



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Sutter Diogo Dorneles

**Análise de impacto da ferrovia Nova Ferroeste na segurança dos cruzamentos em nível
da Região Metropolitana de Curitiba**

Florianópolis
2023

Sutter Diogo Dorneles

**Análise de impacto da ferrovia Nova Ferroeste nos cruzamentos rodoferroviários da
Região Metropolitana de Curitiba**

Dissertação submetida ao Programa de pós-graduação
em Engenharia de Tráfego e Gestão Territorial da
Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção
do título de mestre em Engenharia de Transportes
Orientador: Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha , Dr.

Florianópolis

Ficha de identificação da obra

DORNELES, Sutter Diogo

Análise de impacto da ferrovia Nova Ferroeste nos cruzamentos rodoferroviários da Região Metropolitana de Curitiba / Sutter Diogo DORNELES ; orientador, Marcos Aurélio Marques Noronha, 2023.

139 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Ferrovias. 3. Passagem em nível. 4. Acidentes Ferroviários. 5. Sistemas de Transporte. I. Noronha, Marcos Aurélio Marques. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

Sutter Diogo Dorneles

**Análise de impacto da ferrovia Nova Ferroeste nos cruzamentos rodoferroviários da
Região Metropolitana de Curitiba**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Eduardo Lobo, Dr.

Instituição UFSC

Prof. Danilo Rinaldi Bisconsini, Dr.

Instituição UTFPR-Pato Branco

Prof. Rafael Pacheco dos Santos, Dr.

Instituição UDESC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Transportes.



Documento assinado digitalmente

Ana Maria Benciveni Franzoni

Data: 17/05/2023 13:38:28-0300

CPF: ***.558.939-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

ICP-Edu

Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Documento assinado digitalmente

Marcos Aurelio Marques Noronha

Data: 17/05/2023 10:30:55-0300

CPF: ***.965.173-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

ICP-Edu

Prof.(a) Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr.(a)

Orientador(a)

Florianópolis, 2023

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar com a oportunidade de realizar esta pesquisa e por me conceder saúde, força e perseverança para superar todos os desafios que surgiram ao longo do caminho.

Gostaria também de expressar meus sinceros agradecimentos às pessoas que foram fundamentais na realização deste trabalho.

Agradeço primeiramente aos meus pais Gerson e Sônia, pelo amor, suporte e dedicação incondicionais em toda a minha vida. Sem a orientação deles, eu não estaria aqui hoje. Agradeço por terem me ensinado valores importantes, me incentivado a seguir meus sonhos e me apoiado em todas as minhas decisões.

Gostaria de agradecer também à minha noiva Mayara, pela paciência, amor e compreensão durante todo o processo. Seu apoio emocional foi vital para que eu pudesse focar e me dedicar à pesquisa. Obrigado por ser minha companheira em todas as etapas deste trabalho e da vida.

Gostaria de expressar minha gratidão também à minha irmã Konara, que sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida, especialmente durante a realização desta pesquisa. Obrigado por ter me apoiado com seus conselhos, sua ajuda e seu incentivo. Agradeço de coração por tudo que você fez e ainda faz por mim.

Agradeço ao meu orientador Marcos Noronha, pela orientação e confiança que me foi dada. Sua orientação e seus conselhos foram inestimáveis para que eu pudesse aprofundar meus conhecimentos e explorar novas perspectivas de análise.

Agradeço também aos membros da banca examinadora Eduardo Lobo e Danilo Rinaldi, pelas contribuições críticas e comentários construtivos que me ajudaram a aprimorar o meu trabalho. Suas sugestões foram valiosas e me permitiram aprimorar a qualidade e a originalidade da minha pesquisa.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo. (Albert Einstein)

RESUMO

As passagens em nível são cruzamentos entre o modo rodoviário e o ferroviário e correspondem a pontos de alta incidência de acidentes. O traçado da ferrovia que passa no centro urbano de Curitiba e Região Metropolitana oferece alto risco de acidentes nos cruzamentos com ruas e avenidas, ocasiona filas e congestionamentos nos principais cruzamentos viários, além de classificar Curitiba com a pior avaliação do Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas (PROSEFER). Considerando os problemas da interação da ferrovia com a cidade, o presente trabalho objetiva avaliar o impacto na segurança, mais especificamente na redução de acidentes nas passagens de nível, que o contorno ferroviário, proposto no traçado da nova ferroeste, trará a Região Metropolitana. Para a análise econômica desse benefício, o número de acidentes anual é calculado por meio do modelo de previsão de USDOT (Departamento de Transporte dos Estados Unidos) e multiplicado pelo custo médio unitário de cada acidente. O estudo de caso realizado indicou que o investimento na construção do contorno ferroviário na Região Metropolitana de Curitiba se justifica plenamente devido à possibilidade de grande redução no número de acidentes nas passagens em nível atualmente existentes. A análise realizada pode ser útil para justificar investimentos em medidas de segurança, reduzir o número e os custos dos acidentes e ajudar as autoridades nas tomadas de decisões para alocar recursos em segurança ferroviária. A análise econômica realizada revelou que o benefício com a redução dos acidentes representa de 15,7% a 20% do investimento total da obra ao longo de 60 anos. A inclusão dessa variável na análise benefício/custo enfatiza a importância de considerar os impactos positivos em termos de segurança e custos evitados ao avaliar projetos futuros de segurança ferroviária.

Palavras-chave: Ferrovias. Passagem em nível. Acidentes Ferroviários. Segurança viária. Sistemas de Transporte.

ABSTRACT

Level crossings are intersections between road and rail modes and correspond to points with high incidence of accidents. The route of the railroad that passes through the urban center of Curitiba and its Metropolitan Region offers a high risk of accidents at intersections with streets and avenues, causes inconveniences, like queues and congestion at the main road junctions, in addition to classifying Curitiba with the worst evaluation of the National Program of Railway Safety in Urban Areas (PROSEFER). Considering these numerous problems of the interaction of the railway with the city, the present work aims to evaluate the impact on safety, more specifically on the reduction of accidents at level crossings, that the railway contour, proposed in the route of the Nova Ferroeste, will bring to the Metropolitan Region. For the economic analysis of this benefit, the work calculates the annual number of accidents using the USDOT forecast model and multiplies it by the average unit cost of each accident. The case study carried out indicated that the investment in the construction of the railway contour in the Metropolitan Region of Curitiba is fully justified due to the possibility of a great reduction in the number of accidents in the currently existing level crossings. The analysis carried out can be useful to justify investments in safety measures, reduce the number and costs of accidents and help authorities in making decisions to allocate resources in rail safety,

Keywords: Railway Projects. Level Crossing. Railway Accidents. Rail Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lista de Classificação dos Empreendimentos Ferroviários.....	23
Figura 2 - Locomotiva Baroneza	25
Figura 3 - Foto histórica de techo da Ferroeste	28
Figura 4 - Elementos da superestrutura ferroviária.....	30
Figura 5 - Passagem em Nível em Curitiba	31
Figura 6 – Remoção de 30 famílias na Faixa de Domínio em Jundiaí	32
Figura 7 - Representação esquemática da bitola.....	33
Figura 8 - Equipamento de proteção tipo 0	35
Figura 9 - Equipamento de proteção tipo 1	35
Figura 10 - Equipamento de proteção ativa com operação manual sem energia elétrica de cancela manual	36
Figura 11 - Equipamento de proteção ativa com operação manual com energia elétrica do tipo campainha e sinal luminoso com controle manual	37
Figura 12 - Equipamento de proteção ativa com operação automática do tipo campainha e sinal luminoso com controle automático e pórtico	37
Figura 13 - Comparação de matrizes de transporte de carga de países de mesmo porte territorial.....	41
Figura 14 - Densidade das malhas ferroviárias	41
Figura 15 - Invasões na Faixa de domínio.....	44
Figura 16 - Passagens em nível críticas	46
Figura 17 - Quantitativo de acidentes ferroviários no Brasil.....	49
Figura 18 - Comparação do desempenho de segurança Brasil e União Europeia	50
Figura 19 - Comparação por concessionária com índices europeus	51
Figura 20 - Níveis sonoros nas diferentes regiões de Curitiba	52
Figura 21 - Passagem em nível no bairro Cajuru em Curitiba sem barreiras de segurança.....	53
Figura 22 - Viaduto no município de Jales (SP)	57
Figura 23 - Travessia subterrânea instalada em Caunas	58
Figura 24 - Contorno ferroviário no município de Cascavel	59
Figura 25 - Cruz de Santo André.....	60
Figura 26 - Passagem em nível sem barreira	61

Figura 27 - Passagem em nível com barreira	61
Figura 28 - Representação de elementos da sinalização horizontal.....	62
Figura 29 - Sinalização semafórica nas passagens em nível.....	63
Figura 30 - Exemplo ilustrativo de dispositivo de luz intermitente suspenso em balanço	64
Figura 31 - Fluxo da avaliação multicritério.....	68
Figura 32 - Áreas de priorização indicadas pelo PROSEFER.....	68
Figura 33- Diagrama do indicador Avaliação Estratégica	70
Figura 34 - Fluxograma para cálculo da sensibilidade do benefício/custo.....	71
Figura 35 - Trecho ferroviário da Nova Ferroeste.....	74
Figura 36 - Divisão da Nova Ferroeste em trechos.....	76
Figura 37 - Alternativas de traçado.....	78
Figura 38 - Traçado da Nova Ferroeste - Alternativa 01	81
Figura 39 – Calculadora de Inflação do CPI.....	100
Figura 40 - Georreferenciamento das Passagens em Nível.....	106
Figura 41 - Quantificação dos acidentes.....	115
Figura 42 - Distribuição dos acidentes por nível de gravidade.....	117
Figura 43 - Custos de incidentes ferroviários de 2019 por categoria em Bert <i>et al.</i> (2020).....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Invasões na faixa de domínio identificadas pelo PROSEFER, por estado e região	45
Tabela 2 - Extensão dos trechos da Nova Ferroeste.....	77
Tabela 3 - Escala de Julgamentos de Importância do Método AHP	79
Tabela 4 - Definição de Critérios e Subcritérios Socioambientais.....	80
Tabela 5 - Premissas básicas e características técnicas da ferrovia tramo Oeste.....	82
Tabela 6 - Recorte da lista de classificação pelo custo de implantação do empreendimento.....	83
Tabela 7 - Recorte da lista de classificação pelo número de passagens em nível eliminadas	84
Tabela 8 - Cálculo de f	89
Tabela 9 - Fatores da formulação inicial.....	92
Tabela 10 - Taxonomia dos componentes de custos de colisão em passagem em nível	96
Tabela 11 - Cálculo dos custos nos acidentes com vítimas	97
Tabela 12 - Acidentes com vítimas em passagens em nível 2009-2011.....	99
Tabela 13 - Danos materiais dos acidentes	99
Tabela 14 - Custo dos acidentes por tipo em dólar (valores 2009 - 2011)	101
Tabela 15 - Custos dos acidentes por tipo em dólar (valores em dezembro de 2022)	101
Tabela 16 - Custos dos acidentes por tipo em Real (valores em dezembro de 2022)	101
Tabela 17 - Identificação e localização das PN's.....	104
Tabela 18 - Recorte base de dados acidentes Rumo Malha Sul S.A	105
Tabela 19 - Mecanismo de proteção das passagens em nível.....	108
Tabela 20 - Projeção da taxa de crescimento da frota de veículos	109
Tabela 21 - Volume Tráfego Rodoviário por PN	110
Tabela 22 - Quantidade de Trens por dia por PN	112
Tabela 23 - Comparação do presente estudo com Silva <i>et al.</i> (2021)	116
Tabela 24 - Número de óbitos e feridos nas passagens em nível da Região Metropolitana de Curitiba por ano	117

Tabela 25 - Custo total com acidentes por ano.....	118
Tabela 26 - Comparação do presente estudo com Bert <i>et al.</i> (2020).....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANTF** – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
- AHP** – Analytic Hierarchy Process
- ANTT** - Agência Nacional de Transportes Terrestres
- CLP** - Combinação Linear Ponderada
- CNT** - Confederação Nacional do Transporte
- CONFER** – Coordenação de Construções Ferroviárias
- CPI** – Consumer Price Index
- DIF** - Diretoria de Infraestrutura Ferroviária
- DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- EIA** – Estudo de Impacto Ambiental
- EUA** – Estados Unidos da América
- EVTEA-J** - Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico
- FIPE** - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
- GPFER** - Gerência de Projetos de Transporte Ferroviário de Cargas
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPP** – Índice de Priorização do PROSEFER
- ISF** - Instrução de Serviço Ferroviário
- LRE** – Linha de Retenção
- MAC** – Marcação de Área de Conflito
- MCF** – Marcação de Cruzamento Rodoferroviário
- PIB** – Produto Interno Bruto
- PN** – Passagem de Nível
- PND** - Programa Nacional de Desestatização
- PROSEFER** - Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas
- RFFSA** – Rede Ferroviária Federal S.A
- SIF** - Símbolo Indicativo de Cruzamento Rodoferroviário
- TCU** - Tribunal de Contas da União
- TKU** – Toneladas por quilômetro útil
- VMA** - Velocidade Máxima Autorizada

