Figura 31: Fotos do sentido Oeste da Rua Carlos Tasso – sinalização horizontal

a) Se aproximando da PN. LFO 2 em bom estado, mas sem marcação dos limites de estacionamento	
b) Marcação da cruz de Santo André em bom estado, pintura em lombada, falta inscrição do "PARE", LFO2 e LFO3 apagados	
c) Marcação da cruz de Santo André em bom estado, pintura em lombada, falta inscrição do "PARE", LFO2 e LFO3 apagados	
d) LFO 2 e LFO 3 em bom estado, pintura em lombada	

Fonte: Autor (2025)

A seguir temos as fotos das atuais do trecho no sentido Leste e na visão que o motorista possui ao utilizar a via, ao analisar as fotos pode-se notar uma boa sinalização horizontal

Figura 32: Fotos do sentido Leste da Rua Carlos Tasso – sinalização horizontal

a) LFO 2 e LFO 3 em bom estado, pintura em lombada	
b) Marcação da cruz de Santo André em bom estado, falta inscrição do “PARE”.	
c) Pintura em lombada em bom estado, mas LFO2 e LFO3 apagados	

Fonte: Autor (2025)

Analisando as imagens temos que o trecho estudado não possui sinalização horizontal de acordo com as normas, pois os limites de estacionamento não são bem visíveis, falta a inscrição “PARE” e a linha de retenção dupla em ambos os sentidos; e tem-se as LFO- 2 no lugar de LFO-3.

#### 4.4.1.3 Sinalização semafórica

Neste trecho temos a sinalização composta por dispositivos luminosos que são acionados de forma alternada ou intermitente, por meio de sistemas eletromecânicos ou eletrônicos. A norma recomenda a adoção, em determinados cruzamentos rodoviários, de sinalização semafórica de regulamentação, com o objetivo de proibir a passagem de veículos e pedestres durante a travessia de trens pela passagem de nível (PN).

Essa sinalização é realizada por um semáforo específico, composto por dois grupos focais dispostos horizontalmente, em formato circular e com luzes na cor vermelha, indicando a proibição de passagem. Esses focos permanecem apagados na ausência

de circulação ou aproximação de trens, sendo ativados em modo intermitente quando há aproximação e passagem de um trem pela via. Nessa situação, os condutores são obrigados a parar seus veículos. É importante destacar que, em cruzamentos rodoviários, não se deve utilizar semáforos de regulamentação veicular convencionais.

Entretanto mesmo com o semáforo no cruzamento foi possível flagrar uma infração do mesmo, onde uma van escolar avança sobre a PN com o trem no início da interseção, colocando em risco vidas, ver figura 33.

Figura 33: Desrespeito de sinalização com trem cruzando a via



Fonte: Autor (2025)

#### 4.4.1.4 Sinalização acústica

De acordo com a norma ABNT NBR 12180:2020, os equipamentos de proteção em passagens em nível (PNs) com tráfego ferroviário devem ser equipados com sinalização sonora (como campainhas) e/ou luminosa (como semáforos). A sinalização acústica, do lado rodoviário, é implementada em determinados cruzamentos por meio de campainhas instaladas nos suportes da sinalização vertical. O trecho da Rua Carlos Tasso conta com esse dispositivo, entretanto, moradores locais reclamam do mau funcionamento do aparelho, houve casos da campainha tocar durante todo o dia mesmo sem a passagem de trem e há momentos que a campainha não toca durante toda a passagem do comboio.

#### 4.4.1.5 Dispositivos auxiliares

Neste trecho, diferente da Rua Espanha, não tem uma cancela manual que impede a entrada de veículos na passagem de nível (PN). Além disso, são utilizados dispositivos delimitadores posicionados ao longo das marcas longitudinais, entre as faixas de rolamento. Esses dispositivos, por conterem elementos retrorrefletivos, aumentam a visibilidade da sinalização, especialmente em condições adversas.

Também estão presentes dispositivos de controle de velocidade, como lombadas instaladas em ambos os sentidos da via rodoviária. A presença dessas lombadas contribui para a redução da velocidade dos veículos na aproximação da PN, proporcionando maior tempo de reação em caso de imprevistos.

