

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA E METROVIÁRIA

GUSTAVO HEIDEN

PROPOSTA DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SELEÇÃO DE
TECNOLOGIA PARA SINALIZAÇÃO DE PASSAGENS EM NÍVEL, BASEADO NO
CRITÉRIO DE SEGURANÇA

Joinville

2017

GUSTAVO HEIDEN

PROPOSTA DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SELEÇÃO DE
TECNOLOGIA PARA SINALIZAÇÃO DE PASSAGENS EM NÍVEL, BASEADO NO
CRITÉRIO DE SEGURANÇA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ferroviária e Metroviária apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.
Orientadora: Profa. Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic, Dra. Eng.

Joinville

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Heiden, Gustavo

Proposta de um programa computacional para seleção de tecnologia para sinalização de passagens em nível, baseado no critério de segurança / Gustavo Heiden ; orientadora, Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic , 2017.

98 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville,
Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária,
Joinville, 2017.

Inclui referências.

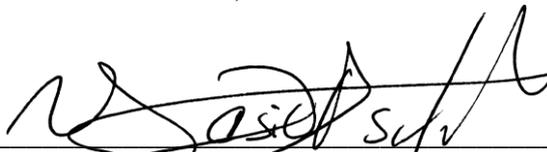
1. Engenharia Ferroviária e Metroviária. 2. Sinalização de passagens em nível. I. , Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária. III. Título.

GUSTAVO HEIDEN

PROPOSTA DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SELEÇÃO DE
TECNOLOGIA PARA SINALIZAÇÃO DE PASSAGENS EM NÍVEL, BASEADO NO
CRITÉRIO DE SEGURANÇA

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
“Engenheiro Ferroviário e Metroviário” e aprovado em sua forma final pela Banca
examinadora e pelo Curso de Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária da
Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, 29 de Junho de 2017.



Prof. Yesid Ernesto Asaff Mendoza, Dr. Eng.
Coordenador do Curso de Engenharia Ferroviária e Metroviária

Banca Examinadora:



Profa. Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic, Dra. Eng.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Yesid Ernesto Asaff Mendoza, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina



Profa. Elisete Santos da Silva Zagheni, Dra. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

As passagens em nível, também chamadas de cruzamentos rodoferroviários, representam os pontos de cruzamento, no mesmo nível, da linha férrea com ruas ou estradas. Uma vez que não há separação física dos trens e outros veículos ou pessoas, este local é suscetível a acidentes. Por isso, a definição de medidas de segurança apresenta essencial importância. Para tanto são utilizadas duas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a NBR 7613 para representação numérica da intensidade de utilização do cruzamento e a NBR 15942 que define os requisitos dos equipamentos de proteção para passagem em nível. Este trabalho de conclusão de curso propõe a criação de um programa computacional para a definição do dispositivo de proteção da passagem em nível, mediante o cálculo dos índices normatizados: momento de circulação, grau de importância e índice de criticidade. Além disso, a resposta final apresenta uma estimativa dos custos de aquisição, que foi obtida por meio de pesquisa bibliográfica de reportagens e licitações. A comprovação da eficiência do programa desenvolvido foi realizada ao comparar as respostas obtidas a partir de sua aplicação com os resultados de um estudo feito em algumas passagens em nível de Joinville.

Palavras-chave: Passagem em nível. Equipamentos de proteção. Programa computacional. Momento de circulação. Grau de importância. Índice de criticidade.

ABSTRACT

Level crossings, also known as grade crossings, are the intersections where the tracks cross a road or a path at the same level. As there isn't any physical separation between trains and other road vehicles or people, accidents are more susceptible to happen. Hence, defining adequate protective arrangements is the key in order to ensure the safety needed. In Brazil, there are two documents standardised by Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) used to achieve this, the NBR 7613 which defines three metrics that quantify movements over the crossing and the NBR 15942 which establishes the requirements for level crossings protection equipment. In this undergraduate dissertation, an application software is proposed to give guidance on the level crossing safety devices by means of the standard metrics evaluation, which are: moment of circulation, degree of importance and critical index. Furthermore, the software estimates the acquisition costs of the equipment chosen. These prices were obtained by researching public contracts and news. Moreover, the results of a study about Joinville's grade crossing safety were compared to the ones given by the program with the intention to verify its efficiency.

Keywords: Level crossing. Protective arrangements. Application software. Moment of circulation. Degree of importance. Critical index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia de pesquisa utilizada no trabalho.....	22
Figura 2 – Placa do equipamento de proteção Tipo 0.....	27
Figura 3 – Placa do equipamento de proteção Tipo 1 e 2 (poste).....	28
Figura 4 – Placa do equipamento de proteção Tipo 1 e 2 (tubo).....	29
Figura 5 – Cancela do equipamento de proteção Tipo 2b, 2d, 3d, 3e, 3f.....	31
Figura 6 – Placa do equipamento de proteção Tipo 3a, 3d.	33
Figura 7 – Placa do equipamento de proteção Tipo 3b, 3e.	33
Figura 8 – Placa do equipamento de proteção Tipo 3c, 3f, 5.	34
Figura 9 – Equipamento de proteção Tipo 4.	35
Figura 10 – Cancela do equipamento de proteção Tipo 5.....	36
Figura 11 - Fluxograma representativo do cálculo dos índices.	51
Figura 12 – Parte a ser preenchida quando for utilizado o método indireto.	53
Figura 13 – Formulário do GI.....	54
Figura 14 – Formulário do IC.....	54
Figura 15 – Botões para geração das repostas finais.	55
Figura 16 – Ilustração do sistema de EPN equivalente ao Tipo 4.....	67
Figura 17 – Ilustração do sistema de EPN equivalente ao Tipo 5.....	70
Figura 18 – Introdução.....	71
Figura 19 – Cálculo do MC (Parte 1).....	72
Figura 20 – Cálculo do MC (Parte 2).....	73
Figura 21 – Cálculo do GI.....	74
Figura 22 – Cálculo do IC.....	75
Figura 23 – Resultados.....	76
Figura 24 – Resposta MC ou IC (vias expressas).....	77
Figura 25 – Resposta MC ou IC (Tipo 1a).....	77
Figura 26 – Resposta MC ou IC (Tipo 1b).....	78
Figura 27 – Resposta MC ou IC (Tipo 2a).....	79
Figura 28 – Resposta MC ou IC (Tipo 2b).....	80
Figura 29 – Resposta MC ou IC (Tipo 2c).....	81
Figura 30 – Resposta MC ou IC (Tipo 2d).....	82
Figura 31 – Resposta MC ou IC (Tipo 3a).....	83
Figura 32 – Resposta MC ou IC (Tipo 3b).....	84

Figura 33 – Resposta MC ou IC (Tipo 3c).....	85
Figura 34 – Resposta MC ou IC (Tipo 3d).....	86
Figura 35 – Resposta MC ou IC (Tipo 3e).....	87
Figura 36 – Resposta MC ou IC (Tipo 3f).	88
Figura 37 – Resposta MC ou IC (Tipo 4).....	89
Figura 38 – Resposta MC ou IC (Tipo 5).....	90
Figura 39 – Resposta GI (resultado menor que 20000).	91
Figura 40 – Resposta GI (resultado maior que 20000).	91
Figura 41 – Proteção Passiva (Tipo 0).	93
Figura 42 – Proteção Passiva (Tipo 1a).	93
Figura 43 – Proteção Passiva (Tipo 1b).	94
Figura 44 – Proteção Passiva (Tipo 2a).	94
Figura 45 – Proteção Passiva (Tipo 2b).	94
Figura 46 – Proteção Passiva (Tipo 2c).	95
Figura 47 – Proteção Passiva (Tipo 2d).	95
Figura 48 – Proteção Passiva (Tipo 3a).	95
Figura 49 – Proteção Passiva (Tipo 3b).	96
Figura 50 – Proteção Passiva (Tipo 3c).	96
Figura 51 – Proteção Passiva (Tipo 3d).	96
Figura 52 – Proteção Passiva (Tipo 3e).	97
Figura 53 – Proteção Passiva (Tipo 3f).....	97
Figura 54 – Proteção Passiva (Tipo 4).	97
Figura 55 – Proteção Passiva (Tipo 5).	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições dos termos utilizados pela área de sinalização ferroviária.	25
Quadro 2 – Tipos de equipamentos de passagens em nível.	26
Quadro 3 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 0.	27
Quadro 4 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 1.	28
Quadro 5 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 2.	30
Quadro 6 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 3.	31
Quadro 7 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 4.	34
Quadro 8 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 5.	36
Quadro 9 – Incógnitas usadas para o cálculo do volume de veículos.	38
Quadro 10 – Valores do fpa_{5anos}	45
Quadro 11 – Recomendação de EPN baseado no valor de GI.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Acidentes ocorridos em passagens em nível entre 2006 e 2015.	20
Tabela 2 – Cálculo do fator representativo (f).....	42
Tabela 3 – Cálculo do fator representativo (f_c).	47
Tabela 4 – Diretrizes para melhoria de EPN para área urbana conforme MC e IC.	48
Tabela 5 – Diretrizes para melhoria de EPN para área rural conforme MC e IC.....	49
Tabela 6 – Valores de entrada coletados para cada PN.	58
Tabela 7 – IC calculado no programa.	59

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPN	Equipamento de passagem em nível
FRA	Federal Railroad Administration
FPA	Fator Ponderado de Acidentes
GCIIP	Grade Crossing Improvement Program
GI	Grau de Importância
IC	Índice de Criticidade
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
MC	Momento de Circulação
NBR	Norma Brasileira
PN	Passagem em nível
RFSA	Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	OBJETIVOS.....	21
1.1.1	Objetivo Geral.....	21
1.1.2	Objetivos Específicos	22
1.2	METODOLOGIA DE PESQUISA	22
2	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DE PASSAGEM EM NÍVEL.....	25
2.1	ILUSTRAÇÕES REFERENTES AO TIPO DE EPN	26
3	MODELOS PARA ANÁLISE DE SEGURANÇA DA VIA.....	37
3.1	MOMENTO DE CIRCULAÇÃO	37
3.1.1	Quantidade de trens (T_D e T_N).....	37
3.1.2	Fator de ajustamento para o número de vias férreas	38
3.1.3	Cálculo do volume de veículos.....	38
3.1.3.1	<i>LEVANTAMENTO DE DADOS</i>	<i>39</i>
3.1.3.2	<i>FATORES DE EXPANSÃO, AJUSTE E DE CONVERSÃO</i>	<i>40</i>
3.1.3.3	<i>CÁLCULO DO VOLUME MISTO EQUIVALENTE</i>	<i>41</i>
3.1.3.4	<i>FATORES DE EQUIVALÊNCIA.....</i>	<i>41</i>
3.2	GRAU DE IMPORTÂNCIA.....	42
3.2.1	Cálculo do fator representativo (f)	42
3.2.2	Quantidade de trens (T).....	43
3.2.3	Volume de veículos (V_D e V_N)	44
3.2.4	Fator ponderado de acidentes	44
3.3	ÍNDICE DE CRITICIDADE.....	46
3.3.1	Cálculo do fator representativo das condições físicas da PN (f_c)	46
3.3.2	Volume de veículos (V_D e V_N)	47
3.3.3	Quantidade de trens (T_D e T_N).....	48
3.4	DIRETRIZES PARA ESCOLHA DA SINALIZAÇÃO VIÁRIA ADEQUADA....	48
3.4.1	Diretriz baseada no MC e IC.....	48
3.4.2	Diretriz baseada no GI.....	49
3.4.3	Orientações segundo o FPA.....	49
4	PROGRAMA COMPUTACIONAL.....	51
4.1	LINGUAGEM UTILIZADA	52
4.2	LAYOUT	52

4.3	MODO DE USAR O PROGRAMA.....	52
5	ESTUDO DE CASO.....	57
5.1	CÁLCULO COM O USO DO PROGRAMA.....	57
5.2	COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS	59
6	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	63
	APÊNDICE A – PESQUISA DE CUSTOS DO EQUIPAMENTO TIPO 4	67
	APÊNDICE B – PESQUISA DE CUSTOS DO EQUIPAMENTO TIPO 5.....	69
	APÊNDICE C – CONTEÚDO DO PROGRAMA DESENVOLVIDO.....	71
	APÊNDICE D – TELAS DE RESPOSTAS POSSÍVEIS	77
	ANEXO A – CARACTERÍSTICAS DETALHADAS DA VIA	93

1 INTRODUÇÃO

As passagens em nível representam um dos pontos limitantes da eficiência e atenuantes do nível de segurança de uma ferrovia, uma vez que não há separação de seus usuários (trens, veículos rodoviários e pedestres). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009), pela norma NBR 15680, define passagem em nível (PN) como o cruzamento da via férrea com a via rodoviária no mesmo plano horizontal. Para o Código de Trânsito Brasileiro (CTB BRASIL, 1997a), passagem em nível é “[...] todo cruzamento de nível entre uma via e uma linha férrea ou trilho de bonde com pista própria”.

Segundo a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF, 2010), existe um total de 12.289 passagens em nível, sendo 2.659 consideradas críticas. Considerando a extensão de 29.291 km de malha do sistema ferroviário de carga brasileiro (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2016), obtém-se o indicador de uma PN a cada 2.383 metros de linha férrea.

Todos os cruzamentos de estradas e ruas com as ferrovias aumentam a possibilidade de acidentes, colisões e atropelamentos, que por sua vez acarretam a diminuição da velocidade dos trens (BRASIL, 2007). Essa redução pode chegar a até 5 km/h (ANTF, 201-, BRASIL, 2010 e ANTF, 2010).

A fim de quantificar esses acidentes, a Tabela 1 apresenta os dados referentes aos acidentes ocorridos nas passagens em nível entre os anos de 2006 e 2015 no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa. Os números apresentados são relativos às bases de dados descritas a seguir e foram organizados de modo a criar uma única tabela.

No Brasil, os dados referentes aos acidentes ocorridos em passagens em nível das ferrovias são de posse da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que foram disponibilizados mediante contato (LIMA, 2016).

Em âmbito internacional, o escritório de estatística europeu Eurostat é o responsável pela coleta e tratamento de dados referentes aos acidentes ocorridos em cruzamentos de ferrovias e rodovias. Nos Estados Unidos, o órgão vinculado ao departamento de transporte que coleta os dados referente aos acidentes é o Federal Railroad Administration (FRA).

Tabela 1 – Acidentes ocorridos em passagens em nível entre 2006 e 2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Alemanha	119	179	116	92	107	91	118	103	99	121
Bélgica	26	45	23	18	17	17	18	14	22	13
Brasil	307	275	233	300	573	1.144	1.048	997	930	1.012
Espanha	17	33	19	28	21	17	16	11	11	9
Estados Unidos	2.942	2.778	2.429	1.933	2.052	2.062	1.987	2.101	2.293	2.067
França	50	48	52	58	46	46	43	49	55	41
Hungria	51	51	58	40	52	50	51	41	40	36
Itália	39	20	15	5	17	22	33	21	18	16
Países Baixos	14	26	24	17	9	12	22	9	14	14
Países Nórdicos	35	39	21	37	36	21	34	33	27	26
Polônia	114	155	143	149	111	113	102	92	69	97
Portugal	27	28	25	22	14	7	13	16	9	7
Reino Unido	8	14	19	15	10	8	10	11	9	2
Turquia	174	186	151	241	89	97	70	66	78	46
Demais países europeus	323	417	384	361	355	276	328	301	308	233

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em Estados Unidos (2016), Lima (2016) e União Europeia (2016).

De posse dos elevados números, surge então o questionamento de como eliminar esse problema gerado pelas passagens em nível no Brasil. Algumas das soluções apontadas são:

- Sinalização adequada (ANTF, [201-]; BRASIL, 2007; CNT, 2015);
- Obras de contornos em áreas urbanas densamente povoadas (ANTF, [201-]; CNT, 2015);
- Viadutos e travessias (ANTF, [201-]; BRASIL, 2007; CNT, 2015);
- Definição, por parte da ANTT, de padrões de segurança (BRASIL, 2007);
- Ações de responsabilidade social, tais como campanhas educativas de conscientização de segurança (ANTF, [201-]; BRASIL, 2007; CNT, 2015).

Sobre os investimentos necessários para elaboração e execução de projetos que contemplem as soluções descritas acima, a pesquisa CNT de Ferrovias 2015 afirma que:

[...] O montante de investimentos estimado, em valores de 2011, foi de R\$ 7,1 bilhões, subdivididos em 122 projetos em áreas urbanas e mais de 46 obras em passagens rurais. Apesar do elevado volume de recursos necessários, a realização das intervenções, segundo o estudo, resultaria num benefício total de aproximadamente R\$ 19,2 bilhões, relativos à redução do custo do tempo de obstrução, à redução do custo de consumo de combustíveis e à valorização imobiliária. [...] (CNT, 2015, p. 156).

No Canadá, o programa governamental Grade Crossing Improvement Program (GCIP), investe em projetos de melhoria de passagens em nível, contribuindo em até 50% dos custos, com um teto estipulado em 550 mil dólares por investimento. Estima-se uma diminuição em 123 acidentes no período de 20 anos de utilização dos equipamentos e um retorno indireto de mais de 66 milhões, além do total investido (CANADÁ, 2015).

Portanto, ao levar em consideração o expressivo número de acidentes que ocorrem em PN e os altos investimentos necessários para projetos de segurança, identifica-se a necessidade de uma solução. Neste trabalho de conclusão de curso é proposta a criação de um programa computacional para seleção da tecnologia de sinalização de passagem em nível mais adequada, considerando o fator de segurança.

A elaboração deste programa computacional consiste na criação de uma rotina para realização dos cálculos para seleção de tecnologias de sinalização para uma PN, empregando critérios presentes na norma ABNT NBR 7613 e na norma da Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA) N-DSE-017. Em adição foi consultado um trabalho acadêmico disponível na literatura que originou um dos parâmetros utilizados.

Além disso, baseando-se nos custos referentes a cada solução de sinalização, é proposta como resposta a estimativa financeira de implantação do equipamento. Assim, pretende-se criar uma ferramenta para seleção da melhor solução de sinalização para PN, juntamente com os custos de aquisição dos equipamentos.

O software proposto poderá, ainda, auxiliar as futuras reivindicações de aumento de segurança de PN, pois os cálculos realizados seguem as normas da ABNT vigentes. Neste caso, a solicitação de aprimoramento se dá pela comparação do resultado obtido pelo uso do programa com a solução utilizada atualmente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um programa computacional para seleção de tecnologia de sinalização para passagem em nível, considerando o fator de segurança.

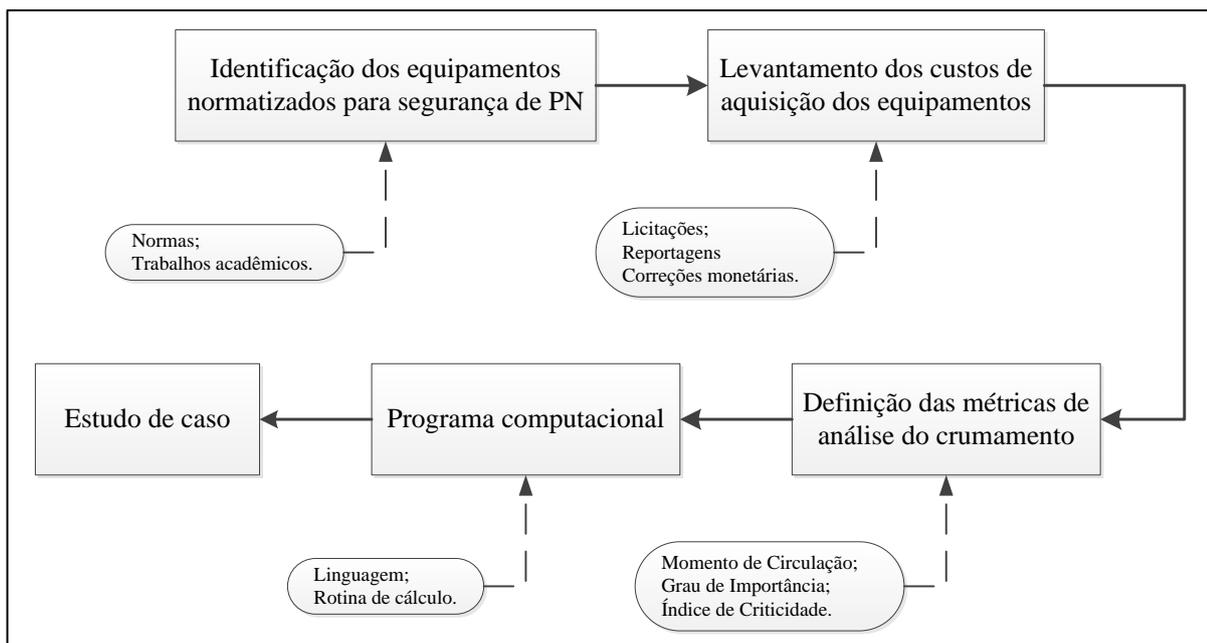
1.1.2 Objetivos Específicos

- Definição de critérios de classificação dos equipamentos de segurança para as passagens em nível com base na literatura da área e apresentação das metodologias de procedimento de escolha;
- Pesquisa de custos para implantação das soluções existentes para sinalização em PN;
- Criação do programa para o cálculo de seleção do equipamento de passagem em nível com base no critério de segurança e apresentar as informações de custo obtidas;
- Aplicação do método em um caso real de PN na cidade de Joinville, SC;
- Contribuir como base teórica para a disciplina de Comunicação e Sinalização Ferroviária e Metroviária.

1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Culminando com a criação de uma ferramenta para o cálculo da solução adequada de sinalização para PN, este trabalho demandou, primeiramente, uma extensiva pesquisa em normas e trabalhos acadêmicos. Toda a organização necessária pode ser visto no fluxograma abaixo (Figura 1).

Figura 1 – Metodologia de pesquisa utilizada no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Este trabalho foi organizado de forma a, primeiramente, identificar e caracterizar as soluções para sinalização em PN existentes mediante pesquisa em normas vigentes e metodologias consagradas (Capítulo 2).

No Capítulo 3, realiza-se a atribuição do método para estabelecer os critérios de segurança. A partir dos critérios previamente estudados tem-se o desenvolvimento do software proposto como objetivo geral (Capítulo 4).