VVE – Valor da Vida Estatística

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1.	Objetivo Geral.....	20
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	20
1.2	JUSTIFICATIVA.....	21
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1.	HISTÓRICO	24
2.1.1.	Histórico e Objetivos da Nova Ferroeste	27
2.2.	DEFINIÇÕES GERAIS E CONCEITOS INTRODUTÓRIOS.....	29
2.2.1.	FERROVIA.....	29
2.2.2.	PASSAGEM EM NÍVEL	30
2.2.3.	FAIXA DE DOMÍNIO	31
2.2.4.	BITOLAS.....	33
2.2.5.	SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIA.....	34
2.2.5.1.	PROTEÇÃO PASSIVA.....	34
2.2.5.2.	PROTEÇÃO ATIVA	36
2.2.6.	VALOR DA VIDA ESTATÍSTICA.....	38
2.3.	CATEGORIZAÇÃO DOS GARGALOS FERROVIÁRIOS - PROBLEMAS E DESAFIOS do setor	38
2.4.	GARGALOS FÍSICOS E OPERACIONAIS	40
2.4.1.	Necessidade de expansão e integração da malha.....	40
2.4.2.	Conflitos ferroviários urbanos – Interação com as cidades	42
2.4.3.	Invasões na faixa de domínio	43
2.4.4.	Passagens em nível críticas e em demasia	45
2.4.5.	Segurança nos cruzamentos rodoferroviários - Acidentes	48

2.4.6.	Impacto sonoro	SUMÁRIO	51
3.	SOLUÇÕES E ALTERNATIVAS		54
3.1.1.	Eliminação da PN		55
3.1.2.	Dispositivos de controle de tráfego passivos		59
3.1.3.	Dispositivos de controle de tráfego ativos		62
3.1.4.	Melhorias operacionais e no local		65
4.	ESTUDOS FERROVIÁRIOS E ESTUDO DE CASO		66
4.1.	PROSEFER		66
4.1.1.	Área de Priorização – Avaliação estratégica		69
4.2.	NOVA FERROESTE		73
4.2.1.	Estudo de caso		81
5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS OBTIDOS ...		84
5.1.	Método		85
5.1.1.	Modelos de previsão de acidentes – índices de risco		85
5.1.1.1.	Fórmula de Peabody Dimmick		85
5.1.1.2.	Índice de risco Israelense		86
5.1.1.3.	Índice de New Hampshire		87
5.1.1.4.	Modelo de Previsão de Acidentes do USDOT		90
5.2.	CUSTO DOS ACIDENTES		94
5.2.1.	CUSTOS DE EFEITOS PRIMÁRIOS POR ACIDENTE		97
5.3.	DADOS DO ESTUDO DE CASO		102
5.4.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS		105
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		122
6.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS		123
6.2.	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS		124
	<u>REFERÊNCIAS</u>		<u>126</u>
	<u>APÊNDICE I</u>		<u>134</u>

1. INTRODUÇÃO

A rede de transporte constitui a base para a atividade econômica e o crescimento das economias modernas, contribuindo com cerca de um décimo do Produto Interno Bruto (PIB) nas economias do mundo desenvolvido. Em função disso, o transporte ocupa as primeiras páginas da agenda social e política e quaisquer falhas, tais como acidentes, têm elevado grau de publicidade e exposição. Tradicionalmente, a maior vantagem das ferrovias tem sido a segurança aliada a confiabilidade, pontualidade, custo, tempo e qualidade da viagem (HESSAMI, 2012).

Conforme supracitado, o transporte ferroviário de passageiros, assim como o transporte público por ônibus, é considerado relativamente seguro. Viajar de trem é duas a três vezes mais seguro que viajar de avião e, aproximadamente, 40 vezes mais seguro do que ir de automóvel. No entanto, os acidentes com trens acontecem e, na maioria das vezes, envolvem um grande número de passageiros. Colisões frontais entre trens de passageiros são eventos pouco frequentes, porém acidentes trágicos entre trens e veículos rodoviários nas passagens em nível vem ocorrendo e resultam em danos materiais e perdas de vida. Da mesma forma, acidentes com cargas, especialmente envolvendo derramamento de materiais perigosos, têm ocorrido e causado grandes prejuízos a cidades e comunidades (HOEL *et al.*, 2011).

Acidentes ferroviários são eventos que apresentam várias e severas consequências danosas, tais como mortes, lesões corporais, impactos ambientais, danos materiais, entre outros, os quais prejudicam a sociedade e maculam a imagem do setor. Dessa forma, a prevenção de acidentes é tema de vital relevância e seu entendimento perpassa pela compreensão de suas causas. Vários fatores podem causar um acidente, dentre eles: falha técnica, falha humana, imprudência, desastre natural, entre outros (MIGUEL, 2018).

Esses são alguns dos transtornos causados pela interação das ferrovias com as cidades. Na Região Metropolitana de Curitiba medidas paliativas vêm sendo tomadas na tentativa de atenuar os problemas que aumentaram à medida que a cidade foi crescendo. Dentre algumas dessas alternativas adotadas no sentido de minimizar a influência negativa da linha férrea na cidade, citam-se: melhoria da sinalização; adaptações na via, ajustes na operação dos trens, dentre outros. No entanto, o crescimento exponencial da cidade, intensificado nos últimos anos, gerou um desequilíbrio que compromete essa relação do tecido urbano com a via férrea. A partir deste diagnóstico, iniciaram-se estudos e projetos para viabilizar a implantação de um contorno ferroviário às margens do município (EGIS, 2017).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivos quantificar e qualificar os impactos sociais e econômicos que o empreendimento ferroviário denominado Corredor Oeste de Exportação (Nova Ferroeste) trará para a Região Metropolitana de Curitiba, uma vez que seu traçado desvia de regiões densamente urbanizadas e retira, parcialmente, os trens de carga dos bairros sul e leste de Curitiba. Por meio da redução do número de Passagens em Nível, não só na Região Metropolitana de Curitiba, mas também no acesso ferroviário às estruturas portuárias de Paranaguá, o empreendimento contribuirá significativamente para a segurança viária e rapidez no transporte ferroviário de cargas.

Para cumprir seus objetivos este trabalho encontra-se estruturado conforme segue. O capítulo 1 trata da contextualização, da problemática e dos objetivos do estudo. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica e o desenvolvimento dos gargalos de infraestrutura e da segurança ferroviária. O capítulo 3 apresenta o empreendimento Corredor Oeste de Exportação (Nova Ferroeste) e o Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas (PROSEFER). O capítulo 4 apresenta o método utilizado e discute os resultados encontrados com a diminuição do número de passagens em nível na Região Metropolitana de Curitiba. Por fim, o capítulo 5 contém as considerações finais e recomendações de trabalhos futuros.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desse estudo é avaliar o impacto da retirada dos cruzamentos rodoferroviários em nível na segurança viária da Região Metropolitana de Curitiba e propor a inclusão do tópico “Benefício com redução dos custos advindos de acidentes rodoferroviários” no cálculo da relação Benefício/Custo na metodologia de priorização dos empreendimentos do Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Apresentar um panorama dos gargalos físicos do modal ferroviário;
- b) Analisar o traçado atual da ferrovia que passa no centro urbano de Curitiba e região metropolitana, com ênfase nas passagens em nível;
- c) Analisar o novo traçado proposto pelo projeto da Nova Ferroeste, em termos de segurança e economia;
- d) Avaliar o impacto quantitativo e qualitativo que a Nova Ferroeste trará a região metropolitana de Curitiba por meio da redução de cruzamentos rodoferroviários;
- e) Propor soluções e alternativas para a mitigação dos problemas de segurança e de congestionamento associados à presença das passagens em nível em regiões densamente urbanizadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar de trazer progresso e desenvolvimento, a passagem dos trens pelas cidades acaba ocasionando conflitos, acidentes, déficits operacionais, entre outros problemas. Propor soluções para esses conflitos ferroviários urbanos passa, principalmente, por intervenções com projetos e obras de arte nas passagens em nível, que correspondem aos pontos de cruzamento entre as vias férreas e rodovias.

Como citado, a passagem em nível é a interceptação de dois importantes modais: o rodoviário e o ferroviário. Estes cruzamentos são pontos de altíssimo risco, em grande parte pelo fato de a composição férrea não conseguir parar imediatamente, sendo obrigada a percorrer um longo trecho de forma a vencer a inércia e reduzir a velocidade. Embora a frequência desses acidentes seja inferior quando comparada a outros modais viários, a gravidade é muito elevada. Assim, os índices de perdas de vidas, ferimentos e danos materiais se tornam alarmantes, especialmente, devido à diferença das dimensões dos veículos envolvidos (CARMO; CAMPOS; GUIMARÃES, 2007).

O PROSEFER, Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas, realiza estudos e pesquisas para definir intervenções em trechos ferroviários com interferências em áreas urbanas e passagens em nível, de forma a eliminar ou minimizar os conflitos dessa convivência. Como resultado, o programa apresenta uma relação dos empreendimentos com indicações de intervenção e a ordem de prioridade em que devem ser executados.

O Programa, desenvolvido de 2008 a 2011, elaborou estudos sobre intervenções em áreas críticas com vistas à eliminação de conflitos entre a operação ferroviária e as funções

urbanas. Analisou 5.609 cruzamentos rodoferroviários em mais de 15 mil quilômetros de ferrovias em 596 municípios, trecho que correspondia a 95% das cargas ferroviárias movimentadas no país em 2008. De todas as cidades dos 16 estados avaliados, Curitiba (PR) teve a pior avaliação, seguida de Paranaguá (PR) (DNIT, 2019).

Para que o programa cumpra seus objetivos como ferramenta de planejamento, apresentando as soluções mais eficientes, reduzindo conflitos entre a ferrovia e a mobilidade urbana nos municípios afetados, é primordial que esteja sempre atualizado e em constante processo de aprimoramento e revisão. Dessa maneira, a Diretoria de Infraestrutura Ferroviária – DIF do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) concluiu, em fevereiro de 2020, a atualização do Programa de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas, considerando o crescimento da frota de veículos e a evolução do volume de cargas que circulam em cada município, de forma a retratar o cenário atual das cargas ferroviárias e veículos que transitam nas passagens em nível. Foram propostas alterações de critérios e metodologia para definir, dentre os empreendimentos relacionados com indicação de intervenção, qual a ordem de prioridade dos investimentos (DNIT, 2019).

Mesmo com a atualização supracitada do PROSEFER, o empreendimento de Curitiba ainda mantém a primeira posição no ranking da lista de classificação dos empreendimentos, ostentando o maior Índice de Priorização do PROSEFER (IPP). Na Figura 1 é apresentado um recorte da lista de classificação dos empreendimentos ferroviários obtida na atualização do Programa.

Figura 1 - Lista de Classificação dos Empreendimentos Ferroviários

Class.	IPP	Empreendimento	UF	Tipo de Empreendimento	Situação	Valor
1	0,739	Curitiba	PR	Contorno	EVTEA aprovado	R\$2.318.018.849,85
2	0,626	Paranaguá	PR	Solução Integrada	Não iniciado	R\$34.357.211,16
3	0,559	Embu-Guaçu	SP	Solução Integrada	Não iniciado	R\$34.357.211,16
4	0,540	Betim	MG	Solução Integrada	Executivo aprovado	R\$139.089.164,23
5	0,531	Joinville	SC	Contorno	Executivo em andamento	R\$281.264.183,00
6	0,529	Arapongas	PR	Variante	Não iniciado	R\$1.498.713.715,43
7	0,525	Teresina	PI	Solução Integrada	Não iniciado	R\$22.904.807,44
8	0,522	Três Rios	RJ	Solução Integrada	Não iniciado	R\$68.714.422,33
9	0,520	Itaguaí	RJ	Solução Integrada	Executivo em andamento	R\$34.357.211,16
10	0,519	São Carlos	SP	Solução Integrada	Básico aprovado	R\$22.904.807,44
11	0,518	Jaraguá do Sul	SC	Variante	Não iniciado	R\$504.230.283,51
12	0,510	Sobral	CE	Contorno	Não iniciado	R\$85.586.245,35
13	0,504	Itaúna	MG	Contorno	Executivo aprovado	R\$328.413.578,08

Fonte: PROSEFER (2019)

Verifica-se, dessa maneira, que os maiores gargalos operacionais continuam sendo os mesmos do PROSEFER 2009, quais sejam: Curitiba e Paranaguá, cidades que serão impactadas pelo traçado ferroviário da Nova Ferroeste. Esse projeto se apresenta como uma solução parcial para esses conflitos, uma vez que seu traçado contorna a Capital, retirando parte dos trens da cidade.

O presente estudo busca avaliar o impacto na segurança e fluidez do trânsito da Região Metropolitana de Curitiba considerando as diferentes alternativas de traçado propostas no Relatório dos Estudos de Demanda e Definição do Traçado Preliminar do Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico da Nova Ferroeste – EVTEA-J. Esse estudo preliminar do traçado objetiva fazer a definição técnica do traçado da nova ferrovia por meio de três alternativas de localização geometricamente viáveis, de forma que atenda ditames ambientais, operacionais (custo do transporte), financeiros (custos de implantação, manutenção e gestão), econômicos (custos e benefícios sociais) e de mercado (captação de demanda). Assim sendo, com a ampliação e readequação da Nova Ferroeste,

busca-se garantir a melhor interoperabilidade das malhas ferroviárias da região, maior dinamização da economia, mais eficiência, rapidez e segurança no transporte de cargas, assim como o melhor custo-benefício a todos interessados (CONSÓRCIO TPF SENER, 2021).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo é apresentado o embasamento teórico utilizado para o desenvolvimento da pesquisa e necessário para o melhor entendimento da inserção do modo ferroviário nacional no atual sistema de transporte de cargas e passageiros, contendo: o histórico das ferrovias no Brasil, com foco na Nova Ferroeste, estudo de caso deste trabalho; conceitos introdutórios pertinentes ao tema segurança ferroviária e um panorama dos problemas e desafios enfrentados pelo setor ferroviário, com enfoque nos gargalos físicos e operacionais.

2.1. HISTÓRICO

Esta seção exibe um breve histórico a respeito das Ferrovias em âmbito nacional, como também da Nova Ferroeste, possibilitando a compreensão sobre conquistas, avanços, retrocessos, desafios, planos e programas pelos quais o setor tem passado desde a construção das primeiras estradas de ferro, no final do século XIX.