No que diz respeito à travessia de pedestres, há uma instalação especial e com proteção. No entanto, essa passagem está abandonada com presença de lixo, animais mortos para rituais religiosos, mato alto, mau cheiro, e passeio totalmente desnivelado

Figura 34: Passagem de pedestre da Rua Carlos Tasso

a) Estrutura abandonada para passagem de pedestre		
b) Estrutura abandonada para passagem de pedestre		
c) Estrutura abandonada para passagem de pedestre com lixo e animais mortos		

Fonte: Autor (2025)

#### 4.4.2 Acessibilidade

No trecho analisado da Rua Carlos Tasso, além da sinalização precária, a acessibilidade está fora dos padrões estabelecidos pelas normas, dificultando o

deslocamento dos pedestres com problemas de locomoção. Na figura 35, nota-se que as calçadas apresentam irregularidades e variam conforme a arquitetura das residências, com múltiplos desníveis, inclinações acentuadas e superfícies irregulares — características típicas de calçadas em áreas residenciais. Além de possuírem, em média, 1,5 metros de largura, essas calçadas não contam com a faixa livre exigida, uma vez que são obstruídas por árvores, rampas de acesso para veículos, degraus.

Mesmo a travessia tendo uma construção especial para as pessoas, o trecho não possui campainha sonora eficaz para avisar às pessoas com deficiência visual o perigo da proximidade do trem, nesse caso temos buzina da locomotiva e uma campainha que apresenta defeitos segundo os moradores locais. Outro fator importante é a falta do piso tátil para guiar os cegos.

Figura 35: Calçadas da Rua Carlos Tasso

a) Calçada com superfície irregular possibilitando quedas		
b) Calçada com superfície irregular e árvore causando um obstáculo em baixo pelas raízes e em cima pela folhagem e galhos		
c) Calçada com superfície irregular e buraco profundo de drenagem pluvial gerando risco de queda		
d) Calçada com superfície irregular, já que trilhos e passagem de pedestres devem estar niveladas e em bom estado		

Fonte: Autor (2025)

Mesmo com sistema de chicana para pedestres, sua situação atual obriga os pedestres atravessarem pela pista de rolamento, o que eleva significativamente o risco de acidentes e atropelamentos. Já a superfície de caminhada no encontro do

trilho com asfalto está bem danificada, desgastada e com várias irregularidades, que segundo moradores locais, são responsáveis por quedas frequentes de pedestres, ciclistas e motociclistas.

## 5. PROPOSTA E DISCUSSÕES

A partir da revisão bibliográfica e da análise em campo, foi possível identificar diversas inadequações nos trechos estudados e realizar o projeto funcional que será apresentado no apêndice A. Observa-se uma sinalização ineficiente e baixa acessibilidade para os pedestres, o que aumenta significativamente o risco de acidentes. Neste capítulo, serão discutidas propostas de intervenções de baixo custo, com o objetivo de elevar o nível de segurança nos entroncamentos selecionados. Cabe destacar que o momento de circulação adotado para os trechos é de MC = 175.276,8. De acordo com as normas vigentes, cruzamentos com esse volume devem dispor de proteção passiva e proteção ativa dos tipos 4a, 4b ou 5.

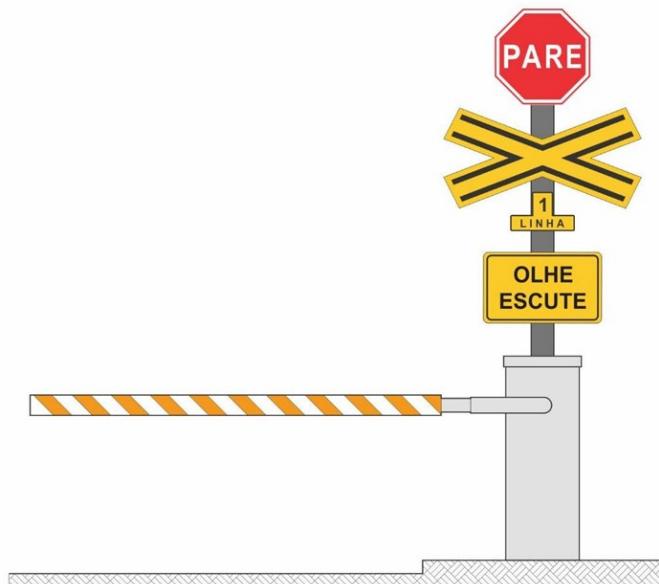
Para promover maior segurança nos cruzamentos e devido às infrações de sinalização registradas durante a pesquisa in loco, foi escolhido a proteção ativa do tipo 5 para ambos os cruzamentos. Os elementos de sinalização e proteção a serem utilizados são os seguintes: sinais R 1, R-6c, R-7, A-40, A-41 e “Olhe Escute”, marcação de cruzamento rodoviário, linha de retenção, símbolo indicativo de cruzamento rodoviário, linha dupla contínua, legenda “PARE”, cancela automática e dispositivos delimitadores conforme figura 36 e 37.