No Capítulo 5, propõe-se a aplicação do programa em um estudo de caso realizado com dados de uma pesquisa em passagens em nível na cidade de Joinville, SC. Por fim, o Capítulo 6, apresenta os resultados deste trabalho de maneira a verificar o atendimento dos objetivos propostos e apontar possibilidades de continuação da pesquisa.

2 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DE PASSAGEM EM NÍVEL

O Equipamento de Passagem em Nível (EPN) é classificado pela ABNT NBR 15942 (ABNT, 2011a) em proteção ativa e proteção passiva. As definições dos termos utilizados neste trabalho estão resumidas no Quadro 1.

Quadro 1 – Definições dos termos utilizados pela área de sinalização ferroviária.

Terminologia	Definição
Balizador	Também chamado de sinalizador ou guarda-cancela, é o funcionário responsável pelo acionamento das proteções manuais.
Cancela	Tipo de barreira em que a abertura e o fechamento se processam por meio de dispositivo dotado de movimento de rotação ou de translação.
Proteção ativa	Sinalização em que as informações aos usuários da PN variam ao longo do tempo, indicando a presença de um trem no trecho, acionada por equipamento automático ou manual, através de sinais acústicos, luminosos, cancelas ou bandeiras.
Proteção ativa com operação automática	Tipo de proteção ativa na qual a informação quanto ao tráfego é acionada por controle automático
Proteção ativa com operação manual	Tipo de proteção ativa na qual a informação quanto ao tráfego é procedida por sinalização manual ou por outro tipo de sinalização acionada por controle manual.
Proteção ativa manual com energia elétrica	Tipo de proteção ativa na qual a informação quanto ao tráfego é procedida por sinalização elétrica e/ou eletromecânica, acionada por controle manual.
Proteção ativa manual sem energia elétrica	Tipo de proteção ativa com operação manual na qual a informação quanto ao tráfego é procedida por sinalização manual.
Proteção passiva	Proteção em que as informações aos usuários da PN ficam inalteradas ao longo do tempo, sendo constituída por sinalização vertical (placas) e horizontal (pinturas e dispositivos de solo).
SAG	Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento automático, com guarda-cancela.
SAL	Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento automático, sem guarda-cancela.
SMG	Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento manual, com guarda-cancela.
SML	Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento manual, sem guarda-cancela.
SOS	Proteção sem aviso de aproximação do trem (apenas placas).
SSI	Sem qualquer proteção

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em ABNT (2010) e RFFSA (1986).

Cada classe de proteção, definida no Quadro 1, apresenta diferentes tipos que são definidos conforme a NBR 15942 (ABNT, 2011a). Os tipos de EPN estão apresentados no Quadro 2 e seguem uma ordem crescente em relação ao nível de segurança.

Quadro 2 – Tipos de equipamentos de passagens em nível.

Tipo	Característica
Tipo 0	Utilizado para proteção de PN particular.
Tipo 1a	Proteção simples.
Tipo 1b	Proteção simples com sinalização de advertência.
Tipo 2a	Balizador (sinalizador) manual.
Tipo 2b	Cancela manual.
Tipo 2c	Balizador manual com sinalização de advertência.
Tipo 2d	Cancela manual com sinalização de advertência.
Tipo 3a	Campainha com controle manual.
Tipo 3b	Sinal luminoso com controle manual.
Tipo 3c	Campainha e sinal luminoso com controle manual.
Tipo 3d	Campainha e cancela manual.
Tipo 3e	Sinal luminoso e cancela manual.
Tipo 3f	Campainha, sinal luminoso e cancela manual.
Tipo 4	Campainha e sinal luminoso com controle automático.
Tipo 5	Cancela automática.

Fonte: Adaptado de ABNT (2011a, p. 2).

As representações ilustrativas dos EPN de proteção passiva e ativa podem ser visualizadas no subitem a seguir.

2.1 ILUSTRAÇÕES REFERENTES AO TIPO DE EPN

Para melhor entendimento de como são configuradas os tipos de EPN, cada tipo de proteção está detalhado a seguir com suas ilustrações retiradas do estudo do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) “Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas” (BRASIL, 2015) e da norma ABNT NBR 15942 “Via férrea: Travessia rodoviária: Passagem de nível pública: Equipamento de proteção: Classificação” (ABNT, 2011a). As características detalhadas da sinalização viária estão apresentadas no Anexo A.

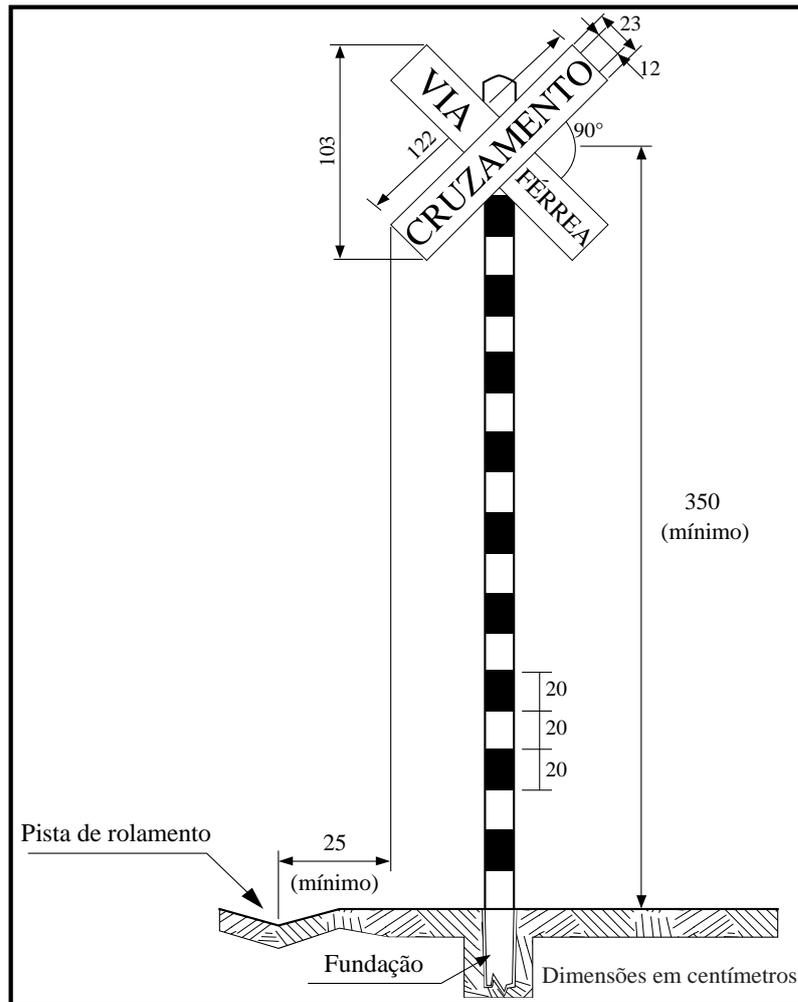
O Quadro 3 apresenta o equipamento utilizado em PN particular.

Quadro 3 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 0.

Tipo	Nomenclatura	Componentes
0	Sem Sinalização	<ul style="list-style-type: none"> Uma placa de sinalização (Figura 2).

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em Brasil (2015, p. 39).

Figura 2 – Placa do equipamento de proteção Tipo 0.



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 43).

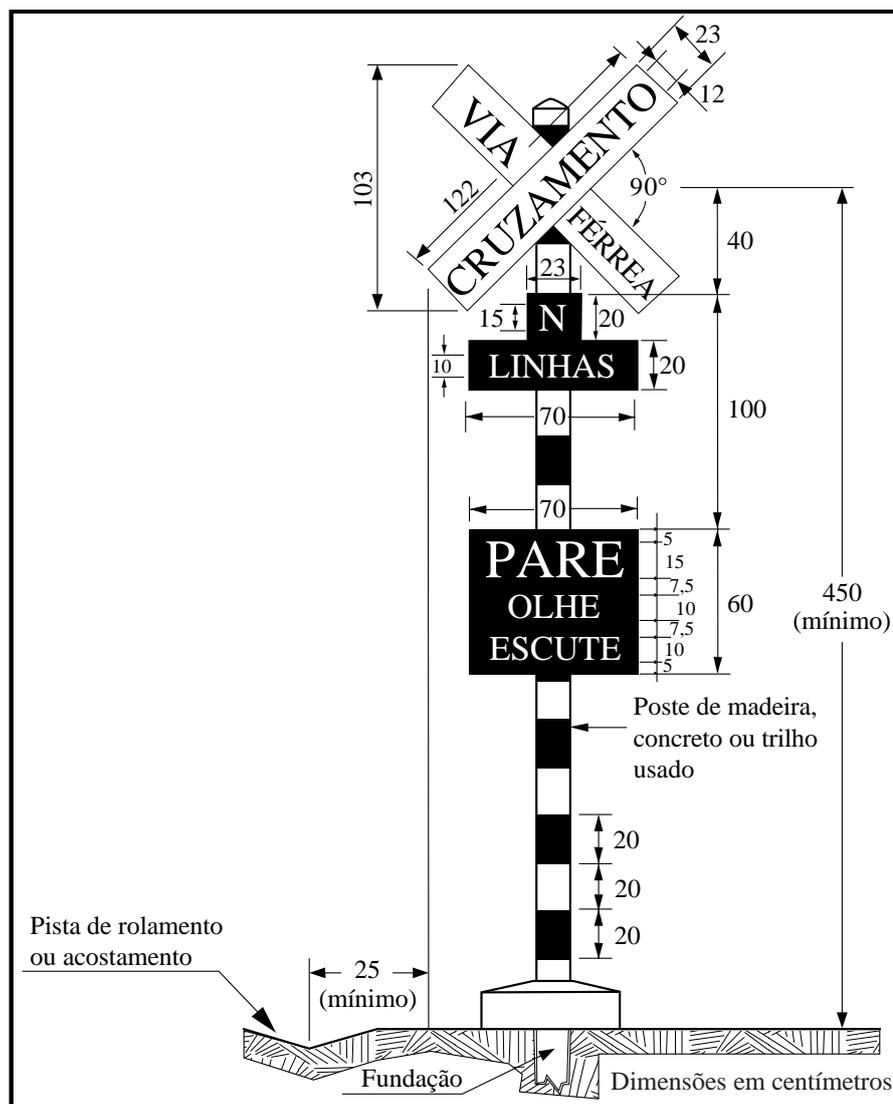
No Quadro 4 está sintetizado todo o Tipo 1, que é composto de equipamentos de proteção passivos (apenas placas).

Quadro 4 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 1.

Tipo	Nomenclatura	Componentes
1a	Passiva – Proteção Simples	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização (Figura 3 ou Figura 4); • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso).
1b	Passiva – Proteção Simples com Sinalização de Advertência	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização (Figura 3 ou Figura 4); • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade.

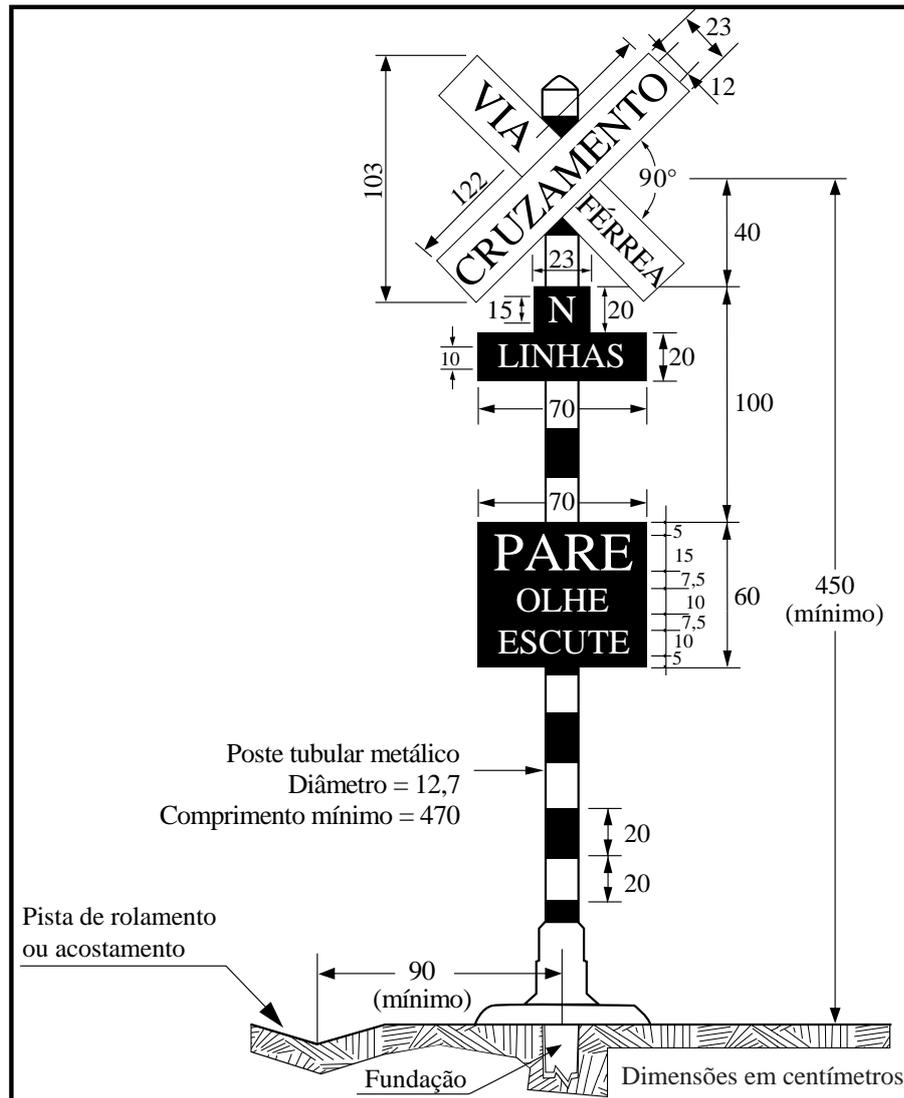
Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em Brasil (2015, p. 39).

Figura 3 – Placa do equipamento de proteção Tipo 1 e 2 (poste).



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 44).

Figura 4 – Placa do equipamento de proteção Tipo 1 e 2 (tubo).



Fonte: ABNT (2011a, p. 5).

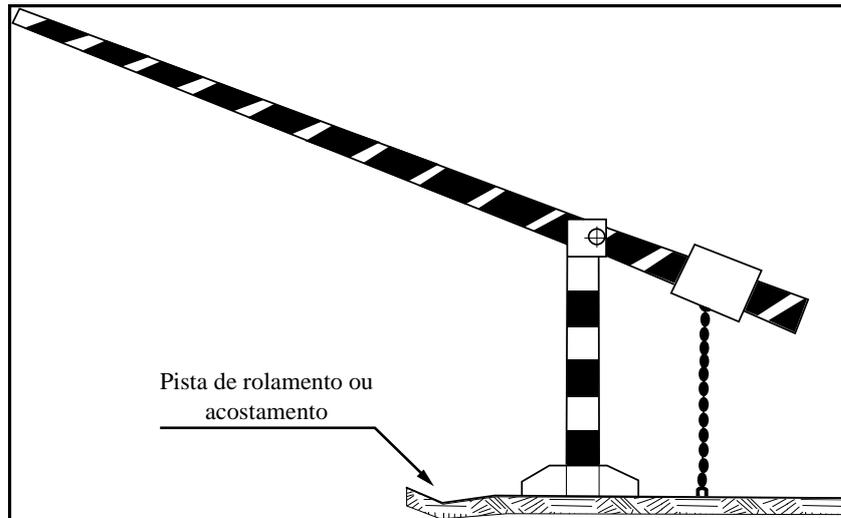
A partir do EPN Tipo 2 a proteção é ativa, neste caso, a operação dos sinais de advertência é feita pelo balizador. No Quadro 5 pode-se visualizar todas as configurações possíveis para o Tipo 2.

Quadro 5 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 2.

Tipo	Nomenclatura	Componentes
2a	Ativa Manual – Balizador Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização (Figura 3 ou Figura 4); • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
2b	Ativa Manual – Barreira Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização (Figura 3 ou Figura 4); • Cancela manual acionada pelo balizador (Figura 5); • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
2c	Ativa Manual – Balizador Manual com Sinalização de Advertência	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização (Figura 3 ou Figura 4); • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
2d	Ativa Manual – Barreira Manual com Sinalização de Advertência	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização (Figura 3 ou Figura 4); • Cancela manual acionada pelo balizador (Figura 5); • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em Brasil (2015, p. 39).

Figura 5 – Cancela do equipamento de proteção Tipo 2b, 2d, 3d, 3e, 3f.



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 47).

O EPN do Tipo 3 apresenta como aumento de segurança a utilização de placas que avisam, mediante sinal sonoro ou luminoso, da aproximação do trem. Neste caso o acionamento ainda é realizado pelo guarda-cancela. O Quadro 6 mostra as características dessa classe de proteção.

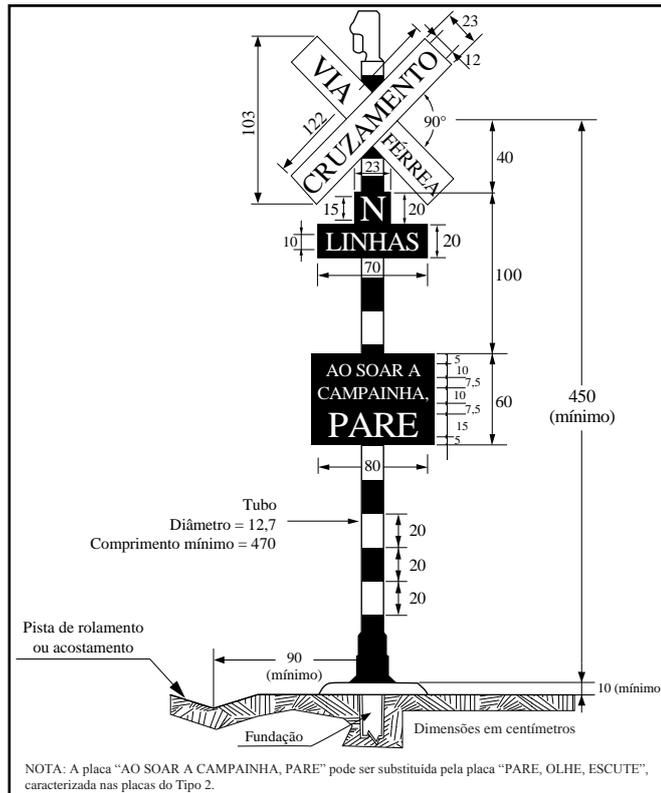
Quadro 6 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 3.

(Continua)

Tipo	Nomenclatura	Componentes
3a	Ativa Manual Elétrica – Campanha com Controle Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização com campainha (Figura 6); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que aciona a campainha; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
3b	Ativa Manual Elétrica – Sinais Luminosos com Controle Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização com sinal luminoso (Figura 7); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que aciona o sinal luminoso; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.

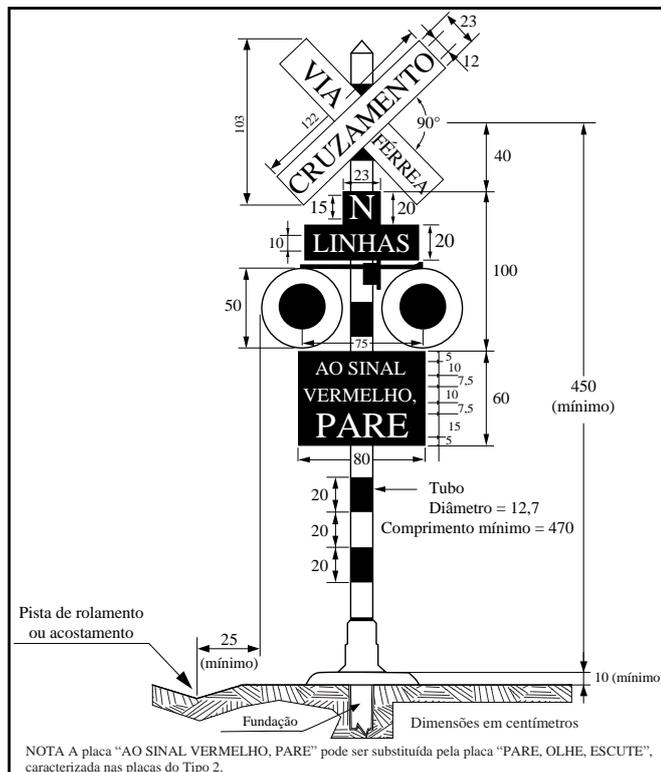
Tipo	Nomenclatura	Componentes
3c	Ativa Manual Elétrica – Campanha e Sinais Luminosos com Controle Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização com sinal múltiplo (sonoro e luminoso), ilustrado na Figura 8; • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que aciona o sinal múltiplo; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
3d	Ativa Manual Elétrica – Campanha e Barreira com Controle Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização com campanha (Figura 6); • Cancela manual acionada pelo balizador (Figura 5); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que aciona a campanha; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
3e	Ativa Manual Elétrica – Sinais Luminosos e Barreira com Controle Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização com sinal luminoso (Figura 7); • Cancela manual acionada pelo balizador (Figura 5); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que aciona o sinal luminoso; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.
3f	Ativa Manual Elétrica – Campanha, Sinais Luminosos e Barreira com Controle Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização com sinal múltiplo (sonoro e luminoso), ilustrado na Figura 8; • Cancela manual acionada pelo balizador (Figura 5); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade; • Balizador que aciona o sinal múltiplo; • Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento.

Figura 6 – Placa do equipamento de proteção Tipo 3a, 3d.