As primeiras leis de incentivo à construção ferroviária surgiram na década de 1830. No entanto, as ferrovias começaram a ser construídas apenas vinte anos depois. O primeiro trecho ferroviário brasileiro teve sua primeira parte concluída no dia 30 de abril de 1854, com bitola de 1,676 metros e extensão de 14,5 quilômetros entre o Porto Mauá e Fragoso, a 1.733 quilômetros da raiz da Serra de Petrópolis. O responsável pelo empreendimento foi o financista e industrial Irineu Evangelista de Souza, Barão e Visconde de Mauá, consagrado como patrono do Ministério dos Transportes. O trem inaugural realizou o percurso até o ponto terminal do trecho em 25 minutos, com velocidade média de 35 km/h e era composto de uma locomotiva, batizada de “Baroneza” (Figura 2), três carros de passageiros e um de bagagem (PAULA, 2009).

Figura 2 - Locomotiva Baroneza



Fonte: VEJA Rio (2017)

A expansão da rede ferroviária sempre esteve ligada à necessidade de exportação do café, que também exigiu melhoria nos portos, tais como os de Manaus, Belém e Rio de Janeiro. Assim, outras ferrovias foram construídas ainda no século XIX associadas, não exclusivamente, à economia agroexportadora. Como estavam diretamente associadas à economia cafeeira, as ferrovias também sofreram um declínio com a queda dos preços do café. Dessa maneira, com a estatização das ferrovias na década de 1950, o Estado passou a administrar um sistema em permanente regime deficitário (PAULA, 2009).

Outro motivo pelo qual o modal ferroviário foi relegado ao segundo plano, causando a falência de diversas empresas não mais lucrativas foi o fenômeno conhecido como rodoviarização. Com o advento do processo de industrialização e de urbanização, aumentou-se a movimentação de cargas no país, que foi atendido por investimentos, quase que exclusivos, na rede de rodovias. Nesse cenário, surgiu a necessidade da estatização de várias companhias ferroviárias centralizadas em uma única empresa (IPEA, 2010).

Assim, em 16 de março de 1957 foi criada pela Lei nº. 3.115 a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal S.A – RFFSA, unificando administrativamente as 18 estradas de ferro pertencentes à União, que totalizavam 30.000 dos 37.000 quilômetros de linhas espalhadas pelo

país. A RFFSA foi criada com a finalidade de administrar, explorar, conservar, reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das ferrovias da União. Além disso, tinham como objetivo eliminar trechos deficitários e desenvolver o transporte de cargas (DNIT, 2016).

Na primeira metade da década de 1980, devido à insustentabilidade da situação das ferrovias, infraestrutura e superestrutura degradadas e material rodante carente de manutenção, somado à crise internacional no mercado de empréstimos, o Governo Federal mostrou intenções de conceder ao setor privado as malhas ferroviárias brasileiras. Assim, foi criado em 1990 o Programa Nacional de Desestatização (PND), por meio da Lei 8.031/1990. O programa objetivava desonerar o Estado, alocar melhor os recursos, aumentar a eficiência operacional, desenvolver o mercado de transportes e melhorar a qualidade dos serviços (CNT, 2015).

A RFFSA foi incluída no programa em 10 de março de 1992, por meio do decreto n.º 473. Dessa forma, o sistema ferroviário, que contava com 25.599 km, foi segmentado em sete malhas regionais – Oeste, Centro-Leste, Sudeste, Tereza Cristina, Sul, Nordeste e Paulista. O processo de desestatização da RFFSA foi realizado com base na Lei n.º 8.987/95 (Lei das Concessões), a qual estabeleceu direitos e obrigações para as partes envolvidas no processo, assim como definiu o princípio da manutenção do equilíbrio econômico e financeiro e os direitos dos usuários (DNIT, 2016).

O sistema ferroviário nacional passou por intensa reforma institucional entre meados da década de 1990 até o começo dos anos 2000, com alteração do padrão de investimento do setor, uma vez que com as concessões houve a transferência da malha pública para a privada. Essa reforma permitiu a recuperação do setor ferroviário, já que da década de 1960 até o ano da primeira concessão, a extensão da malha sofreu redução de aproximadamente 38 mil quilômetros para 29 mil quilômetros, denotando a falta de investimento do poder público (CAMPOS NETO et al., 2010).

Os contratos de concessão das malhas da RFFSA partem do princípio da não exigência da realização de quantias de investimentos previamente definidas por parte das concessionárias, estabelece-se, por sua vez, metas quinquenais de segurança e desempenho para a malha, tais como aumento da produção e redução dos índices de acidentes. Desta maneira, cada concessionária, baseada no conhecimento da prestação de seu serviço, estipula os investimentos necessários a consecução das metas (CNT, 2015). Assim, percebe-se a importância do estudo das causas dos problemas de segurança, suas soluções e programas para melhorar o desempenho do sistema de transporte do país.

Após a privatização das ferrovias, o Brasil observou expressiva melhoria no setor do transporte ferroviário de carga. Segundo Martins (2011), como resultado das concessões ferroviárias, obtiveram-se ganhos na condição operacional da via permanente das malhas, no patrimônio líquido da maioria das malhas concedidas, no reaquecimento da indústria ferroviária, na quantidade de material rodante, entre outros. Além disso, houve a introdução gradual de novas tecnologias de controle de tráfego e sistemas, de forma a aumentar produtividade e segurança; a adoção de parcerias com clientes e outros operadores; a capacitação empresarial e aperfeiçoamento profissional, assim como a realização de ações sociais com campanhas educativas e de conscientização das comunidades limítrofes das ferrovias.

Conclui-se que a privatização da malha ferroviária nacional contribuiu sobremaneira para o crescimento e diversificação das opções de transporte de carga no país. Com o intuito de melhorar a condição operacional da via permanente, substituir o material rodantes, já bastante sucateado, e para introduzir novas tecnologias de controle de tráfego e sistemas, o governo tem aplicado um maior aporte de investimentos (RESENDE *et al.*, 2009). Apesar do significativo progresso, o modo ferroviário ainda apresenta muitas necessidades a serem sanadas, de forma a aumentar sua participação na Matriz de Transporte e auxiliar na redução do Custo Brasil.

2.1.1. HISTÓRICO E OBJETIVOS DA NOVA FERROESTE

A estrada de Ferro Paraná Oeste S.A – Ferroeste foi concebida em 1988 visando escoar a produção do oeste paranaense até o Porto de Paranaguá/PR. A construção do trecho de 248,6 km entre Guarapuava e Cascavel iniciou em 15 de março de 1991 e a primeiras composições começaram a transitar em 1996. A obra custou US\$ 360 milhões e foi construída com recursos do governo estadual, seu maior acionista, em parceria com o Exército Brasileiro. A Ferroeste exporta anualmente cerca de 1,5 milhão de toneladas, principalmente grãos (soja, milho e trigo), farelos e contêineres, com destino ao Porto de Paranaguá, e importa insumos agrícolas como adubos, fertilizantes, além de cimento e combustíveis (FIPE, 2021). A Figura 3 é uma foto histórica e mostra trecho da Ferroeste construída por Roberto Requião, ex-governador do Paraná, em seu primeiro mandato.

Figura 3 - Foto histórica de techo da Ferroeste



Fonte: Vidadmaquinista (2011)

A Nova Ferroeste, por sua vez, é um projeto de expansão e modernização da ferrovia existente, resultado de um estudo que identificou a necessidade de expansão de forma a melhorar o transporte de cargas na região. Seu objetivo principal é, portanto, ampliar a capacidade do transporte de cargas e reduzir custos logísticos, conectando importantes regiões produtoras de grãos, carnes e madeira do Paraná, Mato Grosso do Sul e Paraguai aos portos de Paranaguá e Antonina.

A região a ser beneficiada pela nova ferrovia possui uma população de 9 milhões de habitantes e corresponde a 3% do PIB brasileiro. Estudos de demanda apontam a possibilidade de a ferrovia transportar 25,6 milhões de toneladas por ano no sentido exportação e importação, caso ela já estivesse operando. Ademais, projeções conjecturam que esse número pode ultrapassar 58 milhões de toneladas por ano no ano 60 de operação (CONSÓRCIO TPF SENER, 2021).

Outra justificativa do empreendimento é a possibilidade de inversão da matriz de logística do Porto de Paranaguá. Atualmente, somente 19% do volume de exportação e importação utiliza o modo ferroviário. Com a implantação e operação da Nova Ferroeste, esse percentual pode chegar a 60%, reduzindo o fluxo de caminhões em toda BR-277/PR, em parte

da BR-163/MS/PR e nos pátios e vias urbanas de Paranaguá, assim como diminui os custos com conservação de rodovias e a quantidade de acidentes fatais com vítimas (FIPE, 2021).

Quanto ao valor do projeto, o EVTEA-J estima R\$ 24.445.375.584,02 (Vinte e quatro bilhões, quatrocentos e quarenta e cinco milhões, trezentos e setenta e cinco mil, quinhentos e oitenta e quatro reais) para a implantação da Nova Ferroeste e mais R\$ 5.016.822.800,00 (cinco bilhões, dezesseis milhões, oitocentos e vinte e dois mil e oitocentos reais) para a aquisição do material rodante. O órgão financiador ainda não é conhecido, uma vez que estão em desenvolvimento os estudos para a transferência para a iniciativa privada a construção e operação da ferrovia por um prazo de 60 anos, além do tempo de construção (CONSÓRCIO TPF SENER, 2021).

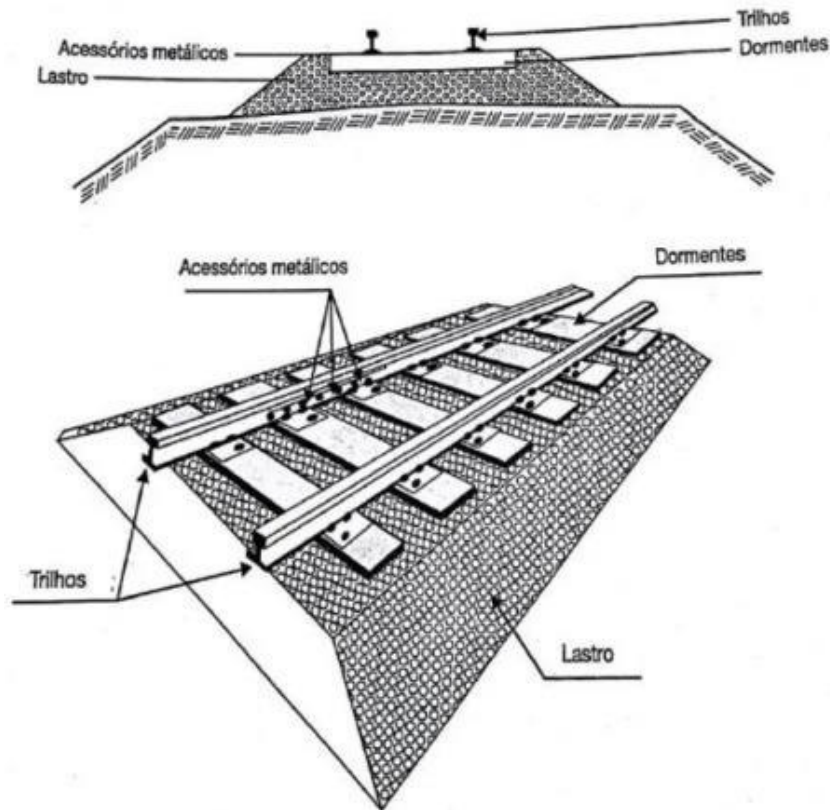
2.2. DEFINIÇÕES GERAIS E CONCEITOS INTRODUTÓRIOS

Nessa seção são apresentados os principais conceitos e definições gerais acerca do tema segurança ferroviária.

2.2.1. FERROVIA

Ferrovia ou Via Férrea é o suporte físico para o modo de transporte ferroviário, e sendo formada pela infraestrutura e superestrutura ferroviárias, ou seja, é tão somente uma das partes do patrimônio de uma empresa prestadora de serviços de transporte ferroviário de cargas ou passageiros (BORGES NETO, 2012). É uma via formada por trilhos de aço paralelos, assentados em dormentes de madeira, concreto ou outros materiais. Por sua vez, os dormentes normalmente são assentados sobre uma camada de lastro em pedra britada. Sobre o trilho corre o material rodante, correspondente aos vagões, os quais podem ser cabines de passageiros, contêineres, tanques ou caçambas, e à locomotiva, máquina de propulsão elétrica, hidráulica ou por combustível, responsável pela tração dos vagões. A Figura 4 mostra uma representação esquemática da Ferrovia e seus elementos de superestrutura.

Figura 4 - Elementos da superestrutura ferroviária



Fonte: Lobato (2021)

2.2.2. PASSAGEM EM NÍVEL

Passagem em Nível (PN) é o cruzamento de uma ou mais linhas com uma rodovia principal ou secundária, no mesmo nível (DNIT, 2003). O Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997) define, em seu Anexo I, passagem em nível como *todo cruzamento de nível entre uma via e uma linha férrea ou trilho de bonde com pista própria*. De acordo com Ogden e Cooper (2019), é um local onde uma rodovia, estrada ou rua e uma linha férrea se cruzam no mesmo nível, no qual estão incluídos os trilhos ferroviários, a rodovia e os dispositivos de controle de tráfego. A Figura 5 mostra uma passagem em nível em Curitiba, cidade estudo de caso deste trabalho.