Além da eficácia em termos de segurança viária, a adoção da proteção ativa do tipo 5 também apresenta vantagens relacionadas ao custo-benefício. Trata-se de uma solução de baixo custo de implantação, quando comparada a intervenções de maior complexidade estrutural, e que demanda reduzida manutenção ao longo do tempo, garantindo maior durabilidade operacional. Outro ponto relevante é o curto prazo necessário para sua instalação, o que possibilita a rápida adequação dos cruzamentos analisados, minimizando transtornos à mobilidade local e proporcionando resultados imediatos em termos de segurança e acessibilidade.

Por fim, ressalta-se que o Apêndice A apresenta o projeto funcional desenvolvido no âmbito deste trabalho. Embora sua elaboração tenha como finalidade principal a aplicação acadêmica e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos, todas as soluções propostas foram concebidas em conformidade com as normas técnicas e regulamentações vigentes. Dessa forma, garante-se não apenas a validade

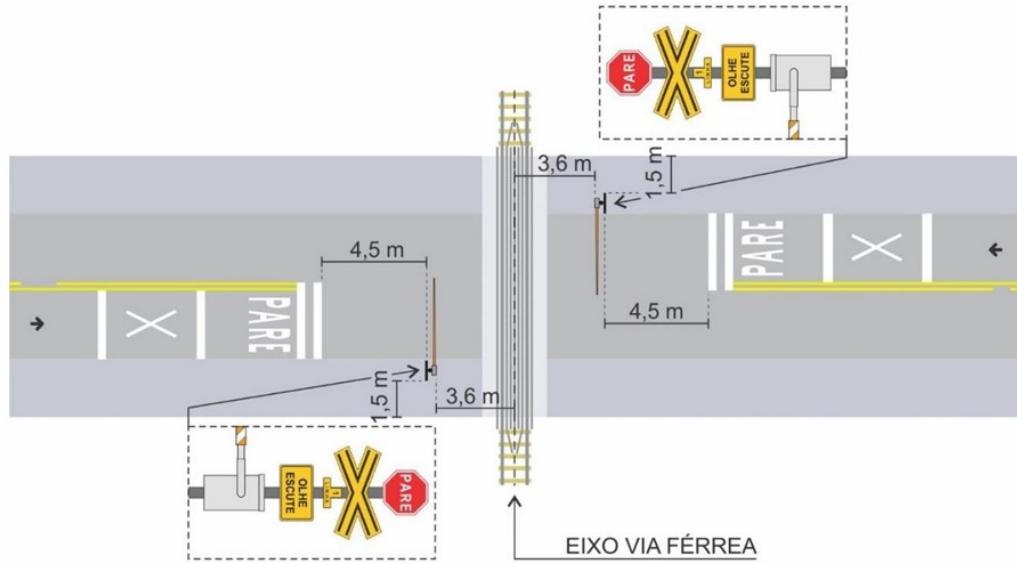
acadêmica do estudo, mas também a viabilidade prática das intervenções, caso estas venham a ser aplicadas em situações reais.

Figura 36: Cancela e sinalização adotados – visão frontal



Fonte: CONTRAN (2022).

Figura 37: Cancela e sinalização adotados – visão superior



Fonte: CONTRAN (2022)

## 5.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL

Como já discutido no capítulo anterior, as placas de sinalização nos trechos analisados apresentam sérios problemas de conformidade com os princípios básicos da sinalização viária, como visibilidade, legibilidade, padronização, posicionamento adequado e coerência — diretrizes fundamentais estabelecidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e pelo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

Em diversos pontos, as placas estão mal posicionadas, parcialmente ou totalmente obstruídas por postes, árvores ou outros elementos urbanos, além de sofrerem com a falta de manutenção, evidenciada por pinturas desgastadas, placas danificadas e até mesmo jogadas sobre as calçadas.

No sentido oeste da Rua Espanha, há um exemplo claro de comunicação ambígua com os usuários da via: nesse trecho, encontra-se uma placa A-40 (cruzamento rodoviário com cancela) seguida, poucos metros adiante, por uma placa A-39 (cruzamento rodoviário sem cancela), o que contraria o princípio da coerência e pode gerar confusão, colocando em risco a segurança dos condutores.