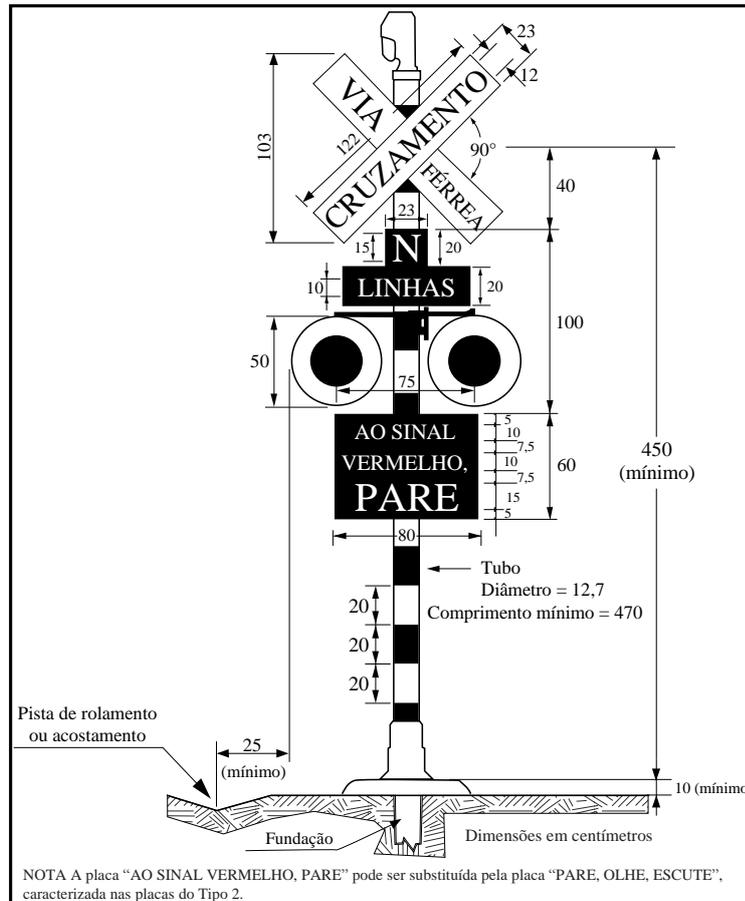
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 50).

Figura 7 – Placa do equipamento de proteção Tipo 3b, 3e.



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 51).

Figura 8 – Placa do equipamento de proteção Tipo 3c, 3f, 5.



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 52).

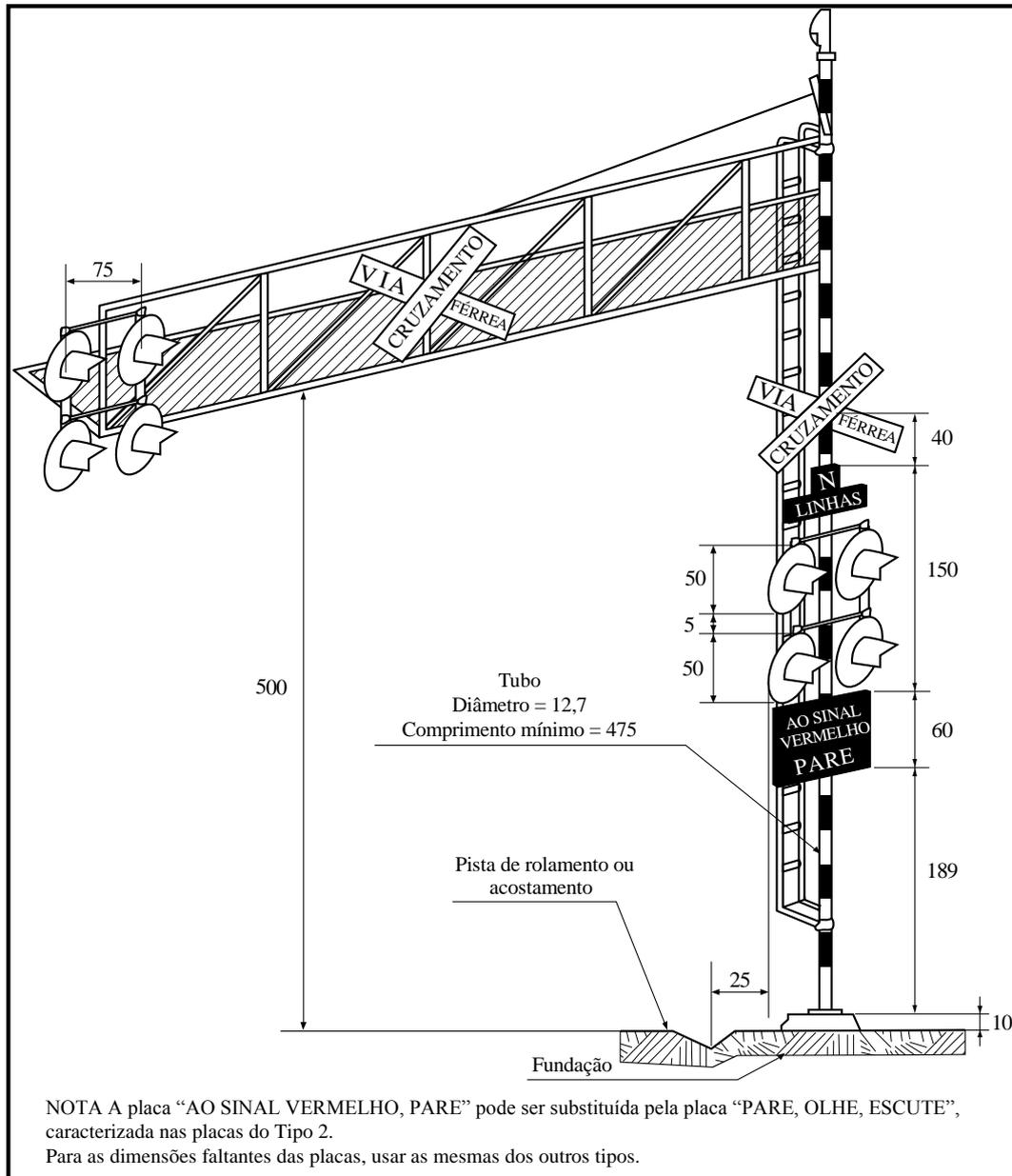
O EPN Tipo 4 é caracterizado por ser uma classe automática, apresenta uma placa de sinalização com sinal múltiplo (sonoro e luminoso). Os outros componentes podem ser vistos no Quadro 7.

Quadro 7 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 4.

Tipo	Nomenclatura	Componentes
4	Ativa Automática – Campanha e Sinais Luminosos com Controle Automático	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização múltipla (sonora e luminosa) dotada de circuitos necessários para seu acionamento automático (Figura 9); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade;

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em Brasil (2015, p. 39).

Figura 9 – Equipamento de proteção Tipo 4.



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 56).

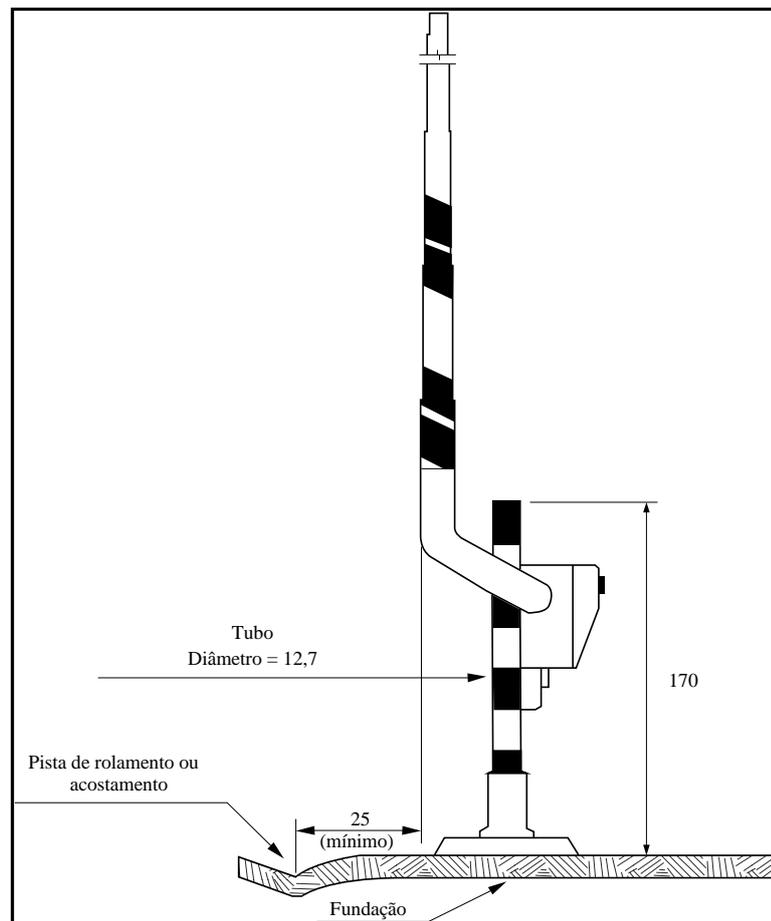
A classe mais alta de segurança é a do Tipo 5. Os equipamentos que compõem este EPN estão apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Sinalização existente na passagem em nível Tipo 5.

Tipo	Nomenclatura	Componentes
5	Ativa Automática – Barreira Automática	<ul style="list-style-type: none"> • Uma placa de sinalização múltipla (sonora e luminosa) dotada de circuitos necessários para seu acionamento automático (Figura 8); • Uma cancela de acionamento automático (Figura 10); • Uma placa de proibido ultrapassagem; • Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso); • Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade;

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em Brasil (2015, p. 39).

Figura 10 – Cancela do equipamento de proteção Tipo 5.



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 57).

Tais equipamentos são estabelecidos para compor a sinalização da via atendendo ao resultado de métricas que definem a necessidade de segurança para cada PN. No próximo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica desses modelos.

3 MODELOS PARA ANÁLISE DE SEGURANÇA DA VIA

A ABNT NBR 7613 determina os índices: Momento de Circulação (MC), Grau de Importância (GI) e Índice de Criticidade (IC) que, segundo ABNT (2011b, p. 1), “[...] representam numericamente a intensidade de utilização de uma travessia rodoviária através de via férrea em um mesmo nível, por veículos ferroviários, veículos rodoviários e pedestres”.

Este capítulo apresenta os modelos dos indicadores usados para definição das necessidades para aplicação dos equipamentos de proteção em PN. Tais índices são calculados e comparados com tabelas que traçam as diretrizes, ou seja, as sinalizações rodoviárias quem devem ser adotadas.

3.1 MOMENTO DE CIRCULAÇÃO

Define-se o MC de acordo com a seguinte equação: (ABNT, 2011b, p. 1)

$$MC = (V_D \cdot T_D + 1,4 \cdot V_N \cdot T_N) \cdot L \quad (1)$$

Onde:

V_D é o volume de veículos durante o dia;

V_N é o volume de veículos durante a noite;

T_D é a quantidade de trens durante o dia;

T_N é a quantidade de trens durante a noite;

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

3.1.1 Quantidade de trens (T_D e T_N)

Considera-se a quantidade de trens como a soma das médias do número de trens horários regulares (T_r) e do número de trens facultativos (T_f), multiplicados por 1,25. (ABNT, 2011b)

$$T = T_r + 1,25 \cdot T_f \quad (2)$$

Vale ressaltar que este cálculo deve ser feito tanto para os trens durante o dia (T_D) quanto durante a noite (T_N).

3.1.2 Fator de ajustamento para o número de vias férreas

Segundo a ABNT (2011b) o valor de ajustamento L deve ser igual a:

- 1,0 para via singela;
- 1,3 para via dupla;
- 1,5 para via tripla ou com mais linhas.

3.1.3 Cálculo do volume de veículos

Presente no Anexo A e complementado pelo Anexo B da ABNT NBR 7613, a contagem volumétrica tem como objetivo levantar o volume de veículos durante o dia (V_D) e o volume de veículos durante a noite (V_N) classificando os veículos como: carros de passeio, ônibus e caminhões (ABNT, 2011b).

O Quadro 9 foi criado para transcrever as incógnitas necessárias para aplicação do cálculo de volume de veículos presentes em ABNT (2011b).

Quadro 9 – Incógnitas usadas para o cálculo do volume de veículos.

(Continua)

Incógnita	Descrição
E_C	Fator de equivalência do caminhão
E_{Cap-C}	Fator de equivalência de capacidade para o caminhão
E_{Seg-C}	Fator de equivalência de segurança para o caminhão
E_{CP}	Fator de equivalência do carro de passeio
E_O	Fator de equivalência do ônibus
E_{Cap-O}	Fator de equivalência de capacidade para o ônibus
E_{Seg-O}	Fator de equivalência de segurança para o ônibus
f_D	Fator de conversão do TMDA para o volume diurno
F_D	Fator de ajustamento diário
F_E	Fator de expansão
F_M	Fator de ajustamento mensal
f_N	Fator de conversão do TMDA para o volume noturno
P_C	Porcentagem de caminhões
P_{CP}	Porcentagem de carros de passeio

(Conclusão)

Incógnita	Descrição
P_O	Porcentagem de ônibus
V_{12}	Volume misto de veículos durante as 12 horas de contagem
V_{24}	Volume misto de veículos expandido para 24 horas
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual
V_C	Volume de caminhões durante as 12 horas de contagem
V_{CP}	Volume de carros de passeio durante as 12 horas de contagem
V_O	Volume de ônibus durante as 12 horas de contagem
V_D	Volume, em equivalente de carros de passeio, passando pelo cruzamento durante o dia
V_N	Volume, em equivalente de carros de passeio, passando pelo cruzamento durante a noite
V'_D	Volume de tráfego misto passando pelo cruzamento durante o dia
V'_N	Volume de tráfego misto passando pelo cruzamento durante a noite

Fonte: Elaborado pelo Autor, baseado em ABNT (2011b, pp. 8-12).

A seguir serão descritos os procedimentos adotados para o cálculo do volume de veículos segundo a ABNT NBR 7613. Estes procedimentos estão presentes nos anexos A e B da referida norma, no Anexo A encontra-se o método para aquisição dos dados no cruzamento rodoferroviário e no Anexo B está presente o cálculo dos fatores de equivalência.

3.1.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Primeiramente é definido o dia para realização da contagem de veículos, que segundo ABNT (2011b) deve ser realizada em um dia de tráfego representativo, tais como: terça-feira, quarta-feira e quinta-feira. Realiza-se a contagem para três categorias (carros de passeio, caminhões e ônibus), durante 12 horas contínuas (geralmente das 07h00min às 19h00min). Têm-se então as seguintes porcentagens obtidas pelas equações (3), (4) e (5):

$$P_{CP} = \frac{V_{CP}}{V_{12}} \cdot 100 \quad (3)$$

$$P_O = \frac{V_O}{V_{12}} \cdot 100 \quad (4)$$

$$P_C = \frac{V_C}{V_{12}} \cdot 100 \quad (5)$$

Em seguida, procede-se o cálculo do tráfego médio diário anual (TMDA) mediante a expansão do volume V_{12} para obtenção de V_{24} (multiplicando V_{12} por um fator de expansão F_E). Tal valor resultante deve ser ajustado para as condições de um dia representativo, ou seja, V_{24} deve ser multiplicado por fatores de ajustamento diário F_D e mensal F_M . (ABNT, 2011b, p. 9)

$$V_{24} = V_{12} \cdot F_E \quad (6)$$

$$\text{TMDA} = V_{24} \cdot F_D \cdot F_M \quad (7)$$

Os volumes de tráfego misto referente ao dia e noite são calculados, segundo ABNT (2011b, p. 9), através das equações (8) e (9), para os fatores f_D e f_N (diurno e noturno, respectivamente).

$$V'_D = \text{TMDA} \cdot f_D \quad (8)$$

$$V'_N = \text{TMDA} \cdot f_N \quad (9)$$

3.1.3.2 FATORES DE EXPANSÃO, AJUSTE E DE CONVERSÃO

O fator de expansão F_E avalia a variação do volume de tráfego ao longo das 24 horas de um dia representativo do ano. Segundo a ABNT (2011b, p. 10) “para áreas rurais e urbanas, geralmente, cerca de 70% a 80% das viagens diárias ocorrem no período de 12 h compreendido entre 07h00min e 19h00min”. Portanto utilizam-se valores entre 1,25 e 1,43 para o fator F_E .

O fator de ajustamento diário F_D representa a variação dos volumes diários ao longo de uma semana representativa do ano com a finalidade de corrigir as contagens realizadas em dias de tráfego anormal tais como fim de semana e feriados. Segundo a ABNT (2011b, pp. 10-11) o F_D para uma contagem realizada no fim de semana em região de acesso a área de veraneio pode variar de 0,33 a 0,50.

O fator de ajuste mensal F_M é utilizado para adequar as medições realizadas nas épocas do ano em que o tráfego sofre acréscimo ou decréscimo. A ABNT (2011b, p. 11) exemplifica: “em cidades turísticas ocorre um acréscimo do tráfego normal e, neste caso, para uma contagem realizada em um mês de férias, o F_M é menor que a unidade e, em um mês fora de férias o F_M é maior que um”.

Os fatores f_D e f_N convertem o TMDA para os volumes de tráfego diurno e noturno, respectivamente e, segundo ABNT (2011b, p. 11), “[...] podem ser obtidos analisando a variação do tráfego ao longo das 24 h do dia”. Geralmente o f_D varia de 0,70 a 0,80 e o f_N varia de 0,20 a 0,30. (ABNT, 2011b, p. 11)

3.1.3.3 CÁLCULO DO VOLUME MISTO EQUIVALENTE

As equações 10 e 11 (ABNT, 2011b, p. 9) mostram os cálculos para o volume de veículos mistos equivalente de carro de passeio, mediante a aplicação dos fatores de equivalência.

$$V_D = \left(\frac{P_{CP}}{100} \cdot V'_D\right) \cdot E_{CP} + \left(\frac{P_O}{100} \cdot V'_D\right) \cdot E_O + \left(\frac{P_C}{100} \cdot V'_D\right) \cdot E_C \quad (10)$$

$$V_N = \left(\frac{P_{CP}}{100} \cdot V'_N\right) \cdot E_{CP} + \left(\frac{P_O}{100} \cdot V'_N\right) \cdot E_O + \left(\frac{P_C}{100} \cdot V'_N\right) \cdot E_C \quad (11)$$

3.1.3.4 FATORES DE EQUIVALÊNCIA

Os fatores de equivalência são calculados para transformar os volumes de veículos já levantados em uma base comum, representada pelos carros de passeio. O E_C , E_{CP} e E_O são equacionados abaixo: (ABNT, 2011b, p. 12)

$$E_{CP} = 1 \quad (12)$$

$$E_O = E_{Cap-O} \cdot E_{Seg-O} \quad (13)$$

$$E_C = E_{Cap-C} \cdot E_{Seg-C} \quad (14)$$

Para os valores dos equivalentes de ônibus (E_{Cap-O}) e caminhões (E_{Cap-C}) deverão ser consideradas as seguintes tabelas da ABNT NBR 7613 para as categorias de vias consideradas:

- Vias de duas faixas (Tabelas 1 a 3 do Anexo A da referida norma);
- Vias de faixas múltiplas (Tabelas 4 a 7);
- Vias expressas (Tabelas 8 e 9).

A ABNT (2011b, p. 21) define ainda que para os valores equivalentes em carros de passeio para ônibus e caminhões sob o aspecto da segurança dos passageiros são considerados: $E_{\text{Seg-O}} = 10$ (ou seja, um ônibus equivale a dez carros de passeio) e $E_{\text{Seg-C}} = 2$ (ou seja, um caminhões equivale a dois carros de passeio).

3.2 GRAU DE IMPORTÂNCIA

A ABNT NBR 7613 define o equacionamento do GI conforme apresentado a seguir (ABNT, 2011b, p. 2):

$$GI = f \cdot T \cdot V \quad (15)$$

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.

3.2.1 Cálculo do fator representativo (f)

O fator representativo das condições de visibilidade, localização e trânsito da PN deve ser calculado através da consulta aos índices presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do fator representativo (f).

(Continua)

Características da travessia	Valor		Peso de importância	Valor final
Visibilidade	Acima de 300 m	2	10	20
	150 a 300 m	3		30
	Abaixo de 150 m	4		40
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3 %	2	7	14
	3 a 5 %	3		21
	Acima de 5 %	4		28
Velocidade máxima autorizada do trem mais rápido	Abaixo de 40 km/h	2	7	14
	40 a 80 km/h	3		21
	Acima de 80 km/h	4		28

(Conclusão)

Características da travessia	Valor		Peso de importância	Valor final
Número de vias férreas	Via simples	2	6	12
	Via dupla	3		18
	Três ou mais linhas	4		24
Velocidade máxima autorizada da via pública	Abaixo de 50 km/h	2	5	10
	50 a 80 km/h	3		15
	Acima de 80 km/h	4		20
Trânsito de ônibus	Até 5 %	2	5	10
	5 a 20 %	3		15
	Acima de 20 %	4		20
Trânsito de caminhões	Até 5 %	2	4	8
	5 a 20 %	3		12
	Acima de 20 %	4		16
Trânsito não habitual	Até 5 %	2	4	8
	5 a 20 %	3		12
	Acima de 20 %	4		16
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	2	4
	5 a 20 %	3		6
	Acima de 20 %	4		8

Fonte: ABNT (2011b, p. 3).

Procede-se o seguinte método:

- 1) Assinalar um valor na 2ª coluna para cada uma das características da travessia (1ª coluna);
- 2) Multiplicar o valor da 2ª coluna pelo peso de importância (3ª coluna) que deverá ser igual ao valor final mostrado na 4ª coluna;
- 3) Somar todas as parcelas do valor final (4ª coluna) e dividir o total obtido por 100. Este será o valor de f.

3.2.2 Quantidade de trens (T)

O índice quantidade de trens (T) é calculado de maneira análoga ao índice apresentado no item 3.1.1.

3.2.3 Volume de veículos (V_D e V_N)

O índice volume de veículos rodoviários (V) é definido pela ABNT (2011b) e calculado da mesma maneira que apresentado em 3.1.3. Entretanto deve-se observar que este índice não considera distinção de horários, por isso é utilizada a soma de V_D e V_N .

3.2.4 Fator ponderado de acidentes

O fator ponderado de acidentes (FPA) representa a intensidade e a severidade dos acidentes ocorridos na PN e deve ser usado juntamente com o GI para a escolha da proteção de uma PN (RFFSA, 1986b). A seguir está descrito como proceder com o cálculo do FPA para o período de cinco anos, conforme apresentado na norma da RFFSA N-DSE-017:

$$FPA_{5 \text{ anos}} = 9,5 \cdot M + 3,5 \cdot F + D \quad (16)$$

Onde:

$FPA_{5 \text{ anos}}$ é o FPA observado no local para cinco anos;

M é a quantidade de acidentes com mortos, em cinco anos;

F é a quantidade de acidentes com feridos, em cinco anos;

D é a quantidade de acidentes com apenas danos materiais, em cinco anos.