Figura 5 - Passagem em Nível em Curitiba



Fonte: Castorino (2014)

Um aspecto significativo nesses pontos de interação com o sistema rodoviário está relacionado com o tempo de imobilização dos trens até sua parada completa, fator relacionado com a taxa de desaceleração ou frenagem. Isso se deve à grande inércia dos veículos ferroviários, ainda que em velocidade baixa, devido à grande capacidade de transporte, com elevado peso próprio somado ao peso transportado, ocasionando dificuldade de imobilização a tempo em caso de conflito com veículos rodoviários, ou seja, resistência à variação de velocidade (CONTRAN, 2021).

Devido à maior inércia, o Código de Trânsito Brasileiro instituiu que os veículos que se deslocam sobre trilhos terão preferência de passagem (Lei 9.503/97, Art. 29, XII). No entanto, as passagens em nível ainda são os pontos com maior concentração de acidentes na malha ferroviária, demandando esforços para melhorar a segurança viária, a qual é premissa básica para o adequado funcionamento do fluxo de pessoas, a circulação de bens e a garantia da mobilidade urbana (CONTRAN, 2021).

2.2.3. FAIXA DE DOMÍNIO

De acordo com o Manual Didático de Ferrovias (BORGES NETO, 2012), a faixa de domínio é uma faixa de terreno de pequena largura em comprimento, onde estão localizadas as vias férreas e demais instalações, como estações, passagens em nível, pontes, viadutos, túneis,

postes de sinalização, cabos de comunicação, assim como os acréscimos necessários à sua expansão. Essa faixa é variável e depende de prévia consulta à concessionária para sua correta identificação.

A Lei 6.766 de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências, determina como faixa não-edificável das ferrovias a largura de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica.

A transgressão à essa norma caracteriza a invasão na faixa de domínio (ocupação irregular da via férrea), a qual geralmente ocorre com a instalação de áreas de lazer para a comunidade, com quadras esportivas e praças; ruas laterais à ferrovia, sendo de chão batido ou pavimentadas e moradias, inclusive sobre túneis. A maioria dessas invasões ocorreram na época da RFFSA e estão localizadas nos grandes centros urbanos. Dentre as ações para a eliminação desses gargalos, incluem-se o apoio e parceria da ANTT nas áreas de conflito com Prefeituras e Estado, utilização de programas de Governo para realocação das moradias irregulares como “Minha Casa, Minha Vida” da Caixa Econômica Federal e construção de contornos ferroviários pelo DNIT nas áreas densamente povoadas (VILAÇA, 2012).

A Figura 6 demonstra o antes e depois da remoção de 30 (trinta) famílias da faixa de domínio em Jundiaí. É possível perceber o elevado risco à segurança, haja vista que pedestres e veículos podem ser atingidos por trens em movimento. Além disso, a presença de invasões pode causar interrupções na operação ferroviária, levando a atrasos, cancelamentos ou desvio de rotas.

Figura 6 – Remoção de 30 famílias na Faixa de Domínio em Jundiaí



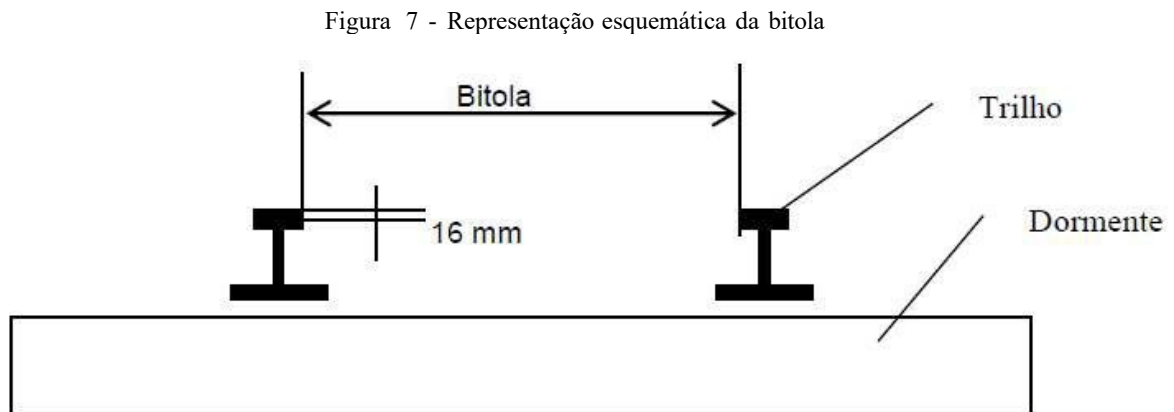
Fonte: Vilaça (2012)

O DNIT iniciou, em 2015, um projeto para regularizar as faixas de domínio de rodovias e ferrovias em todo o país. As ações ocorrem no âmbito do ProFaixa (Programa Federal de Faixas de Domínio) e tem prazo de execução de 20 (vinte) anos. Esse programa

surge em um contexto de mais 800 (oitocentos) focos de invasões na faixa de domínio das malhas concedidas, as quais afetam projetos de expansão, a segurança e eficiência do transporte, além de aumentar o tempo e custo do transporte, uma vez que as composições precisam reduzir a velocidade nesses trechos (CNT, 2015).

2.2.4. BITOLAS

Designa-se bitola como a medida da distância entre as faces internas das duas filas de trilhos, medida 16 milímetros abaixo do plano de rodagem (plano constituído pela face superior dos trilhos). Trata-se de característica essencial para o traçado e exploração econômica da ferrovia, sendo necessário extenso estudo técnico para a escolha mais conveniente em cada caso específico (BORGES NETO, 2012). A Figura 7 representa esquematicamente o conceito de bitola.



Fonte: Borges Neto (2012)

No mundo há pelo menos 16 medidas diferentes de bitola em uso, oriundo das opções tecnológicas de cada país. Porém, verifica-se a tendência do uso da bitola padrão, com uso crescente nos países com maior tradição de transporte ferroviário (EUA, Canadá, Alemanha, França, Inglaterra, China). No Brasil encontram-se quatro tipos diferentes de bitola, quais sejam: a) bitola métrica, com um metro de distância entre os trilhos; b) larga, largura de 1,60 metro; c) internacional, com distância de 1,45 metro entre trilhos e d) mista, que conjuga dois tipos diferentes de bitola. No último caso existem três trilhos paralelos na ferrovia: um lateral, comum a ambas as bitolas; um central, para a bitola menor, e o terceiro trilho para utilização na configuração da bitola maior (CAMPOS NETO et al., 2010). Essa grande diversidade de

bitolas dificulta a integração operacional das ferrovias, tornando inviável a utilização do mesmo material rodante. Nesse caso, torna-se necessário a realização do transbordo de carga, o que aumenta o tempo e custo da operação, por vezes inviabilizando economicamente o transporte.

2.2.5. SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIA

As Instruções de Serviços Ferroviários (ISFs) são documentos normativos elaborados pelo DNIT, através da Diretoria de Infraestrutura Ferroviária e Coordenação Geral de Obras Ferroviárias, que objetivam definir e especificar os serviços constantes nos projetos básicos e executivos de engenharia de infraestrutura ferroviária, assim como orientar a elaboração e padronização desses. A ISF-221: Projeto de Passagem em Nível define os requisitos de projetos na área de abrangência da travessia da via férrea com a via rodoviária, assim como detalha os projetos específicos de geometria, terraplenagem, drenagem, superestrutura, sinalização ferroviária e equipamentos de proteção, de forma a minimizar o risco de acidentes e proporcionar uma travessia segura e confiável (DNIT, 2015).

A sinalização ferroviária constitui-se no conjunto de placas e sinais necessários para informar os operadores de veículos ferroviários a presença da passagem em nível, da mesma forma que a sinalização rodoviária é dirigida aos pedestres e condutores da via rodoviária. Essa sinalização é dividida em dois grupos, ativa e passiva. A diferença entre esses grupos reside no fato de que na sinalização ativa as informações fornecidas aos usuários variam ao longo do tempo, indicando a situação que ocorre no momento, por exemplo, a presença ou não de trem no cruzamento, ao passo que na sinalização passiva as informações não se alteram ao longo do tempo (DNIT, 2015).

2.2.5.1. PROTEÇÃO PASSIVA

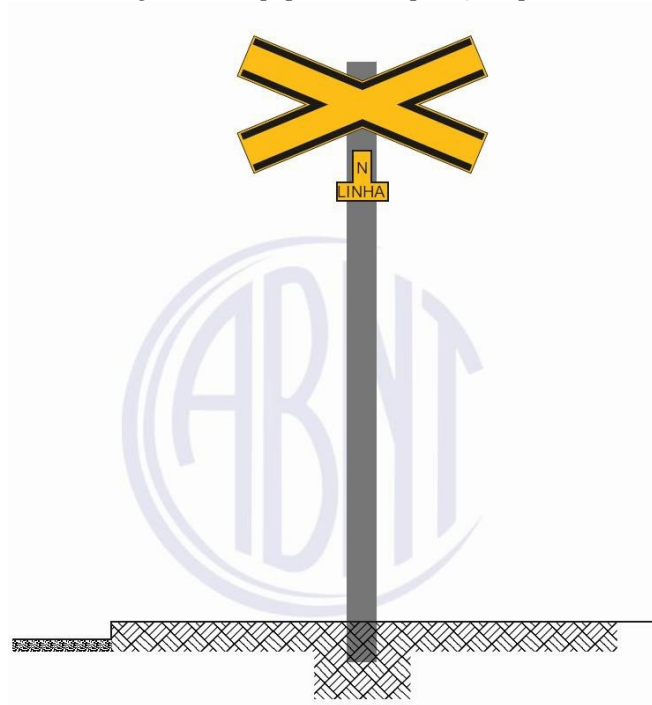
Conforme supracitado, na proteção por sinalização passiva, comumente prevista em vias privadas, as informações dadas aos usuários não se modificam no decurso do tempo. Dessa forma essa compreende um conjunto de placas e sinais sem a complementação de sinalização ótica e acústica de acionamento automático.

De acordo com a NBR 15.942 (ABNT, 2019), a proteção passiva pode ser de dois tipos:

- a) tipo 0: proteção de PN particular, conforme Figura 8;

b) tipo 1: proteção simples, conforme Figura 9.

Figura 8 - Equipamento de proteção tipo 0



Fonte: ABNT (2019)

Figura 9 - Equipamento de proteção tipo 1



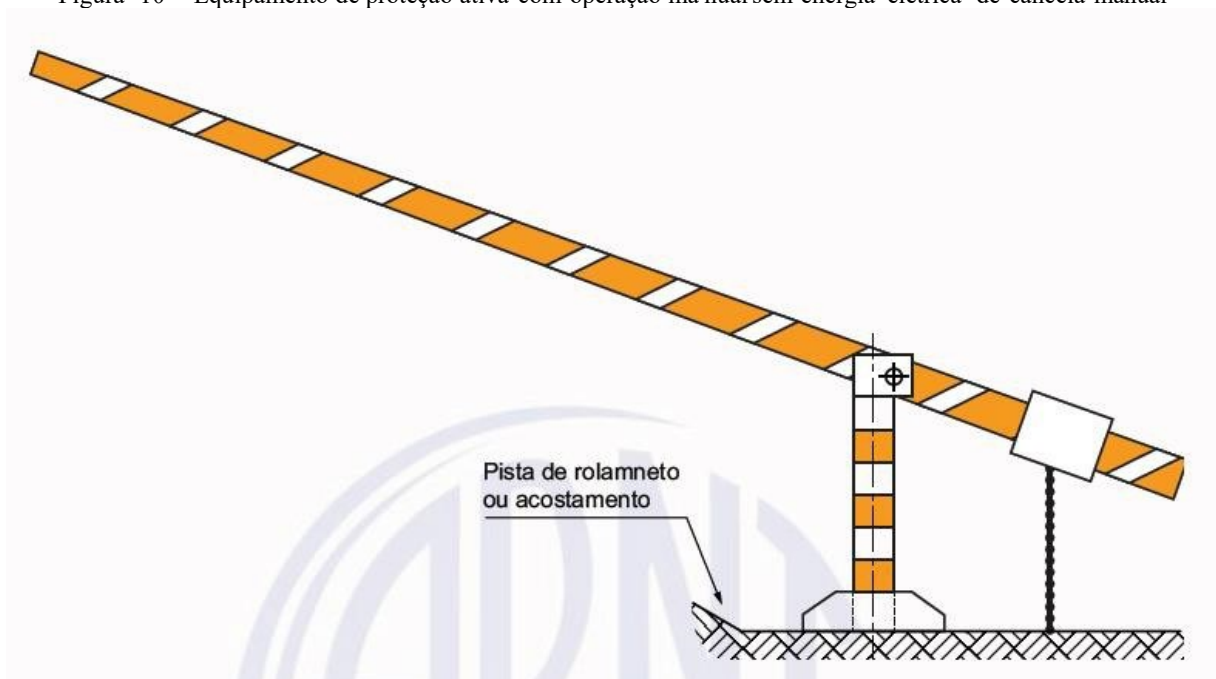
Fonte: ABNT (2019)

2.2.5.2. PROTEÇÃO ATIVA

Ainda de acordo com a NBR 15.942 (ABNT, 2019), a proteção ativa se divide em três tipos: operação manual sem energia elétrica, operação manual com energia elétrica e operação automática. Cada um desses tipos é subdividido a depender do mecanismo adotado, dentre eles campainha, sinal luminoso e cancela manual ou automática. As Figura 10, Figura 11 e Figura 12 ilustram um exemplo de proteção de cada tipo, manual sem e com energia elétrica e de proteção automática, respectivamente.