Outro fator que demonstra a ineficiência da sinalização vertical é a ausência de placas regulamentares obrigatórias, como a R-1 (PARE), R-6 (Proibido estacionar) e R-7 (Proibido ultrapassar), cuja presença é essencial para a ordenação do tráfego e a prevenção de acidentes.

Dessa forma, conclui-se que os requisitos mínimos de sinalização não estão sendo respeitados, contrariando os princípios estabelecidos no artigo 6º do CTB, que impõe aos órgãos de trânsito o dever de implantar e manter adequadamente a sinalização viária, garantindo um trânsito seguro e eficaz para todos os usuários.

Assim, a proposta de intervenção terá como foco o reposicionamento adequado das placas de sinalização, a realização de manutenção preventiva, incluindo a substituição ou recuperação das placas danificadas, a poda da vegetação que compromete a visibilidade e a instalação das placas regulamentares obrigatórias

atualmente ausentes.

## 5.2 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Assim como ocorre com a sinalização vertical, a sinalização horizontal também se encontra em condições inadequadas. Observa-se a ausência de marcações que delimitem as faixas de rolamento e as áreas de estacionamento, além de grande parte das inscrições existentes apresentarem pintura desgastada, comprometendo sua visibilidade e efetividade. Destaca-se ainda a falta da inscrição "PARE" e da linha de retenção dupla nos cruzamentos analisados — elementos essenciais para garantir a parada obrigatória dos veículos antes da linha férrea.

Adicionalmente, a sinalização horizontal não respeita os recuos mínimos e os limites de distância estabelecidos pelas normas técnicas para áreas próximas à via férrea, o que representa um risco à segurança e configura não conformidade com os requisitos normativos vigentes. Dessa maneira, a proposta de intervenção terá como foco o reposicionamento adequado da sinalização, a realização de manutenção preventiva, e a pintura das sinalizações obrigatórias atualmente ausentes.

## 5.3 DISPOSITIVOS AUXILIARES

Nos trechos analisados da Rua Espanha e da Rua Carlos Tasso, observa-se a presença de tachões no pavimento, lombadas e cancelas manuais. Além disso, na Rua Carlos Tasso há também um sinaleiro com campainha. Neste trabalho, propõe-se a substituição das lombadas por travessias elevadas de pedestres, uma vez que essas estruturas garantem uma passagem mais segura aos pedestres e, simultaneamente, induzem os motoristas a reduzirem a velocidade de seus veículos.

Os tachões próximos às linhas ferroviárias serão substituídos por cilindros delimitadores, uma vez que foram observadas ultrapassagens irregulares em ambos os cruzamentos. No entanto, serão utilizados tachas longitudinais de forma cadenciada ao longo de todo o raio de 250 metros. No projeto final, os dois entroncamentos contarão com cancelas padronizadas, em conformidade com as

normas técnicas vigentes.

Para os pedestres, será indicada a travessia por uma chicana lateral aos entroncamentos, projetada de forma acessível: com largura adequada para cadeirantes, piso tátil para pessoas com deficiência visual e sinalização acústica. Por fim, para evitar acessos indevidos à ferrovia, sugere-se a instalação de uma guarita com vigilância 24 horas.

#### **5.4 ACESSIBILIDADE**

Nos trechos analisados, verificou-se que as calçadas se encontram inadequadas para a circulação de pedestres, em razão de múltiplas irregularidades em suas superfícies. Entre os principais problemas identificados destacam-se inclinações excessivas, presença de degraus, obstáculos como árvores, placas e lixeiras, além de buracos e emprego de materiais inapropriados. Tais condições comprometem a mobilidade e a segurança, ocasionando, segundo relatos de moradores e usuários, frequentes quedas de pedestres e ciclistas.

Diante desse cenário, este estudo recomenda a requalificação e revitalização das áreas de passeio, de forma a assegurar padrões mínimos de acessibilidade universal, sobretudo para pessoas com deficiência e mobilidade reduzida. A proposta contempla a implantação de travessias elevadas e de uma passagem do tipo chicana na lateral da pista rodoviária, com o intuito de reforçar a segurança viária. Complementarmente, prevê-se a construção de uma guarita no lado oposto à chicana, destinada a oferecer apoio à população e a inibir práticas de depredação das estruturas de travessia, situação já observada anteriormente na Rua Carlos Tasso.