A norma da RFFSA também determina o cálculo para o FPA para um período menor do que cinco anos e maior que seis meses: (RFFSA, 1986b)

$$FPA_{n \text{ meses}} = 9,5 \cdot M' + 3,5 \cdot F' + D' \quad (17)$$

Onde:

$FPA_{n \text{ meses}}$ é o FPA observado no local para n meses;

M' é a quantidade de acidentes com mortos, em n meses;

F' é a quantidade de acidentes com feridos, em n meses;

D' é a quantidade de acidentes com apenas danos materiais, em n meses.

O Quadro 10 mostra o FPA para condições típicas ($fpa_{5 \text{ anos}}$), que é utilizado para comparação quando não se possuem pesquisas anteriores.

Quadro 10 – Valores do $fpa_{5\text{anos}}$.

		$fpa_{5\text{anos}}$	
Cruzamentos localizados em:	Áreas Urbanas	Vias Expressas ¹	20
		Vias Arteriais ²	17
		Vias Coletoras ³	14
		Vias Locais ⁴	10
	Áreas Rurais	Vias de Classe 0 ⁵	15
		Vias de Classe I ⁶	13
		Vias de Classe II ⁷	10
		Vias de Classe III ⁸	7
		Vias de Classe IV ⁹	5

Fonte: RFFSA (1986b).

O FPA para n meses, em condições típicas pode ser obtido através dos dados do Quadro 10, corrigidos pela seguinte fórmula:

$$fpa_{n \text{ meses}} = fpa_{5\text{anos}} \cdot \frac{n}{60} \cdot 1,30 \quad (18)$$

Onde:

$FPA_{n \text{ meses}}$ é o FPA para as condições típicas para n meses;

$FPA_{5 \text{ anos}}$ é o FPA para as condições típicas para cinco anos;

n é o número de meses considerado.

¹ Rodovia destinada ao tráfego rápido e direto, com separação de trânsito, e com os acessos condicionados a locais pré-determinados e sem cruzamentos de nível. (BRASIL, 1997b)

² Rodovia integrante da rede principal rodoviária do país, de preferência de trânsito direto, e para a qual convergem as rodovia principais e secundárias. (BRASIL, 1997b)

³ Rua que serve para trânsito entre vias arteriais e locais. (BRASIL, 1997b)

⁴ Via que permite o acesso direto às áreas residenciais, comerciais e industriais e apresenta baixa fluidez e alta acessibilidade, caracterizando-se pela intensa integração com o uso do solo lindeiro. (BRASIL, 1997b)

⁵ Via expressa de elevado padrão técnico com controle total de acesso, classificada mediante decisão administrativa dos órgãos competentes e cuja velocidade diretriz varia de 80 a 120 km/h. (BRASIL, 1999, p. 24); (RFFSA, 1986a, p. 8-9)

⁶ Via de pista dupla ou simples com possível controle parcial de acesso, apresentando volume horário de projeto maior que 200 e volume médio diário maior que 1400 e com a velocidade diretriz variando de 60 a 100 km/h. (BRASIL, 1999, p. 25); (RFFSA, 1986a, p. 9)

⁷ Via de pista simples, apresentando volume médio diário entre 700 e 1400 e cuja velocidade diretriz varia entre 50 a 100 km/h. (BRASIL, 1999, p. 26); (RFFSA, 1986a, p. 9)

⁸ Via de pista simples, apresentando volume médio diário entre 300 e 700 e com a velocidade diretriz variando de 40 a 80 km/h. (BRASIL, 1999, p. 26); (RFFSA, 1986a, p. 9)

⁹ Via de pista simples, apresentando volume médio diário entre 50 e 200 e com a velocidade diretriz variando entre 30 e 60 km/h. (BRASIL, 1999, p. 27); (RFFSA, 1986a, p. 9)

Os valores calculados para o GI e para o FPA serão utilizados nas diretrizes de escolha de EPN das seções 3.4.2 e 3.4.3.

3.3 ÍNDICE DE CRITICIDADE

O Índice de Criticidade, definido em Carmo (2006, p. 45) e incorporado à ABNT NBR 7613, é calculado pela seguinte equação:

$$IC = f_c \cdot V_D \cdot T_D + 1,4 \cdot V_N \cdot T_N \quad (19)$$

Onde:

- f_c é o fator representativo das condições físicas da PN;
- V_D é o volume de veículos durante o dia;
- V_N é o volume de veículos durante a noite;
- T_D é a quantidade de trens durante o dia;
- T_N é a quantidade de trens durante a noite;

3.3.1 Cálculo do fator representativo das condições físicas da PN (f_c)

Realiza-se a consulta na Tabela 3 e procede-se o seguinte método:

- 1) Assinalar um valor na 2ª coluna para cada uma das características da travessia (1ª coluna);
- 2) Multiplicar o valor da 2ª coluna pelo peso de importância (3ª coluna) que deverá ser igual ao valor final mostrado na 4ª coluna;
- 3) Somar todas as parcelas do valor final (4ª coluna) e dividir o total obtido por 100. Este será o valor de f que varia entre 1 e 2.

Tabela 3 – Cálculo do fator representativo (f_c).

Características da travessia	Valor		Peso de importância	Valor final
Visibilidade	Acima de 300 m	2	10	20
	150 a 300 m	3		30
	Abaixo de 150 m	4		40
Rampa máxima de aproximação de via pública	Abaixo de 3 %	2	7	14
	3 a 5 %	3		21
	Acima de 5 %	4		28
Velocidade máxima autorizada do trem mais rápido	Abaixo de 40 km/h	2	7	14
	40 a 80 km/h	3		21
	Acima de 80 km/h	4		28
Número de vias férreas	Via simples	2	6	12
	Via dupla	3		18
	Três ou mais linhas	4		24
Velocidade máxima autorizada da via pública	Abaixo de 50 km/h	2	5	10
	50 a 80 km/h	3		15
	Acima de 80 km/h	4		20
Número de faixas rodoviárias	Uma faixa	2	5	10
	Duas faixas	3		15
	Três ou mais faixas	4		20
Condições do pavimento	Regular	2	5	10
	Irregular	3		15
	Inexistente	4		20
Iluminação	Eficiente	2	3	6
	Insuficiente	3		9
	Inexistente	4		12
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2	2	4
	5 a 20 %	3		6
	Acima de 20 %	4		8

Fonte: ABNT (2011b, p. 5).

3.3.2 Volume de veículos (V_D e V_N)

Os volumes de veículos pela via pública (V_D e V_N) devem ser calculados conforme apresentado em 3.1.3.

3.3.3 Quantidade de trens (T_D e T_N)

O índice quantidade de trens (T_D e T_N) é calculado de maneira igual ao apresentado no item 3.1.1.

3.4 DIRETRIZES PARA ESCOLHA DA SINALIZAÇÃO VIÁRIA ADEQUADA

O EPN necessário adotado como melhoria está tabelado de acordo com a localização da via (urbana ou rural) e utiliza os resultados obtidos nos cálculos de MC e IC (ABNT, 2011b). Pode-se utilizar, também, a escolha preliminar baseada nos valores de GI e um quadro de recomendações (RFFSA, 1986). Nos itens a seguir são apresentadas as recomendações.

3.4.1 Diretriz baseada no MC e IC

As Tabelas Tabela 4 e Tabela 5 mostram os tipos de sinalização adequada para áreas urbanas e rurais, respectivamente.

Tabela 4 – Diretrizes para melhoria de EPN para área urbana conforme MC e IC.

Energia elétrica	MC×10 ³ IC×10 ³	Necessidade do pedestre	Classificação da via			
			Vias expressas	Vias arteriais	Vias coletoras	Vias locais
Sem energia elétrica	0 - 10	Alto ou baixo	Para este tipo de via não é permitido PN. Caso contrário protegê-la com cancela até que a PN possa ser separada com travessia em desnível.	1b	1b	1a
	10 - 50			2c	1b	1a
	50 - 100			2c	2c	2a
	> 100			2d	2c	2b
Com energia elétrica	0 - 10	Baixo		1b	1b	1a
		Alto		3a	3a	3a
	10 - 50	Baixo		3b	3b	2c
		Alto		4	4	3c
	50 - 100	Baixo	4	4	3c	
		Alto	4	4	3d	
	> 100	Baixo	5	5	3e	
		Alto	5	5	3f	

Fonte: ABNT (2011b, p. 7) com adaptações.

Tabela 5 – Diretrizes para melhoria de EPN para área rural conforme MC e IC.

Energia elétrica	MC×10 ³ IC×10 ³	Classe da rodovia				
		Classe 0	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Sem energia elétrica	0 - 5	Para este tipo de via não é permitido PN. Caso contrário protegê-la com cancela até que a PN possa ser separada com travessia em desnível.	1b	1b	1a	1a
	5 - 25		2b	2b	2a	2a
	25 - 50		2c	2c	2a	2a
	> 50		2d	2d	2c	2b
Com energia elétrica	0 - 5	Para este tipo de via não é permitido PN. Caso contrário protegê-la com cancela até que a PN possa ser separada com travessia em desnível.	1b	1b	1a	1a
	5 - 25		3b ou 4	3b ou 4	2a	2a
	25 - 50		3c	3b ou 4	3b	3b
	> 50		5	5	3e	3e

Fonte: ABNT (2011b, p. 6) com adaptações.

3.4.2 Diretriz baseada no GI

O quadro a seguir apresenta os tipos de sinalização adequada de acordo com valores de GI.

Quadro 11 – Recomendação de EPN baseado no valor de GI.

GI	Proteção recomendada
$GI \leq 20.000$	SOS
$GI \geq 20.000$	SMG – SML SAG – SAL

Fonte: RFFSA (1986b).

Por conter apenas duas diretrizes a serem seguidas, pode-se notar que esta metodologia é muito simples e ambígua, pois existem quatro possíveis recomendações para ser aplicada em casos que o GI é maior que 20.000.

3.4.3 Orientações segundo o FPA

Nos casos em que o valor do FPA ultrapassa o valor típico (ver 3.2.4), de acordo com RFFSA (1986b), devem ser tomadas providências adicionais, tais como: a melhora da

sinalização da via pública, a melhora da pavimentação, a melhora das condições de visibilidade e a criação de campanhas de conscientização dos usuários da PN.

O manual do DNIT afirma ainda que, se o valor do FPA calculado na PN ultrapassar o valor típico, deve-se “[...] subir o nível de segurança da sinalização existente em 01 (uma categoria)” (BRASIL, 2015, p. 35).

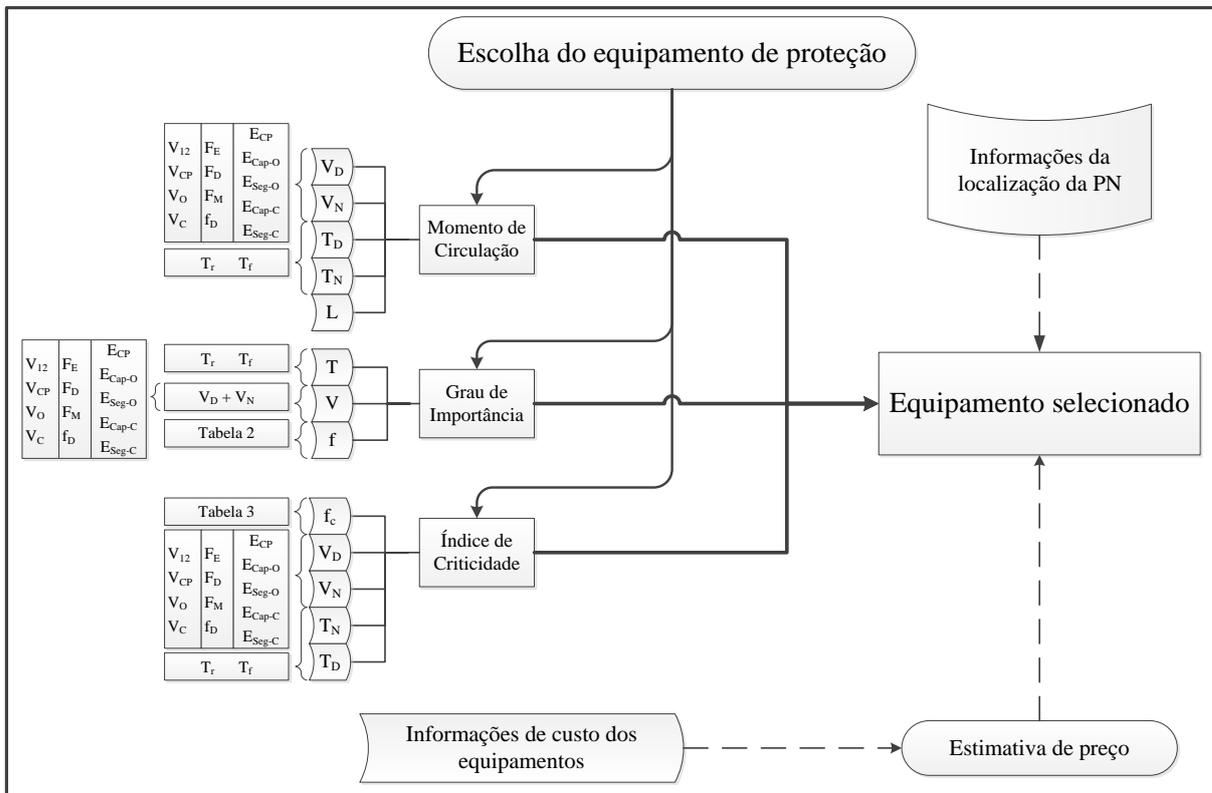
Os métodos de escolha de EPN apresentados nos itens 3.4.1, 3.4.2 e 3.4.3, consideram os fatores de segurança MC, IC, GI e FPA. No próximo capítulo será descrito como foi criado o programa computacional para escolha do EPN mais adequado com base nesses índices, com exceção do FPA, pois este índice foi estabelecido há mais de 30 anos e, por isso, as medidas tomadas a partir do seu resultado podem não ser adequadas aos dias atuais.

4 PROGRAMA COMPUTACIONAL

Após o levantamento dos modelos que definem as métricas usadas na escolha do equipamento de proteção de PN (mais informações sobre este tema podem ser encontradas no Apêndice A e no Apêndice B), foi desenvolvido um programa computacional onde o usuário preenche com os dados necessários para o cálculo desses índices. Com base no resultado obtido, juntamente com informações adicionais quando for solicitado, o programa informa o Tipo de EPN a ser aplicado e a estimativa dos custos referentes à sua implantação.

A Figura 11 apresenta o fluxograma de como proceder para avaliar uma passagem em nível segundo os modelos descritos no capítulo anterior.

Figura 11 - Fluxograma representativo do cálculo dos índices.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A escolha do equipamento é iniciada optando pelo índice a ser usado (MC, GI, IC ou todos). Cada índice possui entradas específicas que devem ser informadas para proceder ao

cálculo, realizado conforme explicado na seção 3. O equipamento é selecionado com a adição de informações extras de localização da PN (ver Tabela 4 e Tabela 5) e a estimativa de preço é apresentada conforme dados coletadas (ver Apêndice A e Apêndice B).

4.1 LINGUAGEM UTILIZADA

Optou-se pela programação em linguagem HTML e JavaScript, que são utilizadas em sites da internet. Deste modo, qualquer computador ou *smartphone* apresenta a capacidade de visualização. Assim, cria-se a possibilidade da utilização do código no futuro para a criação de um site a ser publicado na rede mundial de computadores.

4.2 LAYOUT

O layout do programa foi desenvolvido no formato de pesquisa, com espaços para entrada dos dados e botões para a realização das ações. Todas as informações solicitadas para o cálculo apresentam descrição, que possibilitam o entendimento do usuário durante o preenchimento dos dados. Vale ressaltar que o usuário está livre para calcular o EPN conforme qualquer um dos três índices.

Este layout possibilita um entendimento quase que instantâneo da utilização do programa, sendo necessário apenas o conhecimento da norma ABNT NBR 7613. É apresentado no Apêndice C todo o conteúdo visualizado pelo usuário para preenchimento.

A próxima seção detalha como proceder para a utilização do programa proposto.

4.3 MODO DE USAR O PROGRAMA

Primeiramente, deve-se atentar às normas ABNT NBR 15942 e ABNT NBR 7613, em especial a última que fornece as diretrizes para o cálculo do EPN. Em seguida, procede a leitura da parte introdutória que identifica as duas maneiras de fornecimento das quantidades de trens e veículos: a forma direta e a forma indireta.

No método direto, o usuário já dispõe dos dados referentes à pesquisa de quantidade de veículos e à pesquisa de quantidade de trens que transitam na PN.

Já no método indireto, o usuário informa ao programa os dados solicitados para o cálculo da pesquisa de tráfego e da quantidade de trens.

Vale lembrar que o usuário está livre para escolher qualquer um dos três índices de cálculo de EPN, tanto pelo método direto, quanto pelo indireto. Ao optar pelo método indireto, deve-se preencher a parte do formulário presente no MC (Figura 12) que é posteriormente importado ao pressionar os links, em azul, localizados abaixo dos formulários GI (Figura 13) e IC (Figura 14).

Figura 12 – Parte a ser preenchida quando for utilizado o método indireto.

Outros dados necessários, caso se tenha a pesquisa de tráfego:	
V_{CP}	Volume de carros de passeio durante as 12 horas de contagem
V_O	Volume de ônibus durante as 12 horas de contagem
V_C	Volume de caminhões durante as 12 horas de contagem
F_E	Fator de expansão (1,25 a 1,43)
F_D	Fator de ajustamento diário
F_M	Fator de ajustamento mensal
f_D	Fator de conversão para o volume diurno (0,70 a 0,80)
f_N	Fator de conversão para o volume noturno (0,20 a 0,30)
E_{CP}	1
E_{Cap-O}	Fator de equivalência de capacidade para o ônibus
E_{Seg-O}	Fator de equivalência de segurança para o ônibus
E_{Cap-C}	Fator de equivalência de capacidade para o caminhão
E_{Seg-C}	Fator de equivalência de segurança para o caminhão
<input type="button" value="Clique para calcular o <math>V_D</math> e <math>V_N</math>."/>	
Outros dados necessários, caso precise calcular a quantidade de trens:	
T_{Rdia}	Número de trens com horários regulares (dia)
T_{Fdia}	Número de trens facultativos (dia)
T_{Rnoite}	Número de trens com horários regulares (noite)
T_{Fnoite}	Número de trens facultativos (noite)
<input type="button" value="Clique para calcular o <math>T_D</math> e <math>T_N</math>."/>	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 13 – Formulário do GI.

Grau de Importância

O **GI** é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$GI = f \cdot T \cdot V$$

Dados necessários:

f	Fator representativo das condições físicas da PN
	(clique aqui para definir o fator f)
T	Quantidade de trens, em ambos os sentidos, por dia
V	Volume de veículos rodoviários [V _d +V _n]

Para preenchimento automático da variável "T", clique aqui para utilizar os dados da quantidade de trens.

Para preenchimento automático da variável "V", clique aqui para utilizar os dados da pesquisa de tráfego.

O resultado obtido para o **GI** é

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 14 – Formulário do IC.

Índice de Criticidade

O **IC** é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IC = f_C \cdot (V_D \cdot T_D + 1,4 \cdot V_N \cdot T_N)$$

Dados necessários:

f _C	Fator representativo das condições físicas da PN
	(clique aqui para definir o fator f _c)
V _D	Volume de veículos durante o dia (apenas se disponível)
V _N	Volume de veículos durante a noite (apenas se disponível)
T _D	Quantidade de trens durante o dia
T _N	Quantidade de trens durante a noite

Para preenchimento automático de "V_D" e "V_N", clique aqui para utilizar os dados da pesquisa de tráfego.

Para preenchimento automático de "T_D" e "T_N", clique aqui para utilizar os dados da quantidade de trens.

O resultado obtido para o **IC** é

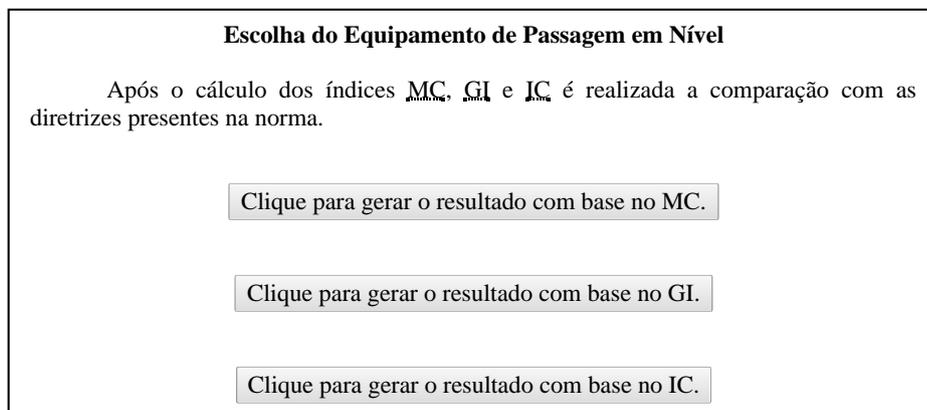
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Sempre que necessário, é possível realizar a limpeza dos campos ao pressionar o botão “Clique para zerar campos”. O botão “Clique aqui para calcular o...” faz a substituição dos valores informados nas devidas equações e informa o resultado numérico obtido.

Caso surja alguma dúvida para preenchimento dos fatores L , f e f_C é possível clicar em cima da frase entre parênteses abaixo de suas respectivas áreas para que se abra uma opção de ajuda.

Ao final do programa (Figura 15), encontram-se os botões geradores das respostas finais que mostram ao usuário o EPN a ser utilizado, suas características e o custo estimado para implantação. A rotina empregada está explicada no fluxograma da Figura 11.

Figura 15 – Botões para geração das repostas finais.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Todas as telas de resposta possíveis podem ser visualizadas no Apêndice D.