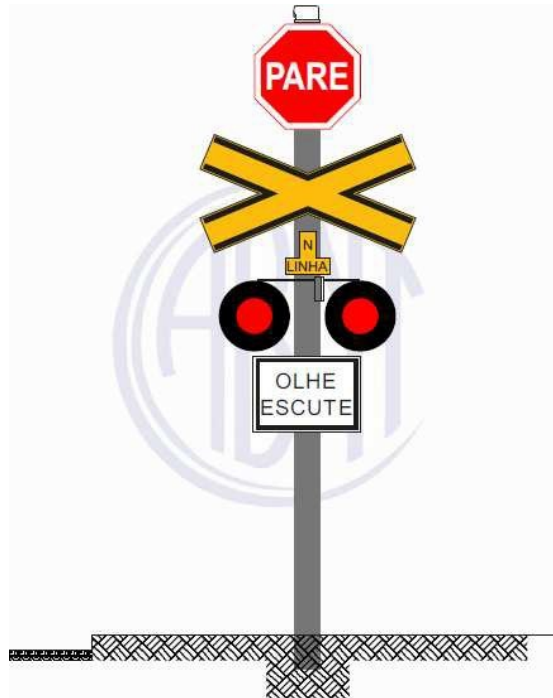
A proteção por sinalização ativa compreende um conjunto de placas de advertência, presentes tanto na ferrovia como na rodovia, complementado por semáforo, campainha e cancela, esses possuem sensores instalados junto aos trilhos cujo acionamento ocorre com a aproximação da composição ferroviária. Essa sinalização se torna muito mais segura, uma vez que o usuário da rodovia, já alertado da presença de uma passagem em nível, recebe também o alerta ótico/auditivo da aproximação de um trem, somado a complementação por uma barreira física (cancela) (DNIT, 2015).

Figura 10 - Equipamento de proteção ativa com operação manual sem energia elétrica de cancela manual



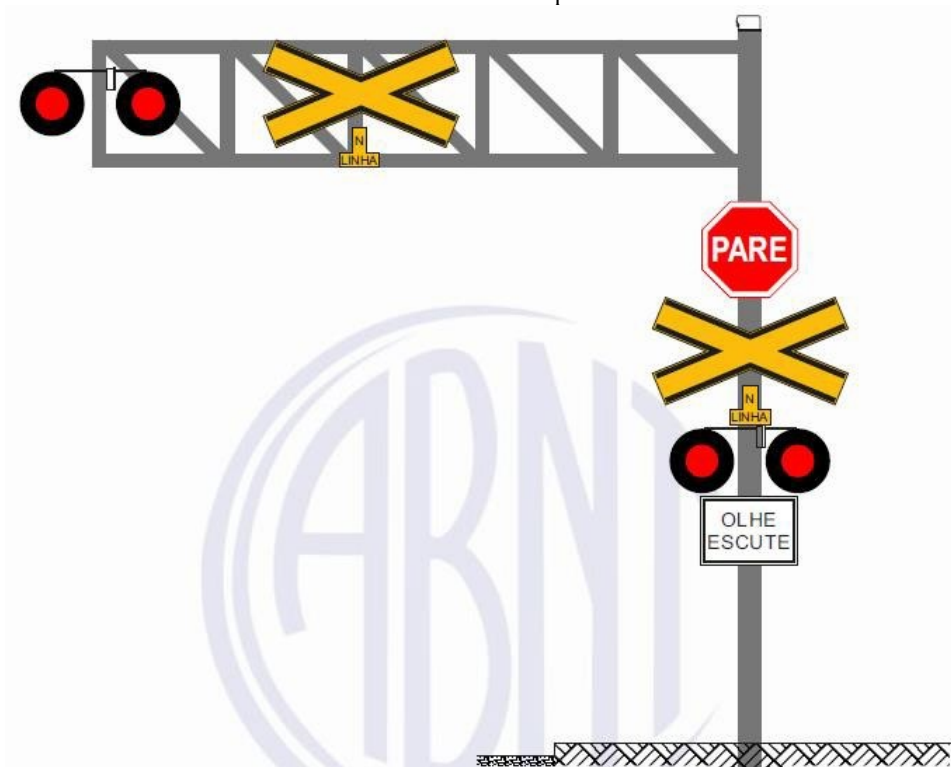
Fonte: ABNT (2019)

Figura 11 - Equipamento de proteção ativa com operação manual com energia elétrica do tipo campainha e sinal luminoso com controle manual



Fonte: ABNT (2019)

Figura 12 - Equipamento de proteção ativa com operação automática do tipo campainha e sinal luminoso com controle automático e pórtico



Fonte: ABNT (2019)

2.2.6. VALOR DA VIDA ESTATÍSTICA

O Valor da Vida Estatística (VVE) é um parâmetro integrante do Catálogo de Parâmetros para Avaliação de Projetos de Investimento em Infraestrutura, o qual fornece os valores recomendados pelo Ministério da Economia para os principais parâmetros necessários à elaboração de análises socioeconômicas de custo-benefício de projetos de infraestrutura (STIVALI, 2022).

De acordo com Stivali (2022), o VVE corresponde ao valor monetário atribuído à redução do risco de morte em uma população específica, ou seja, o valor correspondente à prevenção de uma fatalidade. Dessa maneira, o cálculo do VVE não se confunde com uma definição de preço para uma vida humana, como induz a expressão. A importância monetária indicada pelo conceito corresponde à disposição da sociedade a pagar pela redução do risco equivalente a uma fatalidade.

No trabalho de Stivali (2022), foi realizada uma revisão da literatura e sumarizadas diferentes estimativas do VVE existentes no Brasil. O autor fez uma busca em trabalhos que estimaram o VVE, compilou essas estimativas e aplicou técnicas de meta-análise aos subconjuntos dos trabalhos. Como resultado, obteve-se o valor de R\$ 5,67 milhões (em valores de janeiro de 2022), estimativa com erro padrão de R\$ 4,15 milhões, o que reflete a dispersão das estimativas utilizadas como entrada na meta-análise.

2.3. CATEGORIZAÇÃO DOS GARGALOS FERROVIÁRIOS - PROBLEMAS E DESAFIOS DO SETOR

De acordo com a Pesquisa CNT de Ferrovias (CNT, 2015), diversos são os aspectos que comprometem a eficiência do modo ferroviário brasileiro, dentre os quais é possível catalogar em quatro grandes áreas: gargalos físicos e operacionais, gargalos de regulamentação, investimentos e expansão integrada da malha e estímulos ao setor.

Por sua vez, Lang (2007) expõe, a respeito dos problemas e necessidades do setor ferroviário, os seguintes itens: invasões na faixa de domínio, passagens em nível críticas, expansão integrada da malha ferroviária nacional, gargalos logísticos, entraves na regulamentação do setor, barreiras na aquisição de material rodante e equipamentos do exterior e fontes de recursos.

Considerando o modelo de métodos e técnicas, desenvolvido referente à validação de dados para gestão regulatória do Tribunal de Contas da União (TCU, 2007), são apresentados diversos gargalos do setor e o papel dos agentes, dentre eles:

- A. Invasão na faixa de domínio;
- B. Passagens de nível críticas;
- C. Acidentes;
- D. Transposição de grandes centros urbanos;
- E. Expansão e integração da malha ferroviária;
- F. Integração porto ferrovia;
- G. Direito de passagem e tráfego mútuo;
- H. Reestruturação operacional de corredores;
- I. Concentração de mercado;
- J. Gestão dos contratos de concessão;
- K. Avaliação do processo de revisão dos contratos de concessão;
- L. Avaliação da proteção do usuário dependente;
- M. Conflitos entre concessionárias;
- N. Conflitos entre outros agentes;
- O. Avaliação da eficácia ferroviária, mecanismos de controle, avaliação e auditoria;
- P. Dificuldades de controle do patrimônio arrendado;
- Q. Regulamentação da devolução de trechos e de bens reversíveis.

Levando em consideração os diversos estudos acima, os quais classificam e discorrem sobre os gargalos do setor ferroviário brasileiro, o presente trabalho os elencou em três grupos, quais sejam: físicos/operacionais, regulatórios e econômicos/financeiros.

Dentre os gargalos físicos e operacionais pode-se citar: falta de padronização das bitolas, necessidade de expansão e integração da malha, conflitos ferroviários urbanos, passagens em nível críticas, invasões na faixa de domínio, traçado sinuoso e montanhoso de trechos ferroviários, baixas capacidades de movimentação nos portos e carência de terminais intermodais.

Quanto aos gargalos regulatórios, citam-se alguns relacionados aos procedimentos de regulamentação do direito de passagem e concessão, do tráfego mútuo, da metodologia e procedimentos para revisão tarifária, da segurança na circulação de trens, das regras de exploração nas faixas de domínio, entre outros.

No que diz respeito aos entraves econômicos e financeiros, têm-se a necessidade de atração de instituições com grande capacidade de financiamento, da redução dos tributos incidentes sobre o combustível do setor, da facilitação do acesso a recursos públicos ou privados, de tempo de retorno elevado dos investimentos, etc.

O presente trabalho se dedica ao estudo de alguns dos principais gargalos físicos e operacionais do setor ferroviário, apresentando-os e propondo soluções que objetivam minimizar ou eliminar os obstáculos existentes e impulsionar o desenvolvimento do setor ferroviário, de modo a auxiliar o crescimento nacional e o aumento da participação do modal na matriz de transporte brasileira.

2.4. GARGALOS FÍSICOS E OPERACIONAIS

Como supracitado, diversos fatores comprometem a eficiência e dinamização do setor ferroviário brasileiro, de forma que não há como apontar uma única barreira, mas sim um conjunto de gargalos que resulta em uma malha que necessita de modernização.

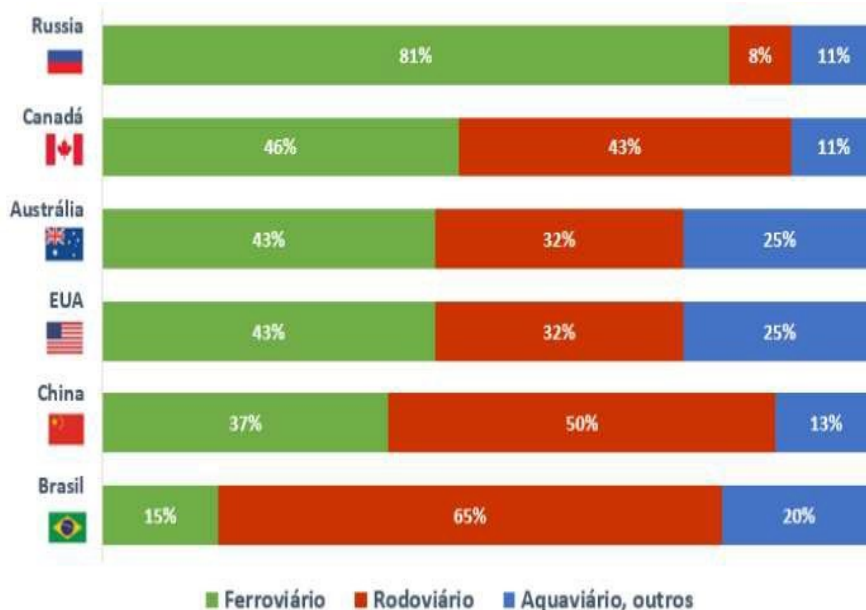
Com relação a gargalos físicos e operacionais, as invasões nas faixas de domínio, são um dos aspectos críticos, pois forçam a redução da velocidade das composições de 40 km/h para 5 km/h. Além das invasões, as passagens em nível reduzem as velocidades e dificultam manobras em áreas densamente povoadas, o que eleva o risco de acidentes. Outro gargalo físico é a não-uniformidade das bitolas, o que obstaculiza a integração do sistema e conexão entre as malhas, uma vez que impõe custos adicionais de transbordo e maior tempo na movimentação (CNT, 2013).

Parte desses gargalos é reflexo do processo histórico de construção das ferrovias no Brasil e serão detalhados a seguir. Esses fatores inibem ganhos com economia de escala do transporte ferroviário e reduzem a possibilidade de desenvolvimento de regiões e de atividades econômicas impactadas pelo transporte, tornando fundamental a integração do sistema e maior aporte de recursos públicos e privados para a solução de problemas do setor.

2.4.1. NECESSIDADE DE EXPANSÃO E INTEGRAÇÃO DA MALHA

Segundo dados da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (2020), em uma comparação de matrizes de transporte de carga de países de mesmo porte territorial que o Brasil, restou evidente que o país apresenta baixa densidade de malha ferroviária, até mesmo diante de países da América Latina, como México e Argentina. Os dados comparativos são apresentados nos gráficos da Figura 13 e Figura 14).

Figura 13 - Comparação de matrizes de transporte de carga de países de mesmo porte territorial



Fonte: ANTF (2020)

Figura 14 - Densidade das malhas ferroviárias

	Área (milhões km ²)	Ferrovias (mil km)	Ferrovias/Áreas (km/ 1.000 km ²)
EUA	9,83	293,56	29,8
Índia	3,29	68,53	20,8
África do Sul	1,22	20,99	17,2
Argentina	2,78	36,92	13,3
China	9,60	124,00	13,2
México	1,96	15,39	7,8
Canadá	9,98	77,93	7,8
Rússia	17,1	87,16	5,1
Austrália	7,74	36,97	4,8
Brasil	8,52	29,18	3,4

Fonte: ANTF (2020)

Por meio dos dados da Figura 13 e Figura 14, percebe-se a predominância do modal rodoviário na matriz de transporte brasileira, gerando uma forte dependência do país desse modo de transporte se comparado a outros países de grandes dimensões territoriais, como Rússia, Canadá, Estados Unidos, Austrália e China.

Esse desequilíbrio na matriz de transporte em conjunto com a escassez de transporte ferroviário, não só em termos de tamanho de malha, mas também de outros gargalos logísticos e estruturais, acarreta forte impacto no Custo Brasil. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2016), o custo logístico, ou seja, a soma dos gastos com transporte, estoque, armazenagem e serviços administrativos, consome 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. É válido destacar que a maior parte desse custo é formada pelo transporte, o equivalente a 6,8% do PIB (R\$ 401 bilhões).