As novas calçadas devem respeitar os limites de inclinação transversal e longitudinal, devem permitir a faixa livre mínima e possui piso táctil para deficientes visuais se orientarem em relação a travessia especial. Sendo a inclinação transversal: até 2% para pisos internos e até 3% para pisos externos; inclinação longitudinal inferior a 5%, já que valores superiores caracterizam rampas e devem obedecer aos critérios específicos para essas estruturas. E a presença de desniveis deve ser evitada, quando inevitáveis desniveis de até 5 mm não exigem tratamento

especial; entre 5 mm e 20 mm, devem ter inclinação máxima de 1:2 (50%); e acima de 20 mm, são considerados degraus e devem seguir as exigências aplicáveis.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os resultados referentes a um estudo dos critérios técnicos para escolha da necessidade de implantação e posteriormente escolha da melhor sinalização de dois entroncamentos rodoviários na cidade de Uberaba, no estado de Minas Gerais. Os resultados obtidos neste estudo podem servir como base para o desenvolvimento de novos dispositivos de sinalização e acessibilidade ou como diretrizes para aprimorar os métodos de análise dos critérios de projeto e de estudo de critérios técnicos referente a infraestrutura urbana e integração de modais de transporte. Além disso, as revisões bibliográficas reforçam a importância da realização de pesquisas futuras sobre o tema, considerando que alguns aspectos ainda possuem potencial para serem mais aprofundados e explorados.

Durante o desenvolvimento do estudo, algumas limitações se destacaram e impactaram o aprofundamento das análises. A ausência de um índice atualizado de acidentes recentes dificultou a avaliação quantitativa do nível de risco nos cruzamentos. Da mesma forma, a inexistência de uma modelagem de tráfego específica para a área comprometeu a análise mais detalhada do fluxo de veículos. Outro fator limitante foi a falta de medições da velocidade real praticada na via, o que teria permitido maior precisão na proposição de medidas de segurança. Além disso, a indisponibilidade de equipamentos de georreferenciamento, como receptores de GPS de alta precisão, restringiu a elaboração de um projeto mais acurado em termos geométricos e espaciais.

Entretanto por meio deste trabalho, foi possível realizar uma análise crítica dos problemas urbanos no Brasil e algumas das possíveis soluções que podem ser adotadas para mitigar os efeitos negativos que esses problemas podem gerar sobre a ocorrência de sinistros graves. É importante destacar que as alterações na sinalização e dispositivos propostos são consideradas uma alternativa viável por ser de baixo custo e rápida, porém não a única. É recomendado que outras soluções de engenharia sejam avaliadas tecnicamente como, por exemplo, fechamento da via

rodoviária e mudança no projeto geométrico da via, permitindo uma comparação direta.

Outra proposta de intervenção consiste na implementação de campanhas educativas voltadas à conscientização dos usuários da via quanto à importância do cumprimento da sinalização e aos riscos envolvidos nas travessias rodoferroviárias. Essas ações têm como objetivo promover mudanças de comportamento e reforçar a segurança viária na região do entroncamento

Diante do exposto, a presente pesquisa, composta pelo trabalho escrito em conjunto com a planta do projeto funcional, evidencia a relevância do desenvolvimento de estudos técnicos conduzidos com seriedade na área da engenharia rodoviária. Por meio de uma revisão da literatura, seguida da proposição de um estudo de caso, este trabalho põe em pauta a área da segurança viária e sua principal meta: a redução e prevenção de sinistros rodoviários, buscando aumentar a segurança do usuário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7613:2020 Via férrea – Travessia rodoviária – Determinação do grau de importância e momento de circulação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7635:2010 Sinalização ferroviária – Terminologia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7641:1980 Via permanente ferroviária.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050:2020 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11542:2010 Via férrea – Travessia – Identificação

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12731:1992 Via-férrea -Travessia rodoviária de pedestre e de animal.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15680:2017 Via férrea – Travessia rodoviária – Requisitos de projeto para passagem em nível público.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15942:2019 Via férrea – Travessia rodoviária – Passagem de nível pública – Classificação e requisitos para equipamentos de proteção.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16537:2024 Acessibilidade – Sinalização tátil no piso – Diretrizes para elaboração de projetos e instalação.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I: Sinalização Vertical de Regulamentação. Brasília, DF:

Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), 2022.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II: Sinalização Vertical de Advertência. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), 2022.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume III: Sinalização Vertical de Indicação. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), 2022.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV: Sinalização Horizontal. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), 2022.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume VI: Dispositivos Auxiliares. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), 2022.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IX: Cruzamentos Rodoviários. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Instrução de Serviço Ferroviário 221/2015 – Projeto de Passagem em Nível. Brasília: DNIT, 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Instrução de Serviço Ferroviário 217/2015 – Projeto de Sinalização Ferroviária. Brasília: DNIT, 2015.