No Capítulo a seguir, será avaliada a utilização do software em um caso real onde se deseja calcular o MC , GI e IC em uma PN de Joinville, SC.

5 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso da aplicação do programa foi realizado comparando os valores do índice IC obtidos no artigo apresentado no 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, com o título de Avaliação da Sinalização de Passagens em Nível da Região de Joinville/SC. Seu objetivo foi “identificar os fatores de risco e indicadores de passagens em nível no perímetro urbano, da cidade de Joinville/SC” (LOPES et al., 2016).

No caso selecionado do artigo, optou-se pelo cálculo do IC em cinco passagens de nível e como já se possuíam os valores da quantidade de tráfego rodoviário e ferroviário não foi necessário elaborar todas as conversões da pesquisa de contagem de tráfego. Portanto, o programa será preenchido apenas na parte do cálculo do IC, conforme o método direto (ver 4.3).

5.1 CÁLCULO COM O USO DO PROGRAMA

Primeiramente, foram selecionadas as informações necessárias para preenchimento do programa, que estavam contidas ao longo do texto do artigo. Todas essas características foram resumidas na Tabela 6, que compreende desde as características das condições físicas da PN (parâmetros do f_C) até as variáveis de volume de veículos (V_D e V_N) e de trens (T_D e T_N).

Tabela 6 – Valores de entrada coletados para cada PN.

Características	Valores				
	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5
Visibilidade	< 150 m	< 150 m	< 150 m	< 150 m	< 150 m
Rampa máxima de aproximação de via pública	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Velocidade máxima autorizada do trem mais rápido	< 40 km/h	< 40 km/h	< 40 km/h	< 40 km/h	< 40 km/h
Número de vias férreas	1	1	1	1	1
Velocidade máxima autorizada da via pública	50 a 80 km/h	50 a 80 km/h	50 a 80 km/h	50 a 80 km/h	50 a 80 km/h
Número de faixas rodoviárias	3 ou mais	3 ou mais	3 ou mais	2	2
Condições do pavimento	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Iluminação	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente
Trânsito de pedestres	< 5% do volume médio diário	< 5% do volume médio diário	5% a 20% do volume médio diário	5% a 20% do volume médio diário	5% a 20% do volume médio diário
V_D	19.857	15.099	10.627	10.992	10.262
V_N	11.230	6.906	5.766	5.584	5.948
T_D	2	2	2	2	2
T_N	1	1	1	1	1
Presença de energia elétrica	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Necessidade do pedestre	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Alta
Classificação da via	Via coletora	Via coletora	Via coletora	Via coletora	Via coletora

Fonte: Lopes et al. (2016, pp. 10-11) com adaptações.

O próximo passo consta da entrada dos dados no programa e, por fim, obtém-se o resultado do índice. Na próxima seção é apresentada uma análise mais detalhada das respostas, tomando como base os equipamentos de proteção adequados para cada PN avaliada conforme o software e o artigo estudado.

5.2 COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS

Para a comparação das respostas do artigo e do software foi criada a Tabela 7, que sintetiza os dados de IC e dos tipos de sinalização encontrados para os cruzamentos estudados.

Tabela 7 – IC calculado no programa.

	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5
Índice IC calculado no programa	76.499,75	55.015,63	41.056,96	40.232,16	38.949,12
Índice IC calculado no artigo	76.500,00	55.000,00	41.100,00	40.200,00	39.000,00
EPN selecionado pelo artigo	Tipo 4				
EPN selecionado pelo programa	Tipo 4				

Fonte: Elaborado pelo Autor, com dados de Lopes et al. (2016, p. 10).

Como se pode observar, todos os resultados numéricos conferem se forem considerados os mesmos arredondamentos. As conclusões quanto à sinalização adequada sugerida pelo programa também é a mesma que a informada no artigo. Portanto, pode-se confirmar o correto funcionamento do programa quanto ao cálculo do IC.

6 CONCLUSÃO

Conforme proposto como objetivo, um software computacional foi desenvolvido para auxiliar na escolha do EPN. A linguagem escolhida permite sua utilização por qualquer computador, o layout de fácil entendimento possibilita o rápido preenchimento dos dados necessários e as respostas completas que contam com todas as informações, incluindo a estimativa de custos, propiciando o correto planejamento da proteção do cruzamento rodoferroviário.

A consulta das normas ABNT NBR 15942, para classificação do EPN, e ABNT NBR 7613, para definição dos modelos de análise de segurança da via, foram de extrema importância para a base teórica contida no programa. As características detalhadas da via, presentes no estudo DNIT, possibilitaram a construção detalhada da resposta que é fornecida no programa.

Os custos de implantação também fazem parte do resultado apresentado ao usuário do programa. Primeiramente, havia-se planejado a obtenção dos dados com o auxílio de empresas do setor, entretanto, por questões de impedimento ao uso das informações fornecidas, foi necessário consultar outros meios para a aquisição. Esta pesquisa, agora bibliográfica, contou com informações advindas de licitações e notícias publicadas.

Assim, para estimar o custo de implantação de um EPN Tipo 4 (ver Apêndice A), utilizou-se uma licitação de 2010 juntamente com algumas considerações adicionais para atualização monetária. Com isso, foi possível obter o valor de R\$ 52.687,88.

Já o custo de implantação de um EPN Tipo 5, obtido através reportagem de 2015, foi estimado em R\$ 134.945,89 após realizada a correção monetária. Maiores informações, consultar o Apêndice B.

Vale ressaltar que tais informações servem apenas como base informativa, uma vez que o planejamento de implantação de qualquer dispositivo de proteção de PN deve considerar cada caso separadamente.

Para comprovar o funcionamento do programa foi realizado o cálculo do IC utilizando os dados de uma pesquisa de avaliação da sinalização de PN em Joinville. Os resultados obtidos pelo software, comparados com os encontrados no artigo, confirmam a sua aplicabilidade.

Este estudo de caso comparou também os equipamentos de proteção de PN informados pelo software e os indicados no artigo, observou-se novamente, a correta indicação apontada considerando as informações de entrada.

Como projeto futuro é proposta a integração do programa, sob o formato de parceria, em um site da internet das empresas do ramo da sinalização de PN. Deste modo, os potenciais clientes seriam auxiliados pelo software na escolha do projeto do equipamento necessário. Faz-se necessário, também, a atualização dos valores de custo de implantação para todos os tipos de EPN e a possível inclusão dos valores referentes à manutenção desses dispositivos.

Quanto ao FPA, recomenda-se um estudo para atualização de seu equacionamento, uma vez que os índices de ajuste foram obtidos na década de 1980. As diretrizes normatizadas de GI também carecem de revisão para adequação ao padrão de EPN atual.

Outra recomendação para o aperfeiçoamento do programa é a incorporação do FPA, devidamente ajustado para condições atuais, na rotina de cálculo e as suas orientações em telas de respostas adicionais. Tem-se, assim, um programa ainda mais completo.

O último objetivo proposto, contribuir para a disciplina de Sinalização e Comunicação Ferroviária e Metroviária, foi atingido pela revisão bibliográfica presente no Capítulo 2 com a apresentação da norma que classifica os equipamentos de proteção para PN e pela revisão bibliográfica das métricas de intensidade de utilização da PN (ver Capítulo 3).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15680**: Via férrea: Travessia rodoviária: Passagem em nível pública: Requisitos de projeto. 1. ed. Rio de Janeiro, 2009. 8 p. Disponível em: <<http://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=38447>>. Acesso em: 12 set. 2016. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

_____. **NBR 7635**: Sinalização ferroviária: Terminologia. 2. ed. Rio de Janeiro, 2010. 26 p. Disponível em: <<http://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=63714>>. Acesso em: 22 out. 2016. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

_____. **NBR 15942**: Via férrea: Travessia rodoviária: Passagem de nível pública: Equipamento de proteção: Classificação. 1. ed. Rio de Janeiro, 2011a. 13 p. Disponível em: <<http://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=86953>>. Acesso em: 19 set. 2016. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

_____. **NBR 7613**: Via Férrea: Travessia rodoviária: Momento de circulação, grau de importância e índice de criticidade. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011b. 22 p. Disponível em: <<http://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=88797>>. Acesso em: 19 ago. 2016. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. **Agenda estratégica para o desenvolvimento do setor ferroviário**. Brasília, 2010. 68 slides, color, 29,7 cm x 21,0 cm. Apresentação do Diretor Executivo da ANTF, Rodrigo Vilaça. Disponível em: <http://www.feg.unesp.br/dpd/cegp/2013/LOG/Textos%20gerais/agenda_2010-ferrovi%E1rio.pdf>. Acesso em: 12 set. 2016.

_____. **As ferrovias e o futuro do país**. Brasília: NeoBand, [201-]. 28 p. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/pdfs/presidenciaveis.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2012.

BRASIL. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, DF, 24 set. 1997a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em: 12 set. 2016.

_____. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997b. 296 p. IPR. Publ., 700. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/700_glossario_de_termos_tecnicos.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2016.

_____. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Rio de Janeiro: IPR. Publ., 706, 1999. 195 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/706_manual_de_projeto_geometrico.pdf>. Acesso em: 23 out. 2016.

_____. Tribunal de Contas da União. **Relatório do modelo desenvolvido de métodos e técnicas referente à validação de dados para gestão regulatória:** Produto 3. Brasília: Fundação Getúlio Vargas, 2007. 69 p. Complemento ao 1º Relatório – Relatório sobre os estudos para desenvolvimento do modelo de fiscalização da regulação técnica do setor ferroviário. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A24F0A728E014F0ACDFF9507BB>>. Acesso em: 12 set. 2016.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Parâmetros indicadores de intervenções em áreas urbanas:** Produto 8. Brasília, DF. 2015. 61 p. Disponível em: <[http://www.dnit.gov.br/download/consultas-publicas/ferroviario/Parametros Indicadores de Intervencoes em Areas Urbanas.pdf](http://www.dnit.gov.br/download/consultas-publicas/ferroviario/Parametros%20Indicadores%20de%20Intervencoes%20em%20Areas%20Urbanas.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

_____. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Transporte ferroviário de cargas no Brasil:** Gargalos e perspectivas para o desenvolvimento econômico e regional. Brasília, 2010. (Eixos do desenvolvimento brasileiro). Comunicados do IPEA nº 50. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/100519_comunicadoipea50.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.

BRASÍLIA. Departamento de Relacionamento com Investidores e Estudos Especiais. Banco Central do Brasil (Ed.). Índices de Preços no Brasil. In: _____. **Perguntas Mais Frequentes.** Brasília, DF: Gerin, 2016. Cap. 3. 23 p. Disponível em: <[http://www.bcb.gov.br/conteudo/home-ptbr/FAQs/FAQ 02-Índices de Preços no Brasil.pdf](http://www.bcb.gov.br/conteudo/home-ptbr/FAQs/FAQ_02-Índices%20de%20Preços%20no%20Brasil.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

CANADÁ. TRANSPORT CANADA. **Evaluation of the grade crossing improvement program:** Final report. Ottawa, 2015. 24 p. Disponível em: <https://www.tc.gc.ca/media/documents/corporate-services/FINAL_REPORT_EVALUATION_OF_THE_GCIP_GRADE_CROSSING_IMPROVEMENT_PROGRAM.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.

CARMO, Renata Cristina do. **Procedimento para avaliação de passagens de nível.** 2006. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON009.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). **Pesquisa CNT de ferrovias 2015.** Brasília: CNT, 2015. 234 p.: il. color. ; gráficos. Disponível em: <[http://cms.cnt.org.br/Imagens CNT/Site 2015/Pesquisas PDF/Pesquisa_CNT_de_Ferrovias_2015.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/Site%202015/Pesquisas%20PDF/Pesquisa_CNT_de_Ferrovias_2015.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2016.

CRUZAMENTO ferroviário no Jd. Santos Dumont terá cancela automática. **Diário de Ourinhos.** Ourinhos, SP. 21 jun. 2010. Seção Cidade. Disponível em: <<http://www.diariodeourinhos.com.br/noticia.asp?codnot=2827>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

DAVINÓPOLIS. **[I]nstalada cancela eletrônica em cruzamento de ferrovia:** Davinópolis ganha cancela eletrônica. [2017]. Notícia publicada no site da Prefeitura de Davinópolis. Disponível em: <<http://davinopolis.ma.gov.br/noticia/nstalada-cancela-eletronica-em-cruzamento-de-ferrovia>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

ESTADOS UNIDOS. Federal Railroad Administration. Departamento de Transportes. **One year accident/incident overview: Combined**. 2016. Relatórios gerados pela plataforma para os anos de 2006 a 2015. Disponível em: <<http://safetydata.fra.dot.gov/OfficeofSafety/publicsite/query/AccidentByRegionStateCounty.aspx>>. Acesso em: 16 set. 2016.

GOOGLE MAPS. [**80 Av. Santino Brianezi**]. 2017. (Captura de imagem: Agosto de 2011). Disponível em: <<https://goo.gl/WFXdzE>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

LIMA, Luiz Carlos Alexandrino. **Informações sobre acidentes - PN**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <viviane.grubisic@ufsc.br>. Acesso em: 10 nov. 2016.

LOPES, Raiza Bender et al. Avaliação da Sinalização de Passagens em Nível da Região de Joinville/SC. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 7., 2016, Maceió. **Anais eletrônicos...** Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2016. Disponível em: <[http://www.fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema 3 - Mobilidade e Transportes/Paper1431.pdf](http://www.fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%203%20-%20Mobilidade%20e%20Transportes/Paper1431.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2017.

OURINHOS. Júlio César Roma. Coordenadoria de Comunicação Social (Org.). Extrato de Contrato. **Diário Oficial do Município de Ourinhos**. Ourinhos, ano VI, n. 449, p. 3, 26 out. 2010. Disponível em: <<http://www.ourinhos.sp.gov.br/diario-oficial/diario-ano/download/650/>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

REDE FERROVIÁRIA S.A. Diretoria de Segurança Industrial. Passagem de nível: Terminologia e Classificação: **N-DSE-016**. Rio de Janeiro, 1986a. 16 p.

_____. Diretoria de Segurança Industrial. Passagem de nível: Concessão, Projeto, Manutenção: **N-DSE-017**. Rio de Janeiro, 1986b. 30 p.

TV TEM (Andradina). Cancela eletrônica em cruzamento de ferrovia em Andradina vira polêmica. **Portal G1**. Andradina, 28 jun. 2015. Região de São José do Rio Preto e Araçatuba. Disponível em: <<http://glo.bo/1Hpivqa>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

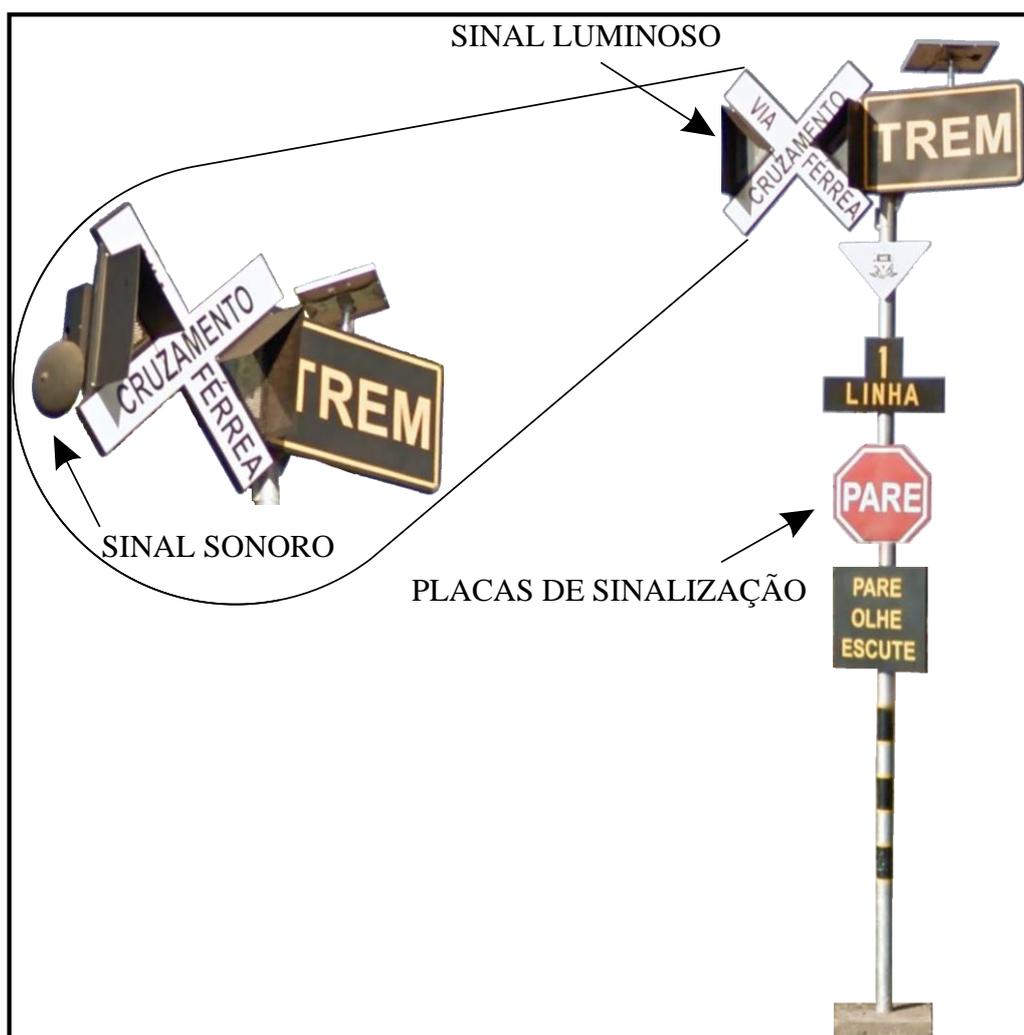
UNIÃO EUROPEIA. Eurostat. **Annual number of victims by type of accident**. 2016. Foram marcados os acidentes referentes às passagens em nível e retirados os países em que não há dados. Disponível em: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=rail_ac_catvict&lang=en>. Acesso em: 17 out. 2016.

APÊNDICE A – PESQUISA DE CUSTOS DO EQUIPAMENTO TIPO 4

Neste apêndice é apresentada a coleta dos dados de custos para o equipamento de sinalização do Tipo 4. Foram pesquisadas as empresas brasileiras que atuam na implantação de EPN, entretanto, nenhum valor foi fornecido. Por isso, de modo a criar o banco de dados, foi necessário utilizar o valor encontrado em uma licitação.

Conforme o Diário de Ourinhos (CRUZAMENTO..., 2010), foi instalado um EPN na cidade de Ourinhos, SP, que contém “[...] a placa trem, sinalização sonora e faróis, alimentados por painéis solares com funcionamento automático quando da aproximação do trem, cruz de Santo André com bordas refletivas para ser instalados no braço aéreo”. Consultando fotos do Google Maps (Figura 16), nota-se que este equipamento pode ser classificado como equivalente ao Tipo 4.

Figura 16 – Ilustração do sistema de EPN equivalente ao Tipo 4.



Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Google Maps (2017).

O custo referente a este EPN foi estimado mediante consulta ao Diário Oficial do Município de Ourinhos, datado de 26 de outubro de 2010, que contém o extrato de contrato de aquisição de um sistema de sinalização de passagem de nível para linha férrea, no valor de R\$ 34.214,00 (OURINHOS, 2010).

Ao considerar este valor de 2010, fez-se preciso realizar a sua correção monetária.

Para a correção monetária do preço de implantação de EPN levantado foi empregado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), pois, “[...] o IPCA corrige os balanços e demonstrações financeiras trimestrais e semestrais das companhias abertas, além de ser o medidor oficial da inflação no país” (BRASÍLIA, 2016).

O cálculo desse reajuste leva em conta o período de 26 de outubro de 2010 (data da aquisição) até 1º de junho de 2017 (data da atualização do índice mais recente). O percentual correspondente aos 2410 dias equivale a aproximadamente 54%.

Por isso, o valor corrigido para o EPN do Tipo 4 que será utilizado para informar o usuário do programa é de R\$ 52.687,88.

APÊNDICE B – PESQUISA DE CUSTOS DO EQUIPAMENTO TIPO 5

Neste apêndice é apresentada a coleta dos dados de custos de implantação para o equipamento de sinalização do Tipo 5. Após incessantes tentativas de contato com empresas do setor, o valor foi fornecido, porém a empresa não permitiu o uso dos dados. Deste modo, para criar o banco de dados, foi necessário utilizar o valor encontrado em reportagens.