Uma infraestrutura mais efetiva de transporte, que propicie uma proporção mais uniforme dos modos na matriz de transporte similar a dos Estados Unidos da América (EUA), viabilizaria uma redução de R\$ 80 bilhões no custo com transporte. Nos EUA, o modo rodoviário é responsável pelo transporte de 43% da produção; o ferroviário por 32%; o aquaviário, por 8%; o dutoviário, por 17%; e o aéreo, por 0,2%. Já no Brasil, 64,86% da produção é transladada por caminhões; 14,95% pelos trens; 15,72% pelo aquaviário (soma dos modos cabotagem e hidroviário); 4,45% pelo dutoviário; e 0,03% pelo aéreo (CNT, 2022). Dessa forma, a divisão modal do transporte brasileiro impacta significativamente na competitividade internacional dos produtos e serviços brasileiros, uma vez que esses são onerados pelo alto custo do transporte.

2.4.2. CONFLITOS FERROVIÁRIOS URBANOS – INTERAÇÃO COM AS CIDADES

A passagem dos trens pelas cidades significa progresso e desenvolvimento, no entanto traz à tona a necessidade de soluções para possíveis conflitos e acidentes, de forma a garantir a segurança do tráfego, a preservação das faixas de domínio, a incolumidade das populações lindeiras, ou seja, a convivência harmoniosa e pacífica entre os centros urbanos e as ferrovias.

Tamanha a importância dessa problemática que a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) elaborou, em 2014, um relatório intitulado Proposições para Solução de Conflitos Ferroviários Urbanos. Trata-se de uma iniciativa da equipe de Gerência de Projetos de Transporte Ferroviário de Cargas – GPFER em parceria com as Unidades Regionais da ANTT e com a colaboração das concessionárias ferroviárias para consolidação, análise, priorização e proposição de investimentos para a solução ou mitigação de conflitos ferroviários urbanos nas regiões Sudeste e Sul do país (CASTORINO, 2014).

O relatório supracitado foi elaborado com base no Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas – PROSEFER, o qual foi concebido pelo DNIT, e que propôs a necessidade de investimentos para a solução de gargalos de toda malha ferroviária nacional.

Por determinação da Lei nº 10.233, de 05 de junho de 2001, instrumento legal que criou a Agência Nacional de Transporte Terrestres – ANTT, entidade integrante da administração federal indireta, vinculada ao Ministério da Infraestrutura e submetida ao regime autárquico especial, incumbe a essa a prerrogativa de adequar conflitos, nos termos do §2º do art. 22:

A ANTT harmonizará sua esfera de atuação com a de órgãos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios encarregados do gerenciamento de seus sistemas viários e das operações de transporte intermunicipal e urbano.

Portanto, segundo Castorino (2014), exige-se da Agência uma atuação mediadora e propositiva, buscando junto aos demais órgãos a solução para problemas que decorram do gerenciamento, ou da falta dele e da malha viária concedida com os demais sistemas viários estaduais e municipais. Assim sendo, os conflitos urbanos têm-se apresentado notadamente marcados por entraves relacionados a dois subgrupos: passagens em nível críticas e invasões na faixa de domínio.

2.4.3. INVASÕES NA FAIXA DE DOMÍNIO

A faixa de domínio é a faixa de terreno em que se localiza a via férrea e demais instalações necessárias à construção, operação, assim como acréscimos indispensáveis à sua expansão. Como as atividades de urbanização estiveram associadas, principalmente na época de construção das ferrovias, aos serviços de transporte, muitas comunidades se consolidaram ao longo das ferrovias. Elas, muitas vezes, invadem a faixa de domínio das ferrovias, contribuindo para o surgimento de povoados e cidades ao longo das vias férreas (LANG, 2007).

A problemática do assentamento de comunidades na área de faixa de domínio das ferrovias ocorre, principalmente, devido a dois fatores: a falta de fiscalização policial contínua nas vias férreas e a deficiência dos planos diretores municipais. A Figura 15 mostra invasões em diferentes estados do país.

Figura 15 - Invasões na Faixa de domínio



Fonte: Vilaça (2012)

A ocupação irregular das faixas de domínio por habitações e estabelecimentos comerciais, assim como as passagens em nível, foram se consolidando na época de implantação das ferrovias. Como supracitado dois foram os fatores que levaram ao surgimento de aglomerações urbanas ao longo das vias férreas e geraram esses graves problemas ao setor, quais sejam a falta de planejamento e a ineficiência do Poder Público em inibir a ocupação das áreas destinadas à ferrovia (CNT, 2015).

Nesse sentido, é notável a iniciativa do legislativo, por meio do projeto de lei 1786/2021 encaminhado ao Senado no dia 12 de maio de 2021, que trata da regulamentação da Polícia Ferroviária Federal. Essa está prevista no inciso III do art.144 da Constituição Federal (CF), o qual dispõe que a *polícia ferroviária federal, órgão permanente, organizado e mantido pela União e estruturado em carreira, destina-se, na forma da lei, ao patrulhamento ostensivo das ferrovias federais.*

O projeto de lei visa suprir uma omissão legal, haja vista que a Polícia Ferroviária Federal, apesar de ter previsão constitucional, nunca foi implementada. Assim sendo, verifica-se a necessidade de resgatar o efetivo controle das áreas de segurança, uma vez que os corredores ferroviários, além de alvo de invasões, tornam-se uma nova rota para o comércio ilegal de drogas e contrabando de armas.

No mesmo programa citado tópico anterior, PROSEFER, o DNIT (2019) identificou a existência de 355 invasões na faixa de domínio nos corredores que o programa contemplou. Para solucioná-las o custo estimado, em valores de 2011, foi de R\$ 70,3 milhões, considerando a remoção e realocação das famílias invasoras em uma faixa de oito metros ao longo das ferrovias. O quantitativo dessas invasões por estado e região é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Invasões na faixa de domínio identificadas pelo PROSEFER, por estado e região

Região	Estado	Total de invasões
Sul	PR	13
	SC	44
	RS	37
	Total - Sul	94
Sudeste	SP	104
	MG	59
	RJ	37
	ES	10
	Total - Sudeste	210
Centro-Oeste	GO	6
	MS	12
	Total - Centro-Oeste	18
Nordeste	CE	12
	MA	1
	PB	9
	PE	6
	PI	1
	BA	4
	Total - Nordeste	33
Total	355	

Fonte: CNT (2015)

Após instaladas, pode-se solucionar o conflito entre a ferrovia e a área urbana por meio do reassentamento das famílias ou pela construção de contornos ferroviários que desviem o tráfego dos trens. No entanto, para a implementação dessas ações, o Poder Público esbarra no alto custo dessas intervenções. Outro passo para a solução das interferências é a definição e identificação da área que compreende a faixa de domínio da ferrovia, uma vez que hoje esse valor varia, devido aos ciclos, circunstância e condições de relevo e de tráfego distintas ao longo das ferrovias brasileiras (CNT, 2015).

2.4.4. PASSAGENS EM NÍVEL CRÍTICAS E EM DEMASIA

O sistema ferroviário, assim como qualquer sistema de transporte, apresenta vantagens e desvantagens observáveis em vários países do mundo. Dentre algumas desvantagens desse

modal, pode-se citar: necessidade de passagens superiores, inferiores ou em nível para a ligação a partes da cidade separadas pela via férrea; incômodo causado à sociedade pelas passagens em nível; considerável poluição sonora e vibrações danosas a construções em trecho urbano; custo de implantação muito alto; entre outras. Essas desvantagens, exceto a última, podem ser evitadas ou solucionadas com soluções bem elaboradas de engenharia (PAIVA, 2016).

Conforme supracitado, a passagem em nível (PN), cruzamento em um mesmo plano geométrico entre a rodovia e a ferrovia, é uma das grandes desvantagens do modal e sua execução deficiente ou em excesso nos projetos ferroviários a transforma em um gargalo operacional, já que reduz a velocidade dos trens e afeta a segurança do transporte.

As PNs trazem os mesmos problemas que as invasões nas faixas de domínio, comprometem a segurança não só pelo risco de acidente e trânsito de pessoas, mas também pela sinalização precária; atrapalham o tráfego de trens e de outros veículos, causando até paralisações em certos pontos; permitem o risco de vandalismo; entre outros. Tamanha relevância dessa problemática da segurança nas passagens em nível, verifica-se a necessidade do Governo Federal implementar um programa específico de obras nesses cruzamentos, priorizando as PNs mais críticas e garantindo recursos físicos e financeiros (LANG, 2007). A Figura 16 mostra passagens em nível críticas em diferentes estados do país.

Figura 16 - Passagens em nível críticas



Fonte: Vilaça (2012)

O custo de melhoria de uma passagem em nível, a depender da solução adotada, é menor que o custo de remoção de uma invasão. Por outro lado, o número de PNs pode ser elevado. Segundo dados apresentados na Pesquisa CNT das ferrovias do ano de 2009, existem cerca de 12.289 cruzamentos em nível na malha ferroviária concedida ao transporte de carga,

das quais 2.659 são classificadas como críticas. Considerando-se os 29.180 km de malha, tem-se uma PN a cada 2,3 km de ferrovia, o que explica, em parte, a baixa velocidade média dos trens brasileiros, de aproximadamente 25 Km/h (CNT, 2011).

A Pesquisa Ferroviária da CNT é um estudo que tem a finalidade de traçar um panorama sobre a evolução do transporte ferroviário no Brasil nos últimos anos e identificar os principais desafios ao crescimento do modal. No relatório analítico de 2006, o CNT expõe os critérios e fatores utilizados para que uma passagem em nível seja caracterizada como crítica, quais sejam:

- A) Segurança na passagem em nível – PN;
- B) Localização da pn e o quanto ela interfere no tráfego urbano de veículos, inclusive em paralisações e interrupções;
- C) Risco provocado pelo trânsito de pessoas;
- D) Sinalização deficiente ou inadequada;
- E) Avaliação de estatísticas de acidentes ocorridos no local;
- F) Ocupações irregulares ou clandestinas.

Dados mais recentes do PROSEFER, um programa lançado em 2011 pelo DNIT que objetiva identificar, classificar e propor soluções para os conflitos ferroviários urbanos no Brasil, mostram a existência de 3.375 cruzamentos em nível, dos quais 279 são críticos, nos 15 mil km e 17 corredores ferroviários pesquisados pelo estudo. Calculando-se novamente por meio de média aritmética simples, o montante representa uma PN a cada 4,4 km de via férrea (CNT, 2015).

Percebe-se uma significativa melhora no quantitativo de passagens em nível no decorrer do tempo quando se comparam os dois estudos, uma vez que a média aritmética passou de 2,3 km para 4,4 km. A comparação, no entanto, não é tão fidedigna, já que o segundo estudo não considera toda a extensão da malha ferroviária brasileira. É referencial porém para demonstrar que o poder público e as concessionárias têm interesse em reduzir esses números, que ainda continuam altos.

De acordo com o artigo 10 do Decreto nº 1.832, de 4 de março de 1996, que regula o transporte ferroviário, a travessia no mesmo nível seria realizada somente em casos excepcionais e as existentes deveriam ser gradativamente eliminadas, dando-se preferência aos cruzamentos em níveis diferentes. Essa situação, entretanto, não se verifica na realidade do transporte ferroviário brasileiro. O artigo é reproduzido em sua íntegra abaixo.

Art. 10. A Administração Ferroviária não poderá impedir a travessia de suas linhas por outras vias, anterior ou posteriormente estabelecidas, devendo os pontos de

cruzamento ser fixados pela Administração Ferroviária, tendo em vista a segurança do tráfego e observadas as normas e a legislação vigentes.

§ 1º A travessia far-se-á preferencialmente em níveis diferentes, devendo as passagens de nível existentes ser gradativamente eliminadas.

§ 2º Em casos excepcionais, será admitida a travessia no mesmo nível, mediante condições estabelecidas entre as partes.

§ 3º A Administração Ferroviária não poderá deixar isoladas, sem possibilidade de acesso, partes do terreno atravessado por suas linhas.

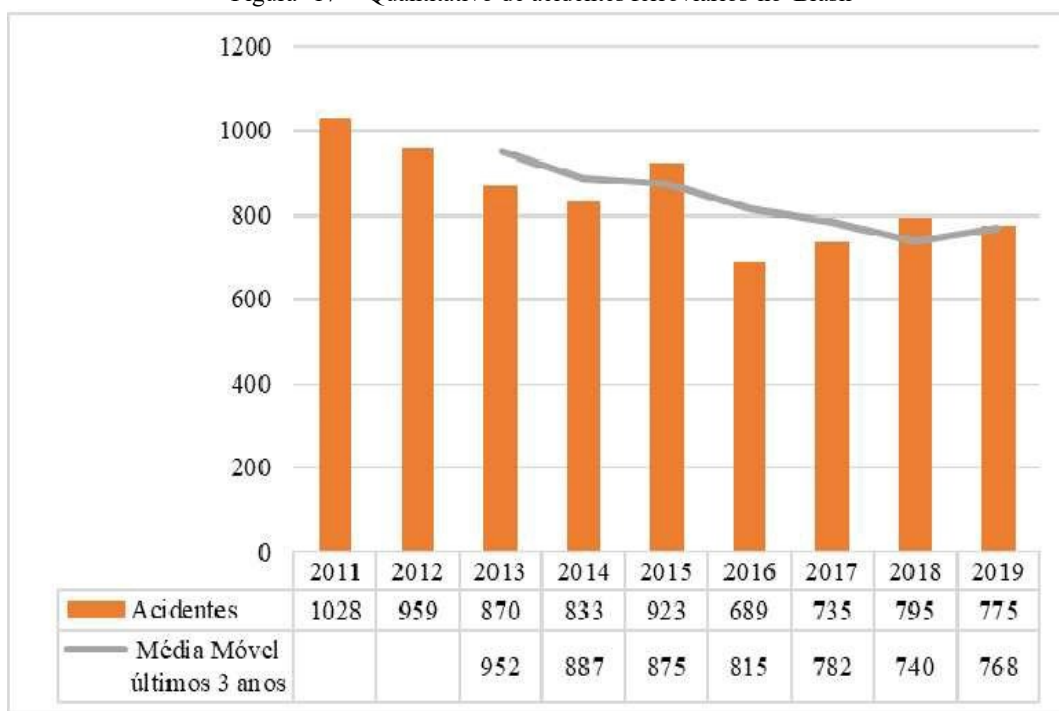
§ 4º O responsável pela execução da via mais recente assumirá todos os encargos decorrentes da construção e manutenção das obras e instalações necessárias ao cruzamento, bem como pela segurança da circulação no local.

2.4.5.SEGURANÇA NOS CRUZAMENTOS RODOFERROVIÁRIOS - ACIDENTES

O transporte ferroviário foi considerado um dos modos de transporte mais seguros por muito tempo. Comparações do risco de acidentes realizadas pelos Estados membros da União Europeia demonstraram que o transporte ferroviário e o aéreo são os meios mais seguros por passageiro-quilômetro viajado. Apesar de índices positivos de segurança no transporte, fatalidades nas ferrovias acontecem. Um exemplo foi a média de 19,9 fatalidades (excluindo suicídios) na Finlândia durante o período de 2000 a 2008 (SILLA; KALLBERG, 2012).

Dados mais recentes da malha federal brasileira indicam uma média de 850 acidentes ferroviários, com 215 feridos graves e 105 mortes. O desempenho da segurança nesse modo de transporte no Brasil é em torno de 10 a 20 vezes pior quando comparado aos índices da União Europeia. Ainda que seja feita uma análise pela situação mais favorável, considerando apenas as duas ferrovias brasileiras mais seguras com transporte regular de passageiros, o número de acidentes brasileiros é duas vezes maior que o dos europeus. Verifica-se, portanto, a necessidade de avançar em termos de segurança ferroviária, principalmente em relação aos novos projetos ferroviários no Brasil (MIGUEL, 2020). A Figura 17 apresenta o quantitativo de acidentes ferroviários no Brasil, assim como a média móvel dos últimos três anos.

Figura 17 - Quantitativo de acidentes ferroviários no Brasil



Fonte: MIGUEL (2020)

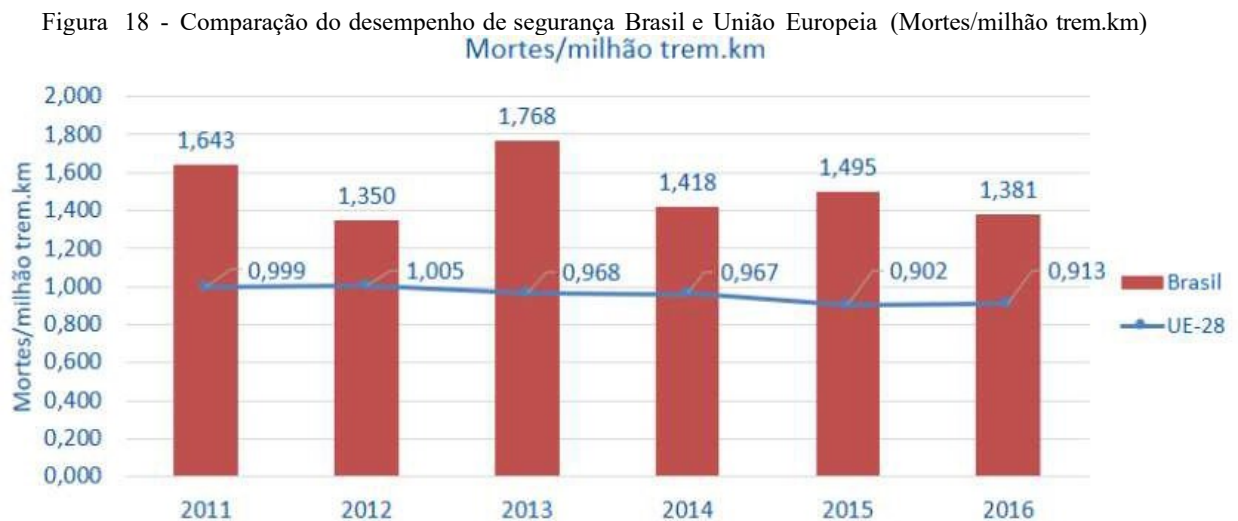
A nova resolução elaborada pela ANTT nº 5.902/2020, cuja vigência se iniciou no dia 3 de novembro de 2020 e estabelece procedimentos para comunicação pelas concessionárias da ocorrência de acidentes ferroviários e de interrupções de tráfego, define acidente ferroviário como uma ocorrência que, com a participação direta de veículo ferroviário, provoca danos a este, a pessoas, bens materiais, ao meio ambiente e animais. A nova resolução também trouxe inovação quando separou os atropelamentos e abalroamentos ocorridos em passagens em nível daqueles ocorridos fora dos cruzamentos. Esse ponto se deve ao fato dos cruzamentos rodoferroviários serem pontos críticos e que devem seguir normas específicas editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ANTT, 2020).

Abreu e Trindade (2019) reforçam o alto risco das passagens em nível para os usuários, uma vez que o estado enganosamente rígido do sistema e o desconhecimento do estado atual do sistema e suas falhas potenciais, assim como a passagem “inesperada” dos trens, tornam os cruzamentos altamente perigosos.

A concessionária MRS, detentora da gestão da malha regional sudeste que conecta os principais parques industriais do país aos maiores portos da região Sudeste, ciente da gravidade da segurança nos cruzamentos, tem investido em três grandes frentes: investimentos em eliminação de interferências, ações junto às Prefeituras e campanhas de conscientização. A

primeira delas consiste em buscar a eliminação da interferência mútua entre o trem e as cidades, muitas vezes em áreas urbanas e densamente povoadas, evitando o cruzamento dos pedestres e dos veículos no mesmo nível dos trens por meio das passarelas, viadutos e passagens inferiores. Entre 2007 e 2013, a MRS investiu mais de 84 milhões nesses projetos, vedou mais de 200 km de linha férrea e revitalizou passagens em nível (MRS, 2014).

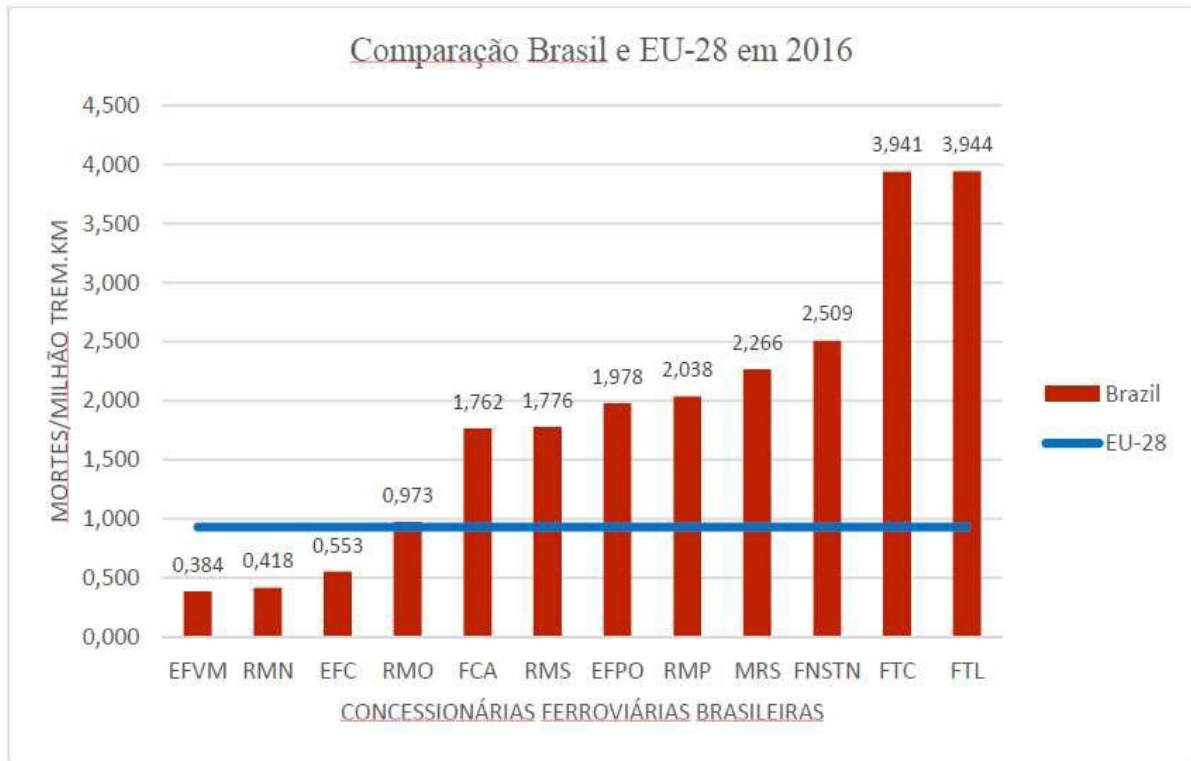
Comparando-se as ferrovias brasileiras com as europeias quanto ao desempenho de segurança, por meio da utilização do indicador do número de mortes por milhão de quilômetros de viagens de trens, somando a quantidade de fatalidades e suicídios na União Europeia, uma vez que há essa separação na Europa, verificou-se que as ferrovias brasileiras são mais inseguras. A comparação é ainda pior quando se considera que na Europa há predominância de transporte de passageiros, tornando o risco maior, enquanto no Brasil há predominância do transporte de cargas. Na Figura 18 é ilustrada a comparação de desempenho entre ferrovias brasileiras e europeias (MIGUEL, 2018).



Fonte: MIGUEL (2018)

Destaca-se que as mortes no Brasil ocorrem principalmente devido a acidentes em passagens em nível e atropelamento em linha corrida. Além do mais, é válido considerar na comparação acima que cerca de um terço da quantidade de trem por quilômetro do Brasil é produzido pela Estrada de Ferro Carajás (EFC) e Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), ambas ferrovias com bons índices de segurança, fazendo-se necessário a avaliação de cada concessionária com o índice europeu, conforme demonstra a Figura 19 (MIGUEL, 2018).

Figura 19 - Comparação por concessionária com índices europeus (2016)



Fonte: MIGUEL (2018)

Conforme demonstrado na Figura 19, percebe-se a disparidade na segurança ferroviária no Brasil e a existência de ferrovias com desempenho muito ruim, apresentando elevado número de mortes e um grande prejuízo à sociedade brasileira.

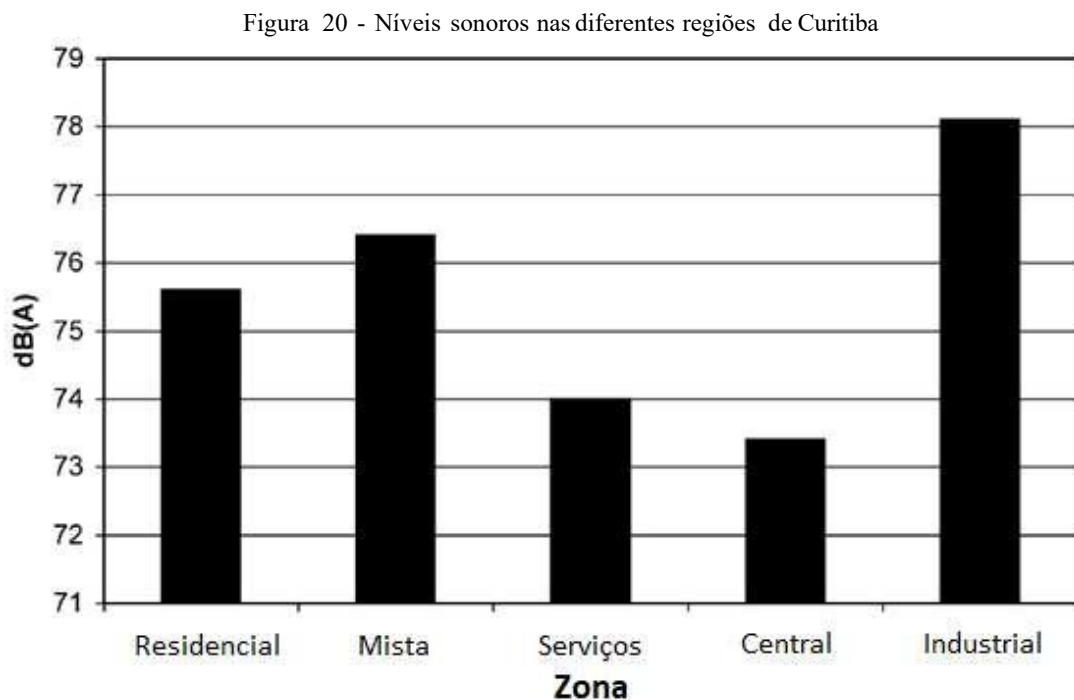
2.4.6. IMPACTO SONORO

A interação de uma ferrovia com áreas urbanizadas traz outros problemas além das desapropriações necessárias e dos já citados acidentes nas passagens em nível e invasões na faixa de domínio. A operação ferroviária causa desconforto aos moradores circunvizinhos devido ao alto impacto acústico do movimento diário dos trens, intensidade que varia conforme a composição férrea e o número de pares de trens por dia.