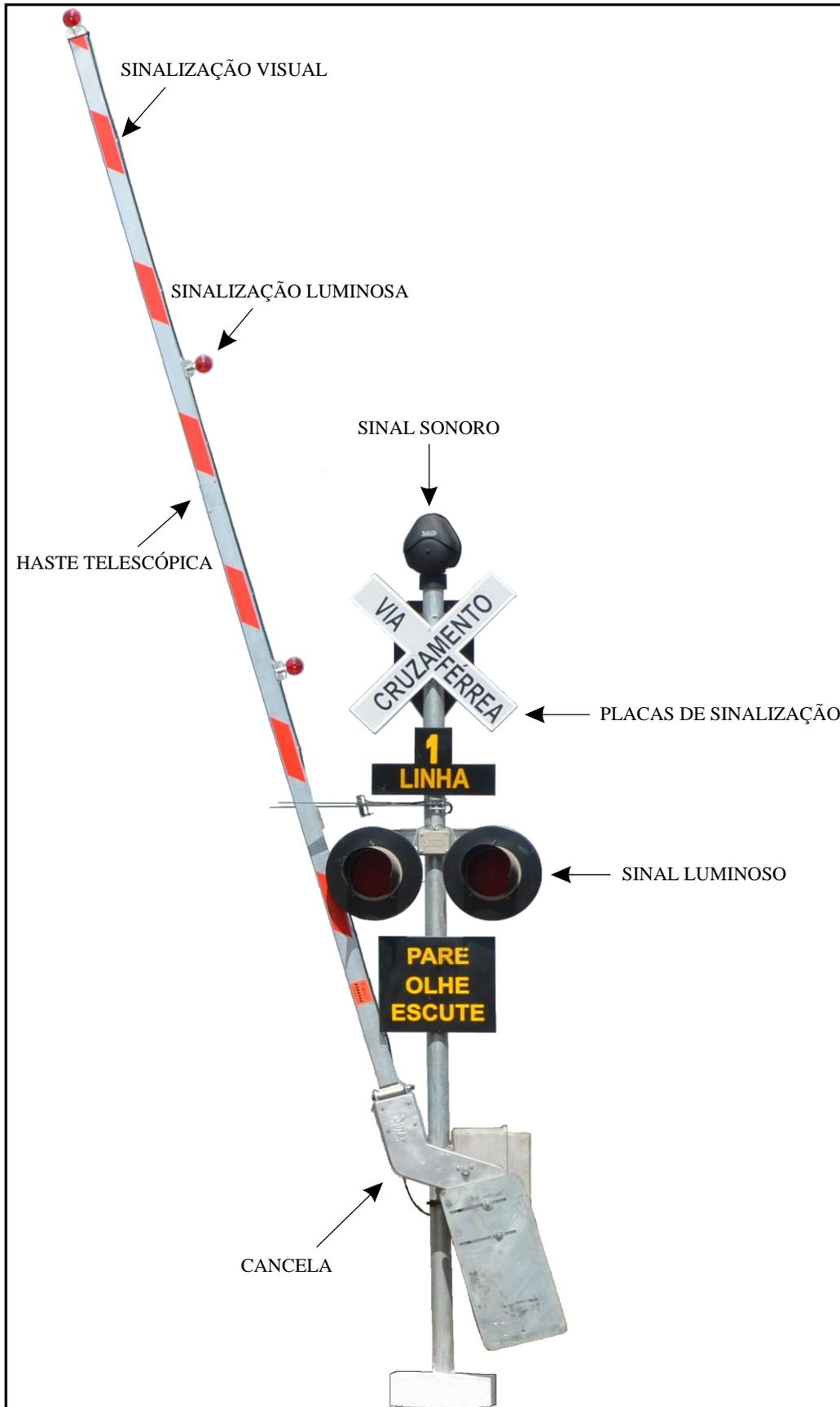
Na Figura 17 é mostrado equipamento de proteção cujo custo referente à sua implantação foi obtido pela consulta a notícias da cidade de Andradina, SP e Davinópolis, MA. Como se pode notar este EPN é equivalente a um Tipo 5, pois apresenta uma placa de sinalização múltipla (luminosa e sonora), uma cancela e acionamento automático dos sistemas.

Segundo a reportagem consultada (TV TEM, 2015), o equipamento “[...] custou R\$ 120 mil ao município [...]” em junho de 2015. Por isso, faz-se necessário realizar a correção monetária para valores atuais.

Seguindo o procedimento já realizado no Apêndice A, o valor de R\$ 120.000,00 deve ter seu valor corrigido pelo IPCA. Realizando o cálculo para o período de 28 de junho de 2015 até 1º de junho de 2017, obtém-se aproximadamente 12,5% de reajuste.

Desta maneira, o valor a ser estimado ao usuário pelo programa para um EPN Tipo 5 é de R\$ 134.945,89.

Figura 17 – Ilustração do sistema de EPN equivalente ao Tipo 5.



Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Davinópolis (2017).

APÊNDICE C – CONTEÚDO DO PROGRAMA DESENVOLVIDO

Apresentação ilustrativa completa do programa desenvolvido neste trabalho, dividido na ordem que é vista pelo usuário:

- Introdução (Figura 18);
- Cálculo do MC (Figura 19 e Figura 20);
- Cálculo do GI (Figura 21);
- Cálculo do IC (Figura 22);
- Resultados (Figura 23).

Figura 18 – Introdução.

Cálculo do Equipamento de proteção para Passagens em Nível

Para proceder ao cálculo você deve consultar a norma ABNT NBR 7613:2011 que determina os índices: MC, GI e IC. Todos os índices necessitam da pesquisa prévia do número de veículos que transitam no cruzamento rodoferroviário a ser estudado.

Independente do método escolhido, as informações de V_D, V_N, T_D e T_N deverão ser fornecidos em uma das duas maneiras disponíveis neste software.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 19 – Cálculo do MC (Parte 1).

Momento de Circulação	
O MC é calculado de acordo com a seguinte equação:	
$MC = (V_D \cdot T_D + 1,4 \cdot V_N \cdot T_N) \cdot L$	
Dados necessários:	
V_D	<input type="text" value="Volume de veículos durante o dia (apenas se disponível)"/>
V_N	<input type="text" value="Volume de veículos durante a noite (apenas se disponível)"/>
T_D	<input type="text" value="Quantidade de trens durante o dia"/>
T_N	<input type="text" value="Quantidade de trens durante a noite"/>
L	<input type="text" value="Fator de ajustamento para o número de vias férreas"/>
<small>(clique aqui para definir o fator L)</small>	
Outros dados necessários, caso se tenha a pesquisa de tráfego:	
V_{CP}	<input type="text" value="Volume de carros de passeio durante as 12 horas de contagem"/>
V_O	<input type="text" value="Volume de ônibus durante as 12 horas de contagem"/>
V_C	<input type="text" value="Volume de caminhões durante as 12 horas de contagem"/>
F_E	<input type="text" value="Fator de expansão (1,25 a 1,43)"/>
F_D	<input type="text" value="Fator de ajustamento diário"/>
F_M	<input type="text" value="Fator de ajustamento mensal"/>
f_D	<input type="text" value="Fator de conversão para o volume diurno (0,70 a 0,80)"/>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 20 – Cálculo do MC (Parte 2).

f_N	Fator de conversão para o volume noturno (0,20 a 0,30)
E_{CP}	1
E_{Cap-O}	Fator de equivalência de capacidade para o ônibus
E_{Seg-O}	Fator de equivalência de segurança para o ônibus
E_{Cap-C}	Fator de equivalência de capacidade para o caminhão
E_{Seg-C}	Fator de equivalência de segurança para o caminhão

Clique para calcular o V_D e V_N .

Outros dados necessários, caso precise calcular a quantidade de trens:

T_{Rdia}	Número de trens com horários regulares (dia)
T_{Fdia}	Número de trens facultativos (dia)
T_{Rnoite}	Número de trens com horários regulares (noite)
T_{Fnoite}	Número de trens facultativos (noite)

Clique para calcular o T_D e T_N .

Clique para calcular o MC.

Clique para zerar campos.

O resultado obtido para o MC é

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 21 – Cálculo do GI.

Grau de Importância

O GI é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$GI = f \cdot T \cdot V$$

Dados necessários:

f	Fator representativo das condições físicas da PN <small>(clique aqui para definir o fator f)</small>
T	Quantidade de trens, em ambos os sentidos, por dia
V	Volume de veículos rodoviários [Vd+Vn]

[Para preenchimento automático da variável "T", clique aqui para utilizar os dados da quantidade de trens.](#)

[Para preenchimento automático da variável "V", clique aqui para utilizar os dados da pesquisa de tráfego.](#)

O resultado obtido para o GI é

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 22 – Cálculo do IC.

Índice de Criticidade

O IC é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IC = f_C \cdot (V_D \cdot T_D + 1,4 \cdot V_N \cdot T_N)$$

Dados necessários:

f_C	Fator representativo das condições físicas da PN (clique aqui para definir o fator f_C)
V_D	Volume de veículos durante o dia (apenas se disponível)
V_N	Volume de veículos durante a noite (apenas se disponível)
T_D	Quantidade de trens durante o dia
T_N	Quantidade de trens durante a noite

Para preenchimento automático de " V_D " e " V_N ", clique aqui para utilizar os dados da pesquisa de tráfego.

Para preenchimento automático de " T_D " e " T_N ", clique aqui para utilizar os dados da quantidade de trens.

Clique para calcular o IC.

Clique para zerar campos.

O resultado obtido para o IC é

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 23 – Resultados.

Escolha do Equipamento de Passagem em Nível

Após o cálculo dos índices **MC**, **GI** e **IC** é realizada a comparação com as diretrizes presentes na norma.

Clique para gerar o resultado com base no MC.

Clique para gerar o resultado com base no GI.

Clique para gerar o resultado com base no IC.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

APÊNDICE D – TELAS DE RESPOSTAS POSSÍVEIS

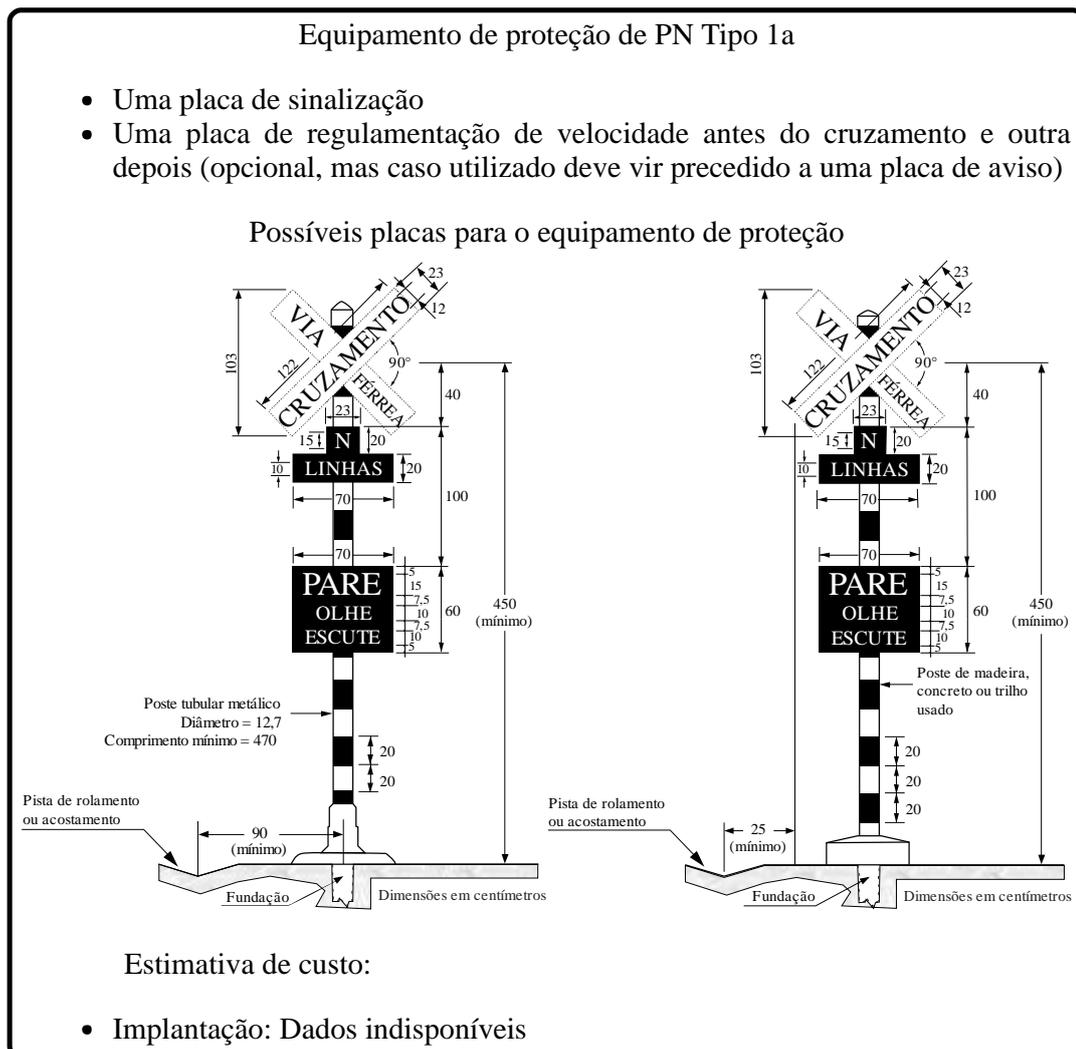
As possibilidades de melhoria da sinalização da PN compreendem as diretrizes descritas no item 3.4. Por isso, observam-se 15 respostas diferentes ao utilizar o MC ou IC e 2 respostas diferentes ao usar o GI. Para mostrar cada resposta gerada pelo programa desenvolvido, simulou-se o cálculo dos índices.

Figura 24 – Resposta MC ou IC (vias expressas).

Para este tipo de via não é permitido PN.
Caso contrário, protegê-la com cancela até que a PN possa ser separada com travessia em desnível.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 25 – Resposta MC ou IC (Tipo 1a).



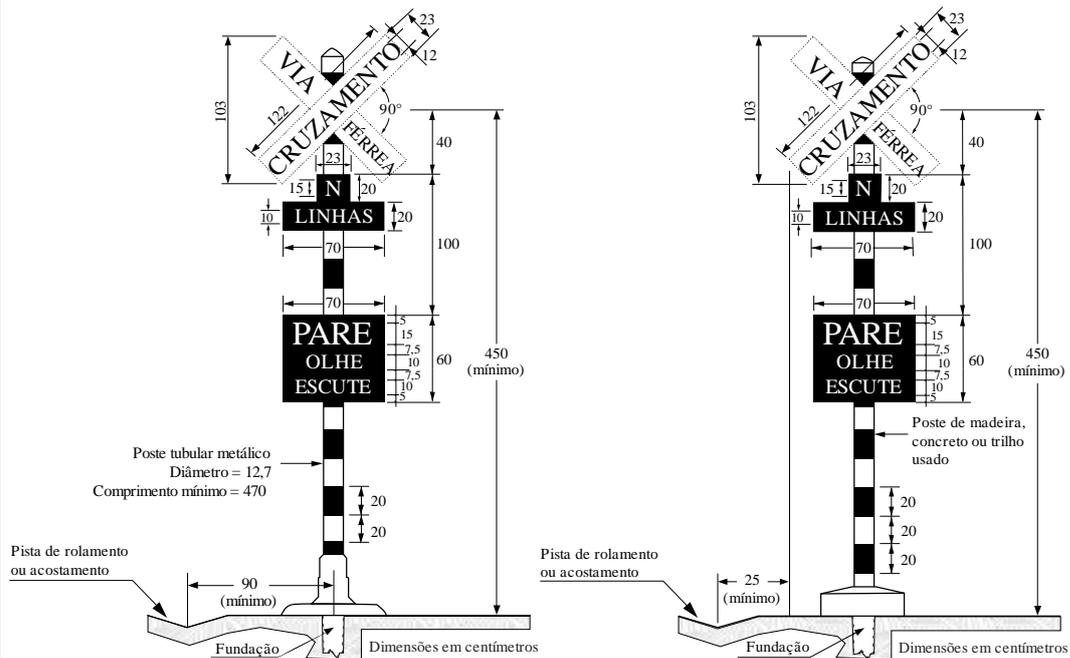
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 26 – Resposta MC ou IC (Tipo 1b).

Equipamento de proteção de PN Tipo 1b

- Uma placa de sinalização
- Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso)
- Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade

Possíveis placas para o equipamento de proteção



Estimativa de custo:

- Implantação: Dados indisponíveis

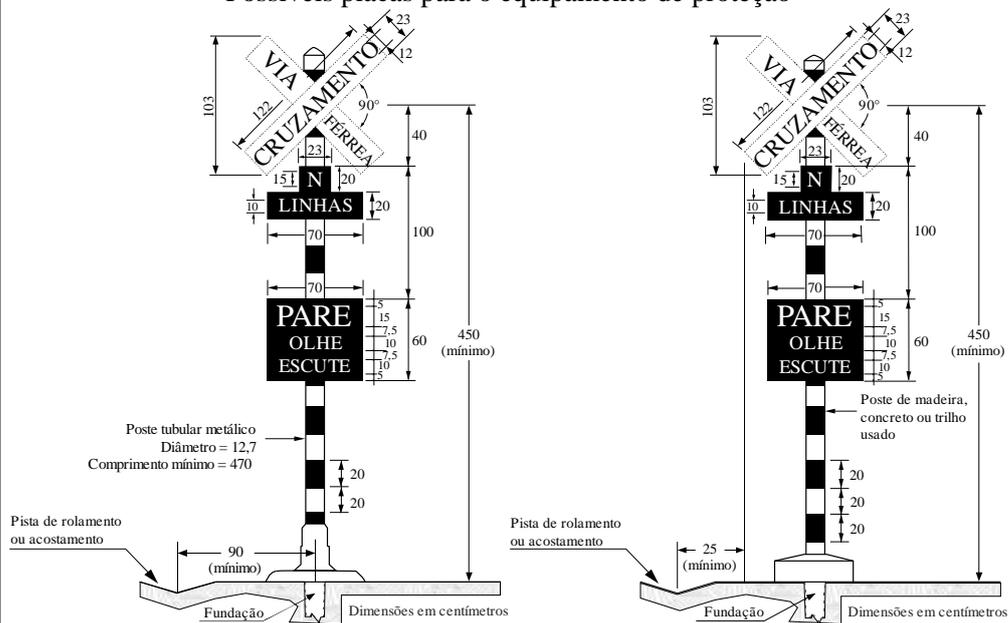
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 28 – Resposta MC ou IC (Tipo 2b).

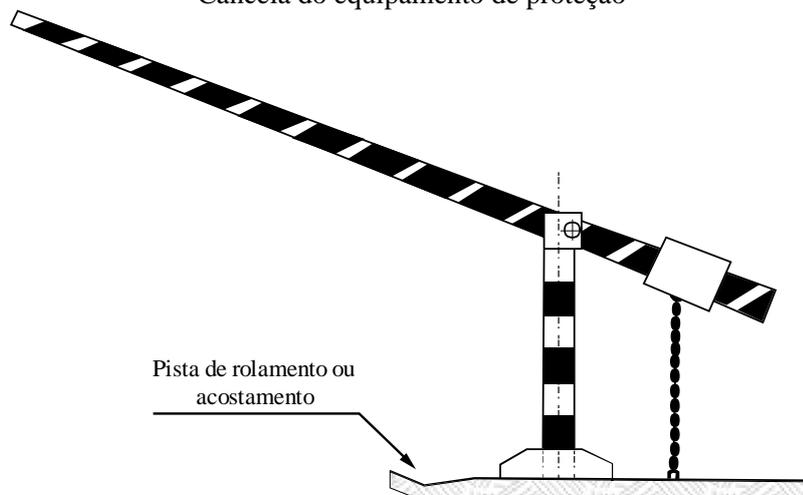
Equipamento de proteção de PN Tipo 2b

- Uma placa de sinalização
- Uma cancela manual acionada pelo balizador
- Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso)
- Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade
- Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem
- Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento

Possíveis placas para o equipamento de proteção



Cancela do equipamento de proteção



Estimativa de custo:

- Implantação: Dados indisponíveis

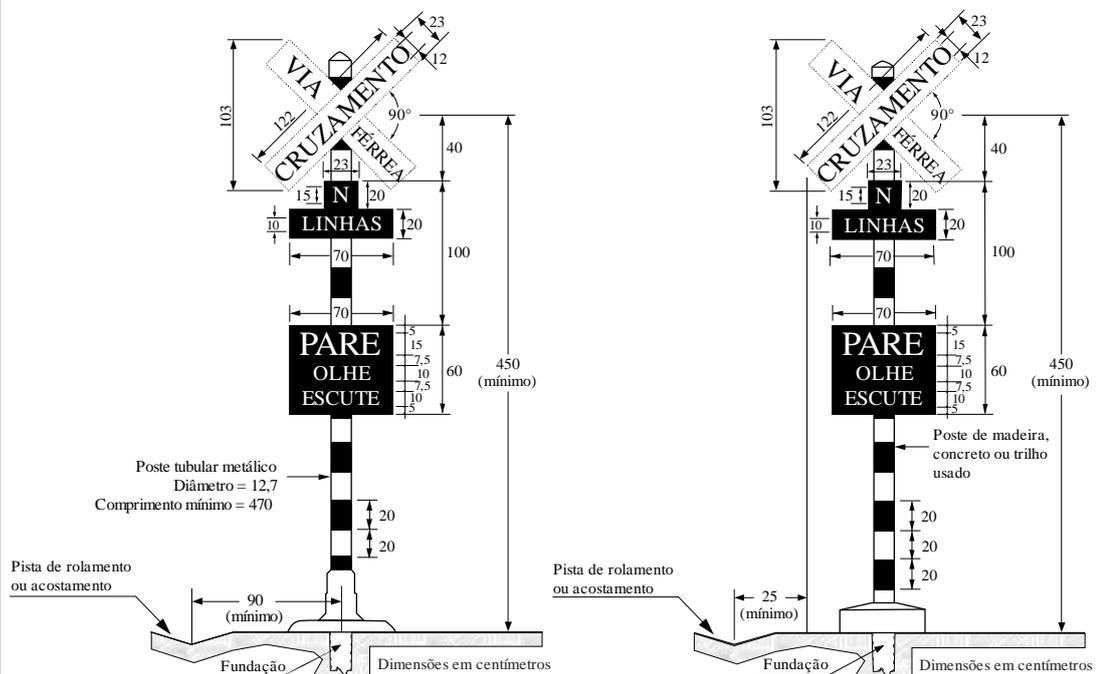
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 29 – Resposta MC ou IC (Tipo 2c).

Equipamento de proteção de PN Tipo 2c

- Uma placa de sinalização
- Uma placa de proibido ultrapassagem
- Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso)
- Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade
- Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem
- Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento

Possíveis placas para o equipamento de proteção



Estimativa de custo:

- Implantação: Dados indisponíveis

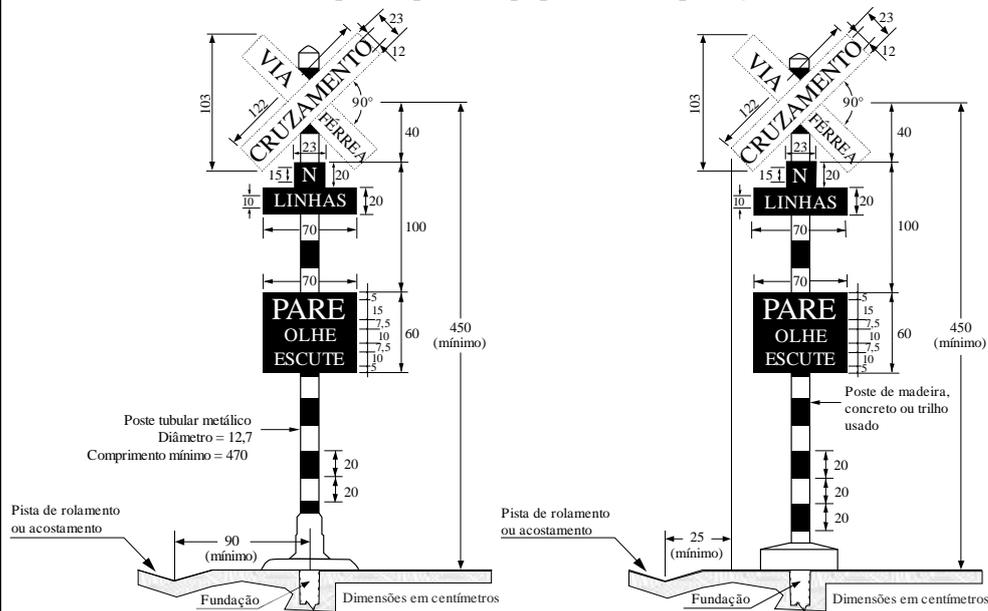
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 30 – Resposta MC ou IC (Tipo 2d).

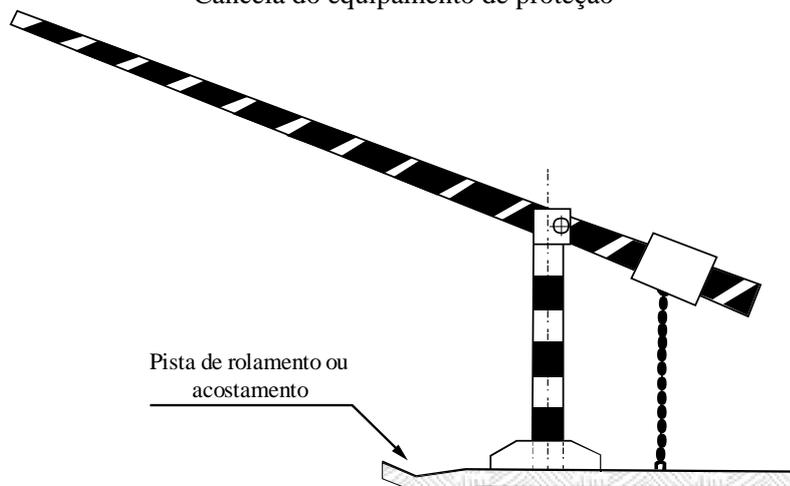
Equipamento de proteção de PN Tipo 2d

- Uma placa de sinalização
- Uma cancela manual acionada pelo balizador
- Uma placa de proibido ultrapassagem
- Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso)
- Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade
- Balizador que utiliza de bandeiras ou lanternas para advertir os motoristas da existência de trem
- Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento

Possíveis placas para o equipamento de proteção



Cancela do equipamento de proteção



Estimativa de custo:

- Implantação: Dados indisponíveis

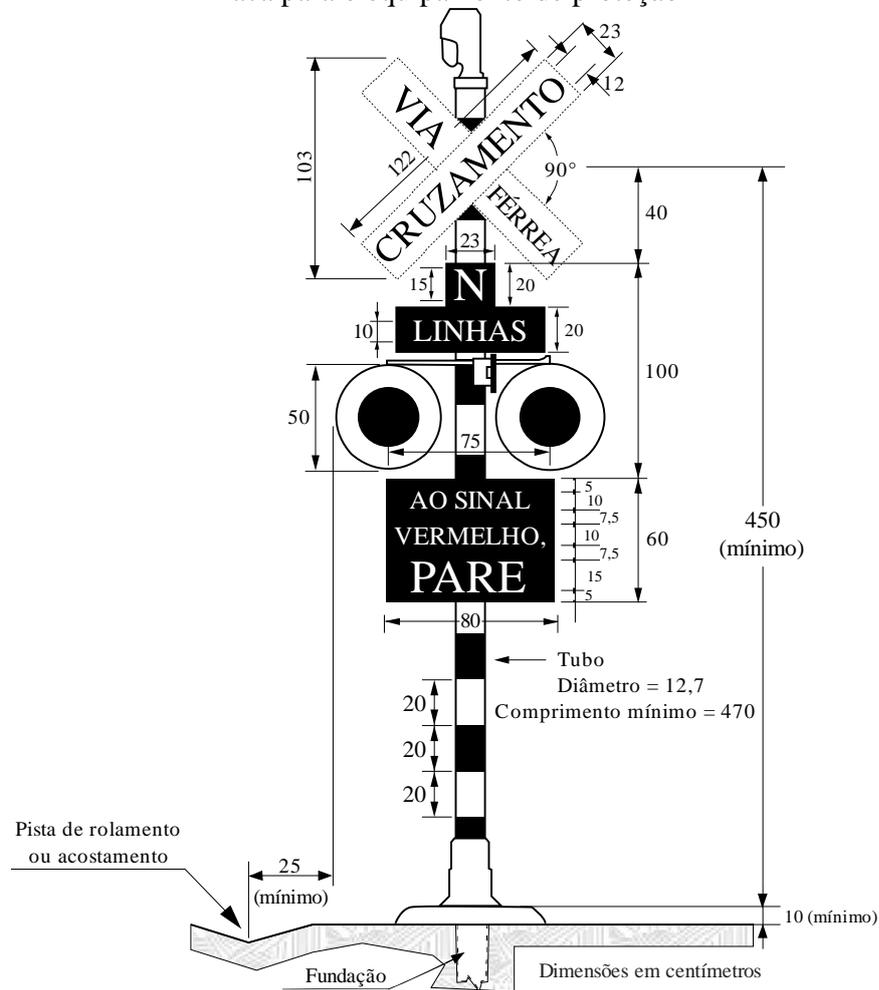
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 33 – Resposta MC ou IC (Tipo 3c).

Equipamento de proteção de PN Tipo 3c

- Uma placa de sinalização com sinal múltiplo
- Uma placa de proibido ultrapassagem
- Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso)
- Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade
- Balizador que aciona o sinal múltiplo
- Abrigo destinado ao balizador que não obstrua a visibilidade do cruzamento

Placa para o equipamento de proteção



Estimativa de custo:

- Implantação: Dados indisponíveis

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 34 – Resposta MC ou IC (Tipo 3d).

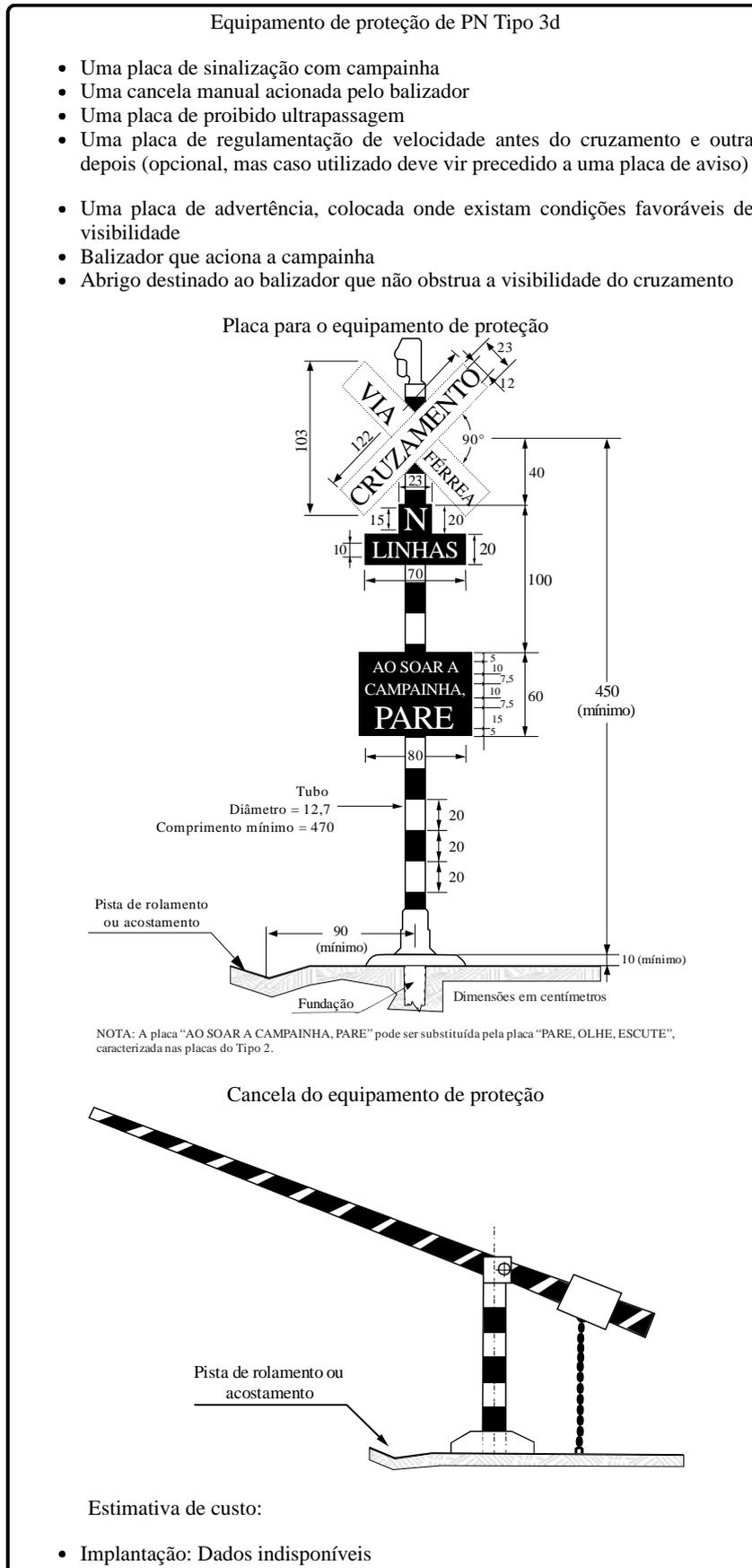
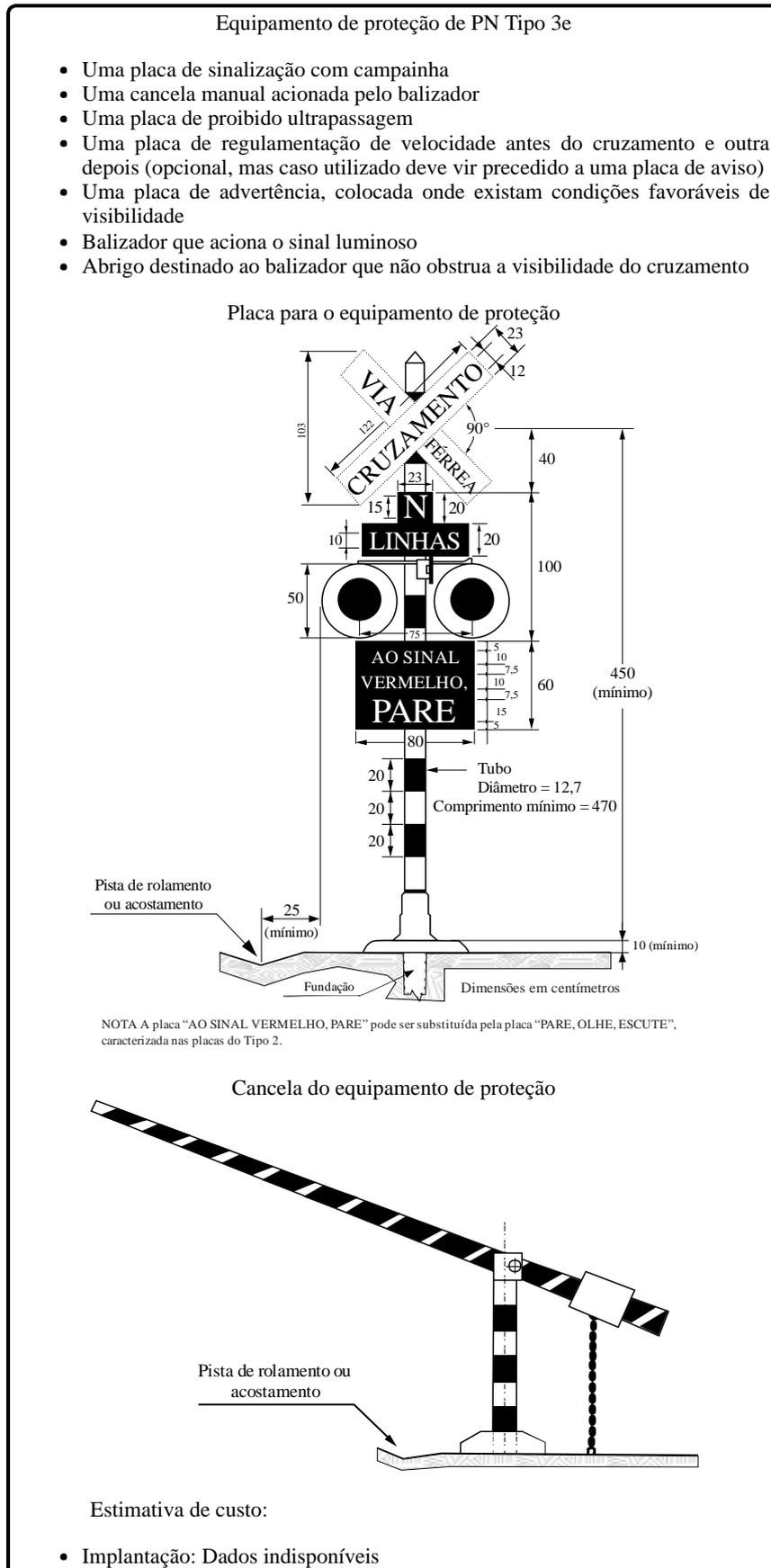
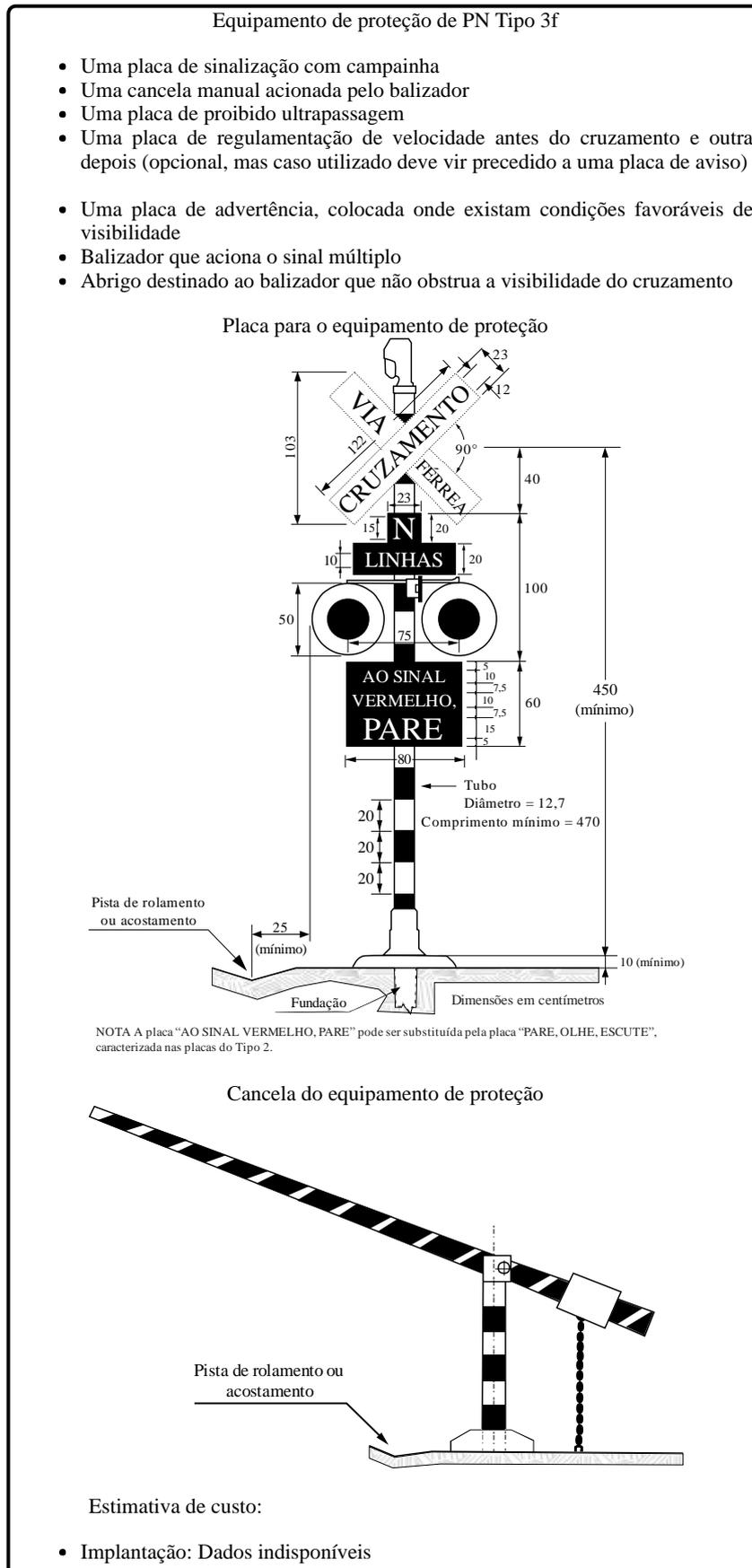


Figura 35 – Resposta MC ou IC (Tipo 3e).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 36 – Resposta MC ou IC (Tipo 3f).



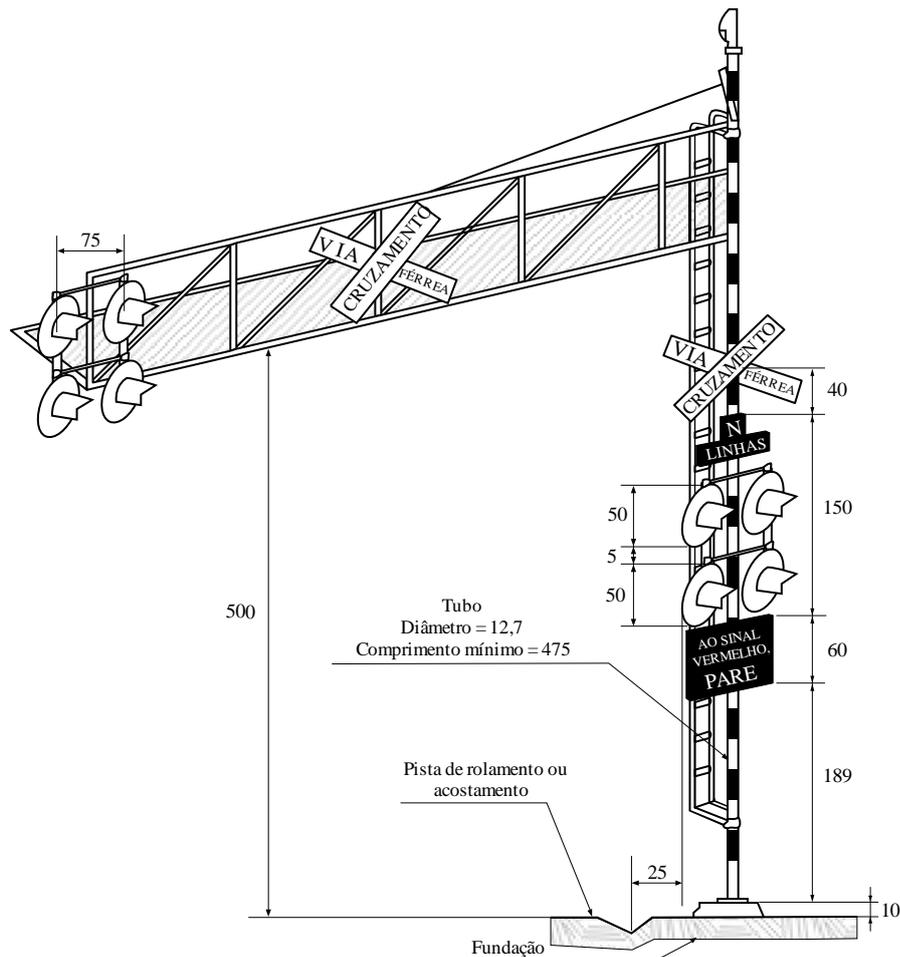
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 37 – Resposta MC ou IC (Tipo 4).

Equipamento de proteção de PN Tipo 4

- Uma placa de sinalização com sinalização múltipla (sonora e luminosa) dotada de circuitos necessários para seu acionamento automático
- Uma placa de proibido ultrapassagem
- Uma placa de regulamentação de velocidade antes do cruzamento e outra depois (opcional, mas caso utilizado deve vir precedido a uma placa de aviso)
- Uma placa de advertência, colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade

Placa para o equipamento de proteção



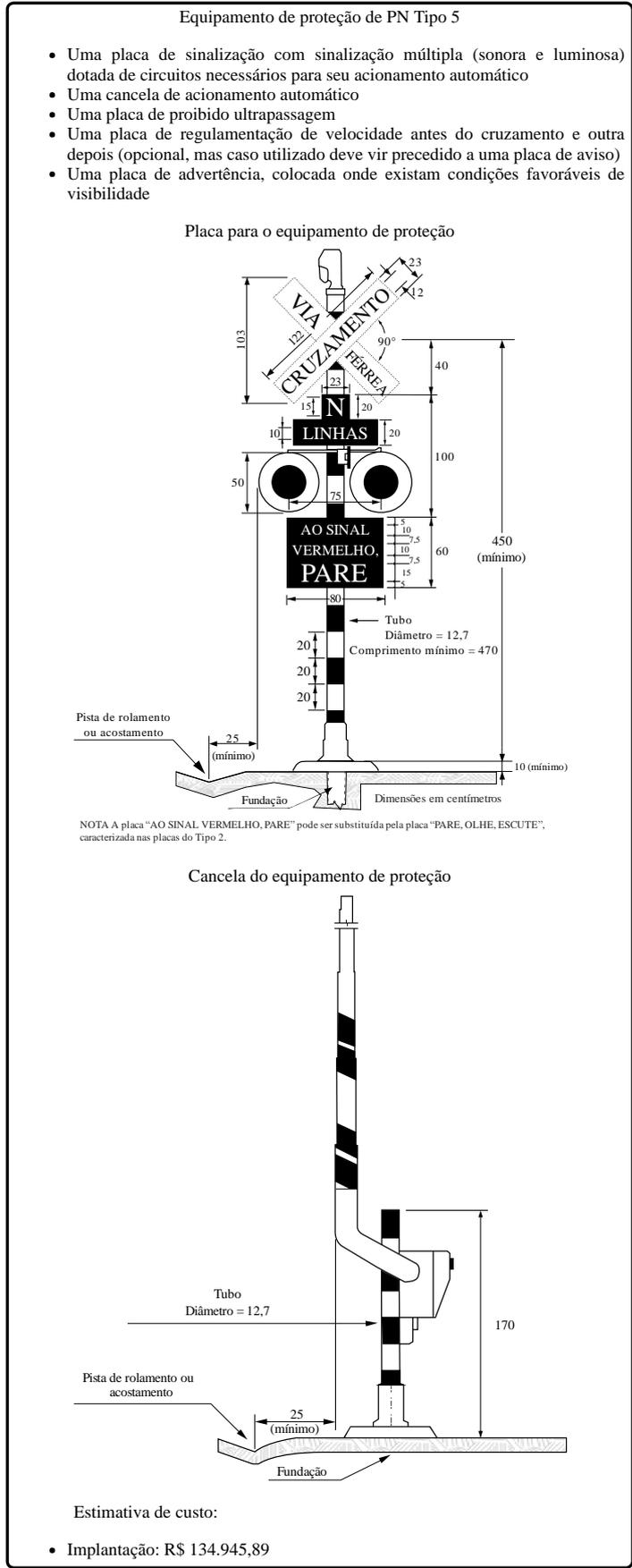
NOTA A placa "AO SINAL VERMELHO, PARE" pode ser substituída pela placa "PARE, OLHE, ESCUTE", caracterizada nas placas do Tipo 2.
Para as dimensões faltantes das placas, usar as mesmas dos outros tipos.

Estimativa de custo:

- Implantação: R\$ 52.687,88

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 38 – Resposta MC ou IC (Tipo 5).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 39 – Resposta GI (resultado menor que 20000).

Lembrando que este método apresenta apenas dois resultados possíveis.
Resultado de GI menor ou igual a 20.000, portanto, deve-se utilizar:
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção sem aviso de aproximação do trem (apenas placas) — SOS.
A proteção SOS é a equivalente ao Tipo 0 (para PN particular) ou Tipo 1.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 40 – Resposta GI (resultado maior que 20000).

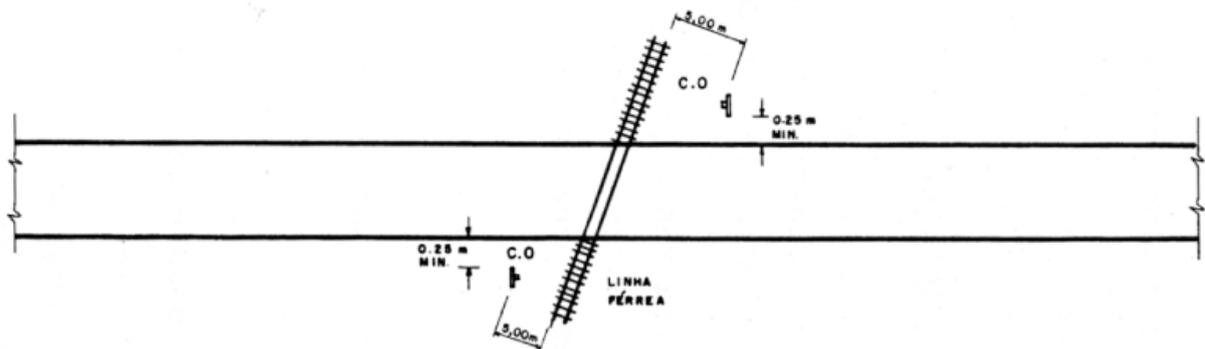
Lembrando que este método apresenta apenas dois resultados possíveis.
Resultado de GI maior que 20.000, portanto, deve-se utilizar:
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento manual, com guarda cancela — SMG;
A proteção SMG é equivalente ao Tipo 2 e Tipo 3.
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento manual, sem guarda cancela — SML;
A proteção SML é equivalente ao Tipo 2 e Tipo 3, mas as cancelas são de acionamento elétrico realizado, juntamente com as demais sinalizações, a distância.
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento automático, com guarda cancela — SAG;
A proteção SAG é a equivalente ao Tipo 4 e Tipo 5, com a presença de um balizador (guarda-cancela).
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção com aviso de aproximação do trem e acionamento automático, sem guarda cancela — SAL;
A proteção SAL é a equivalente ao Tipo 4 e Tipo 5.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

ANEXO A – CARACTERÍSTICAS DETALHADAS DA VIA

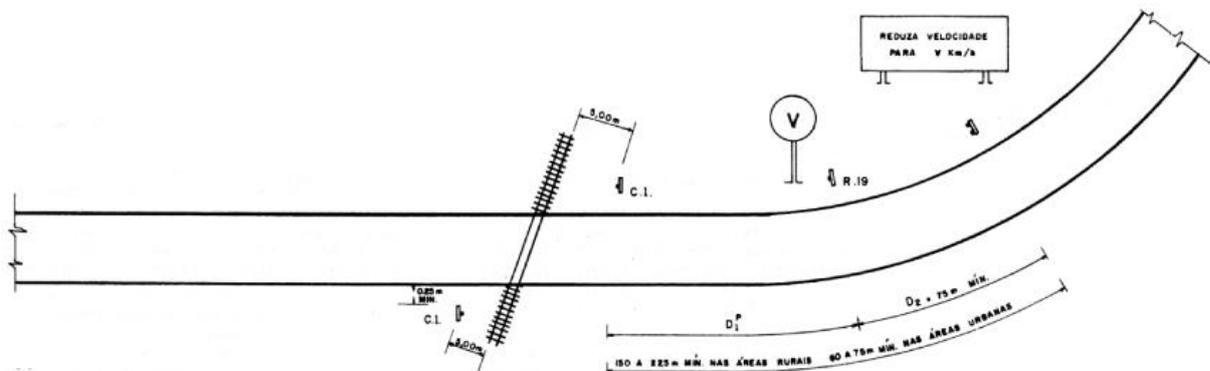
Ilustrações retiradas do estudo do DNIT intitulado “Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas” (BRASIL, 2015) que identificam as placas e demais equipamentos no cruzamento rodoferroviário.

Figura 41 – Proteção Passiva (Tipo 0).



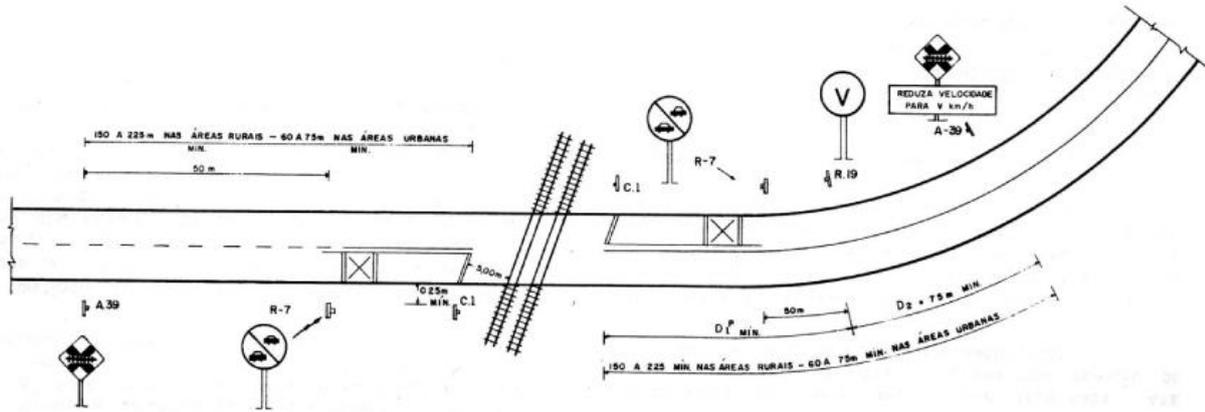
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 43).

Figura 42 – Proteção Passiva (Tipo 1a).



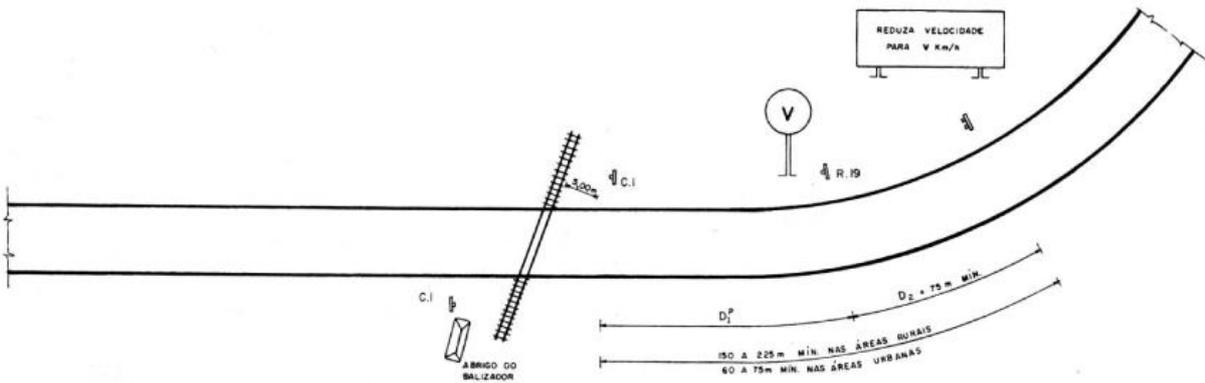
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 44).

Figura 43 – Proteção Passiva (Tipo 1b).



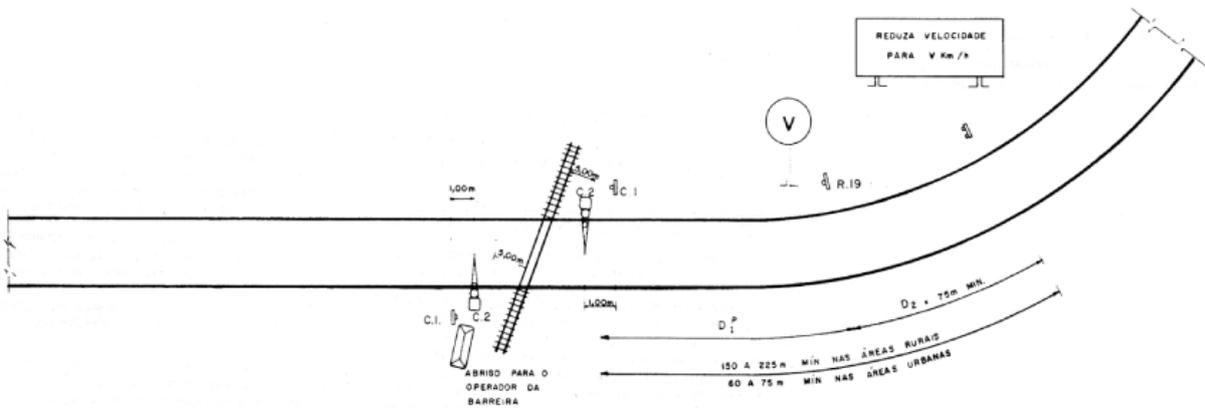
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 45).

Figura 44 – Proteção Passiva (Tipo 2a).



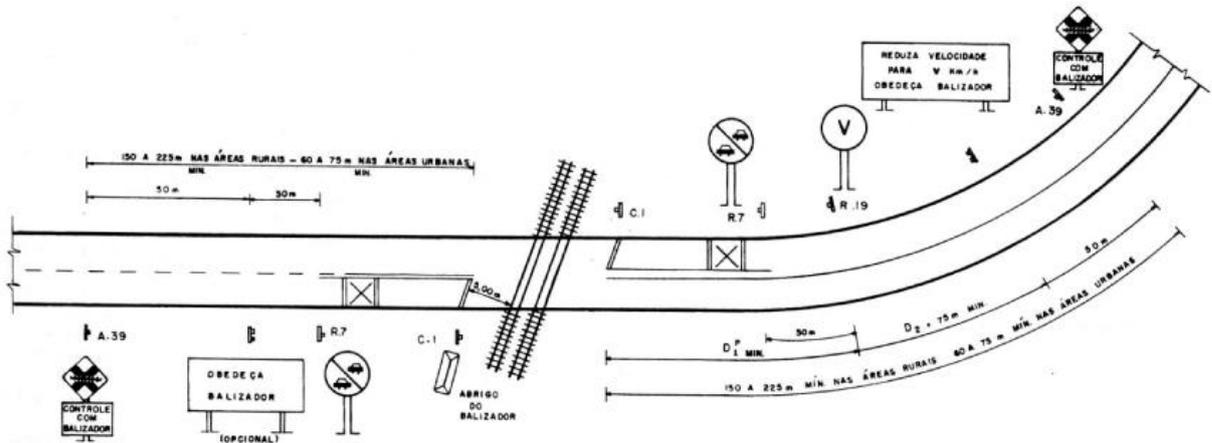
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 46).

Figura 45 – Proteção Passiva (Tipo 2b).



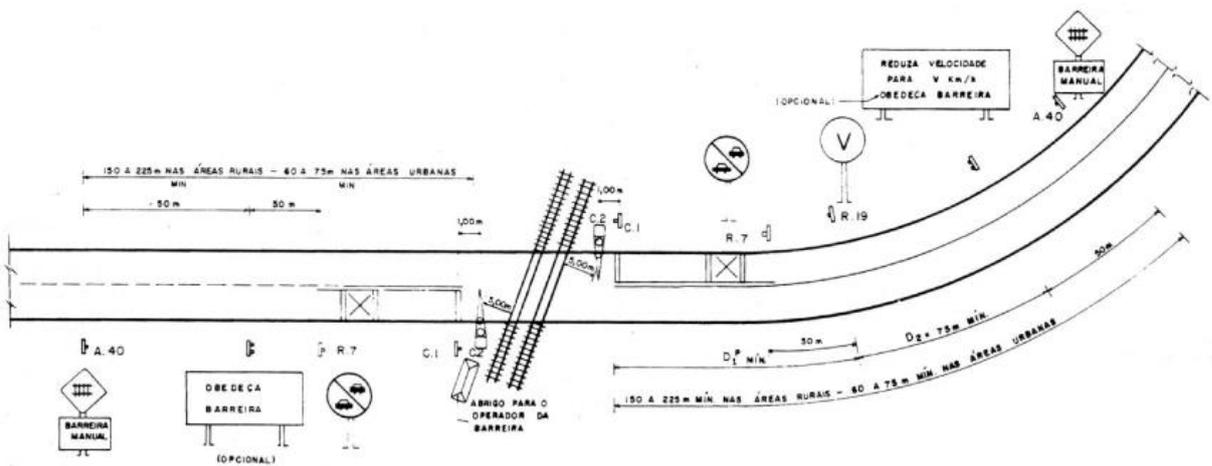
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 47).

Figura 46 – Proteção Passiva (Tipo 2c).



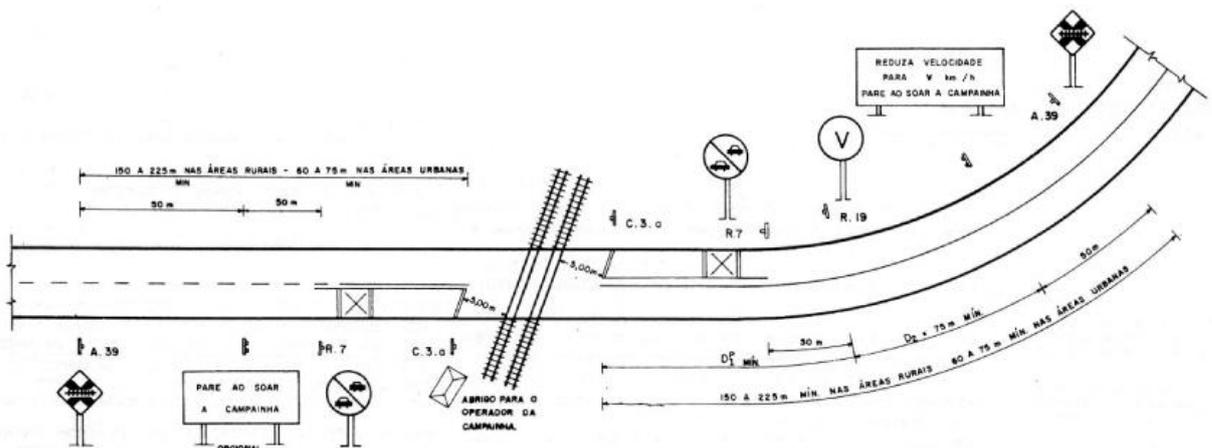
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 48).

Figura 47 – Proteção Passiva (Tipo 2d).



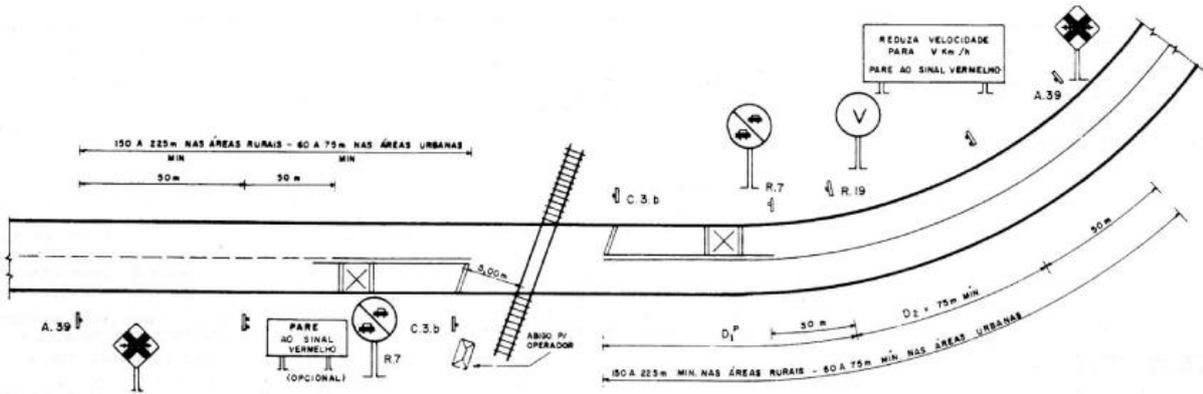
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 49).

Figura 48 – Proteção Passiva (Tipo 3a).



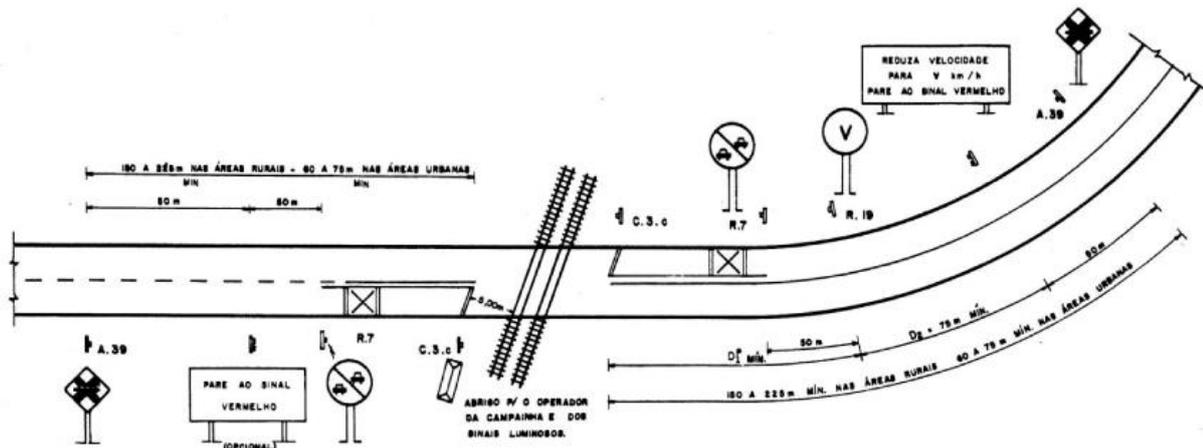
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 50).

Figura 49 – Proteção Passiva (Tipo 3b).



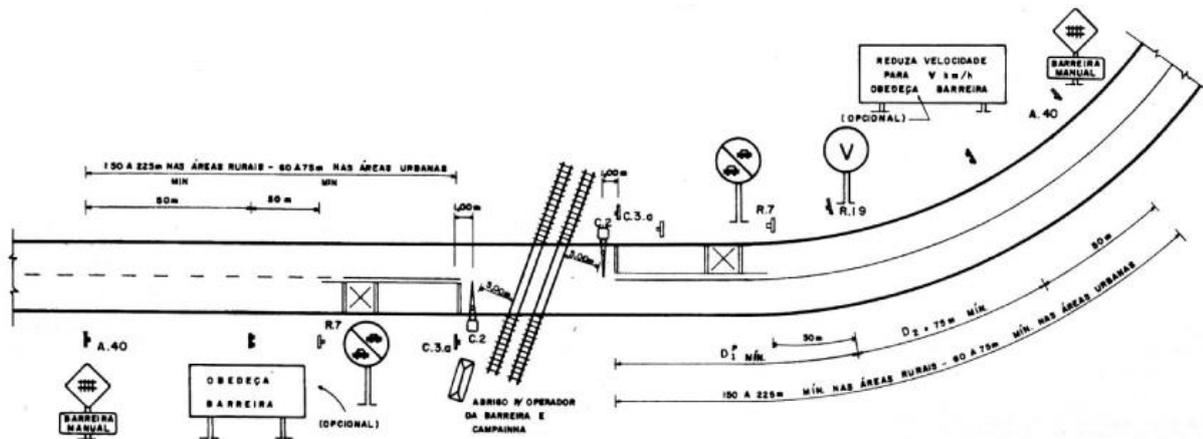
Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 51).

Figura 50 – Proteção Passiva (Tipo 3c).



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 52).

Figura 51 – Proteção Passiva (Tipo 3d).



Fonte: DENATRAN (1987 apud BRASIL, 2015, p. 536).