Um extenso estudo realizado por Fields e Walker (1982) na Grã-Bretanha, o qual mediu os efeitos do ruído ferroviário nos moradores por meio de uma pesquisa social (1453 entrevistados) combinada com medições de ruídos (mais de dois mil medidores) em diferentes pontos do território, constatou-se que os ruídos da ferrovia incomodam 2% da população da

nação, que considera o ruído o mais sério dos incômodos ambientais causados pela presença da mesma.

Na cidade de Curitiba, estudo de caso do presente trabalho, também foi realizado um estudo acústico pelo Laboratório de Acústica Ambiental da Universidade Federal do Paraná que avaliou a poluição sonora ambiental em 1000 pontos espalhados pela área urbana da cidade, com medições realizadas no período da tarde. Considerando o valor de 65 decibéis como limite para a medicina preventiva, o estudo verificou que cerca de 93,3% das localidades apresentaram níveis sonoros superiores. Além disso, concluiu que o barulho do trânsito foi a fonte principal da poluição sonora (ZANNIN; DINIZ; BARBOSA, 2022). A Figura 20 apresenta os níveis sonoros nas diferentes regiões de Curitiba: residencial, mista, industrial, central e de serviços.



Fonte: ZANNIN; DINIZ; BARBOSA (2002)

Grande parte do ruído do trânsito na Região Metropolitana de Curitiba, fonte principal de incômodo sonoro, deve-se ao modo de transporte ferroviário. A ferrovia, em seu caminho ao porto de Paranaguá, cruza regiões densamente povoadas da cidade, um segmento de aproximadamente 20 quilômetros passando por vias urbanas e bairros residenciais.

Estudos no Brasil sobre a poluição sonora das ferrovias são tão raros que são praticamente inexistentes. No entanto, tamanha a problemática do impacto sonoro da via férrea

do presente estudo de caso, foi realizado um trabalho de avaliação do incômodo sonoro da ferrovia que cruza a Região Metropolitana de Curitiba, baseado em medições sonoras, mapeamento sonoro e entrevistas (ZANNIN; BUNN, 2014).

Como os cruzamentos rodoferroviários da região carecem de barreiras de segurança e acidentes fatais são frequentes, o maquinista, como medida de segurança, aciona a buzina no mínimo três vezes para cada cruzamento. Por meio dos medidores e mapas de ruídos, constatou-se que o ruído sonoro da passagem do trem com acionamento de buzina é extremamente alto, claramente violando a legislação sonora de Curitiba. Outrossim, ainda que os níveis sonoros sejam significativamente menores quando não há o acionamento da buzina, eles ainda excedem os níveis estabelecidos na legislação municipal (ZANNIN; BUNN, 2014). A Figura 21 mostra uma passagem em nível sem barreiras de segurança no bairro Cajuru em Curitiba.

Figura 21 - Passagem em nível no bairro Cajuru em Curitiba sem barreiras de segurança



Fonte: O autor (2022)

O estudo de Zannin e Bunn (2014) concluiu que a solução seria retirar a linha férrea do interior da cidade, a qual sofre há décadas com essa problemática. Ademais, por meio das entrevistas, verificou-se que os moradores se sentem fortemente afetados pelos ruídos da passagem dos trens, que causa irritação e aborrecimento, dores de cabeça, falta de concentração

e insônia. Ainda por meio dos questionamentos, 69% dos moradores acreditam que o barulho dos trens pode desvalorizar sua propriedade.

Corroborando as conclusões e soluções encontradas pelos supracitados autores, o Projeto da Nova Ferroeste promete menos apito de trem em Curitiba e fim do gargalo logístico do Paraná. Com o novo traçado, a grande maioria dos trens que cruzam a capital, principalmente nos bairros Sul e Leste, poderão deixar de trafegar, contribuindo para a solução de um problema de décadas e atendendo esta reivindicação antiga dos curitibanos. Como afirma Luiz Henrique Fagundes, coordenador do Plano Estadual Ferroviário, “Curitiba tem que resolver o conflito entre a ferrovia e a cidade e a Nova Ferroeste vai começar a solucionar esse problema” (FANTIN, 2021).

3. SOLUÇÕES E ALTERNATIVAS

Neste capítulo são apresentadas alternativas e soluções para os conflitos das passagens em nível, ou seja, medidas de segurança que podem ser implantadas para reduzir o número de acidentes em passagens em nível, dentre elas citam-se: a eliminação da PN, instalação de mecanismos de controle de tráfego ativos e passivos, melhorias operacionais e no local, beneficiamentos no pavimento da passagem em nível e remoção de estruturas de separação de nível.

A sinalização adequada com mecanismos de controle de tráfego passivo ou ativo é essencial para alertar os motoristas e pedestres sobre a presença de uma passagem em nível. Sinais de alerta, placas de advertência, marcas no solo e luzes piscando são algumas das formas de sinalização que podem ser empregadas. Outras tecnologias avançadas, como sensores de detecção de trens, sistemas de alerta sonoro e dispositivos de bloqueio automático, podem contribuir para o incremento da segurança nos cruzamentos.

A educação e conscientização também são componentes importantes na redução dos acidentes em passagens em nível, haja vista que muitos desses são causados por comportamentos inadequados de motoristas e pedestres. Campanhas de educação podem incluir a distribuição de material educativo nas escolas, cartazes e folhetos em locais de grande circulação de pessoas e nas próprias passagens em nível, anúncios em rádio, internet e televisão, bem como a realização de treinamentos para motoristas e pedestres que circulam nas proximidades das PN's. Esse trabalho, cuja efetividade deve ser monitorada constantemente

pelos órgãos responsáveis, pode incluir informações sobre a sinalização, a necessidade de parar antes de atravessar, a importância de manter uma distância segurança dos trilhos, entre outras orientações.

Outra medida eficaz para reduzir os riscos de acidentes em passagens em nível é a redução da velocidade dos trens, uma vez que um trem em velocidade reduzida pode parar mais rapidamente (menor distância de parada) e tem maior tempo de reação para um obstáculo na linha férrea, além de tornar a travessia dos veículos e pedestres mais segura, já que haverá mais tempo antes da chegada do trem. Essa alternativa deve, no entanto, ser analisada cuidadosamente antes de sua implantação, haja vista que pode repercutir negativamente em outras áreas, como o tempo de viagem, a produtividade e a eficiência da operação ferroviária. A redução da velocidade dos trens em pontos específicos, como em PN's com maior número de acidentes, é uma possível abordagem.

3.1.1. ELIMINAÇÃO DA PN

A primeira alternativa a ser considerada para um cruzamento rodoferroviário é a eliminação da PN, a qual pode ser atingida pela separação em nível da passagem, fechamento do cruzamento para o tráfego rodoviário ou para o tráfego ferroviário, por meio do abandono ou realocação da linha férrea. Essa opção fornece o mais alto nível de segurança, uma vez que o ponto de interseção entre a ferrovia e a rodovia é removido. Assim, os principais benefícios da eliminação seriam a redução dos acidentes, redução dos atrasos no tráfego rodoviário e ferroviário e redução nos custos de manutenção dos cruzamentos e dispositivos de controle de tráfego. No entanto os custos operacionais e de construção podem ser elevados (TUSTIN *et al.*, 1986).

De acordo com Ogden e Cooper (2019), os critérios para a escolha do fechamento de uma PN variam de acordo com a localidade, no entanto normalmente são considerados os seguintes itens:

- Volume de tráfego rodoviário e ferroviário;
- Velocidade dos trens;
- Número de faixas;
- Material sendo transportado;
- Local do cruzamento;
- Visibilidade;
- Distância dos sinais de trânsito;
- Número de acidentes

A eliminação da passagem em nível por meio de alterações estruturais no sistema viário de algum dos modos de transporte (rodoviário ou ferroviário) é a solução definitiva para a eliminação da ocorrência de acidentes envolvendo composições ferroviárias e demais veículos ou pedestres. Essa implantação, no entanto, geralmente corresponde a um investimento notadamente elevado, além da interação de diversos agentes e necessidade de elaboração de estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental. Salienta-se também que, considerando a primazia do transporte ferroviário de cargas no Brasil, as obras mais adequadas à segregação dos modos de transportes e eliminação das PN's são a construção de viadutos rodoviários ou de contornos ferroviários (WOSNIACKI, 2014).

A Figura 22 mostra um viaduto novo inaugurado no município de Jales (SP), produto da parceria da Rumo com a prefeitura da cidade, em substituição a passagem em nível na rua Maranhão. A Rumo investiu cerca de R\$ 7 milhões na construção que resultou em ganhos para todos que circulam na região, segundo o gerente de relações governamentais da empresa, uma vez que a eliminação do cruzamento com a linha férrea melhorou a mobilidade urbana da cidade e aumentou a segurança dos motoristas e pedestres.

Figura 22 - Viaduto no município de Jales (SP)



Fonte: Tecnológica (2022)

Outra alternativa eficaz para eliminação do cruzamento rodoferroviário em áreas urbanas é a construção de passagens subterrâneas. Assim como as demais alternativas elas permitem que os veículos e pedestres possam cruzar a linha férrea de forma segura, sem interrupção do tráfego ferroviário, reduzindo congestionamentos e aumentando a eficiência do transporte. A Figura 23 demonstra uma travessia subterrânea para veículos e pedestres em Caunas, cidade da Lituânia.

Figura 23 - Travessia subterrânea instalada em Caunas



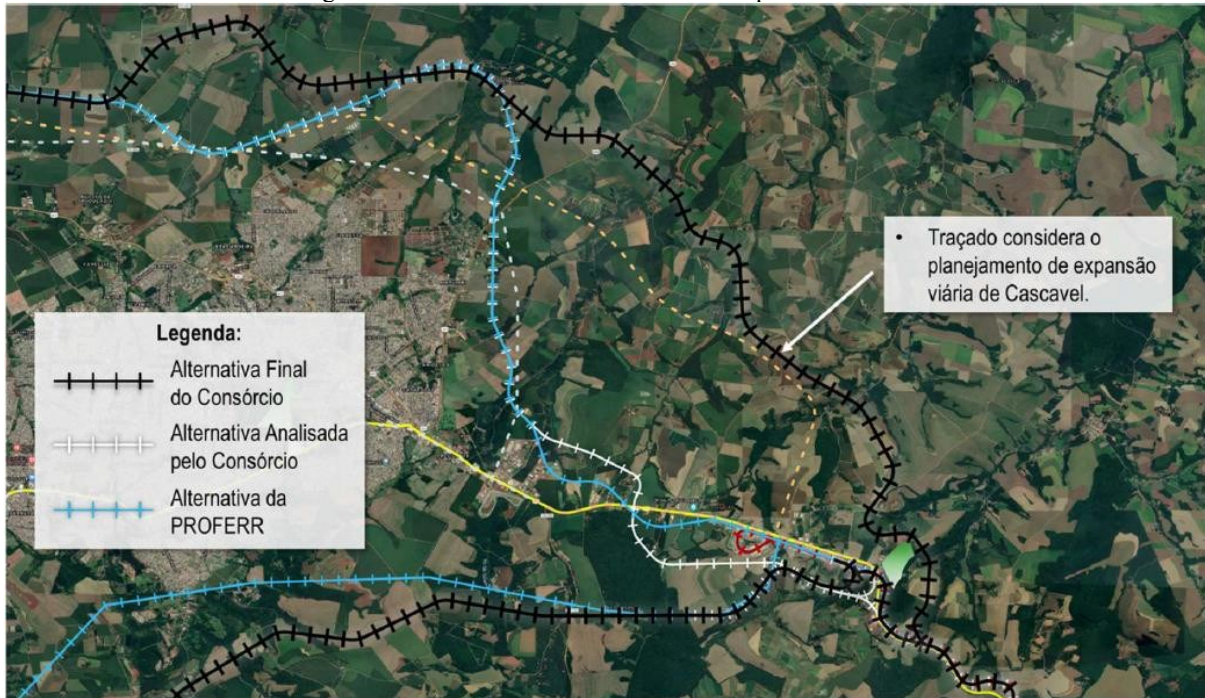
Fonte: 15Min (2021)

A terceira alternativa viável e muito empregada para a eliminação de passagens em nível em áreas urbanas é a construção de contornos ferroviários. Como exemplos, podem ser citadas duas obras já concluídas em Araquara/SP e Três Lagos/MS e retiradas da lista de priorização do PROSEFER, cuja solução indicada foi o contorno. Ademais, dos 83 (oitenta e três) empreendimentos contemplados no PROSEFER 2019, a solução contorno ou variante (alteração de traçado ferroviário em atendimento a dois ou mais municípios) foi indicada para 22 (vinte e dois) deles. Dentre os quais, incluem-se: Aguaí/SP, Aparecida/SP, Apucarana/PR, Arapongas/PR, Candeias/BA, Corinto/MG, Cornélio Procópio/PR, Curitiba/PR, Divinópolis/MG, Itaúna/MG, Jaraguá do Sul/SC, Joinville/SC, Montes Claros/MG, Ourinhos/SP, Patrocínio/MG, Pelotas/RS, Rio Grande/RS, Santo Antônio do Monte/MG, Santos Dumont/MG, São Francisco do Sul/SC, São José do Rio Preto/SP e Sobral/CE (DNIT, 2019).

Conforme supracitado, o contorno ferroviário da Região Metropolitana de Curitiba, estudo de caso do presente trabalho, é um empreendimento onde a medida de segurança adotada é a eliminação das passagens em nível por meio da construção de um contorno.

A Figura 24 apresenta outro município paranaense que é atravessado pela infraestrutura da Nova Ferroeste e que também segregou os modos de transporte por meio do contorno ferroviário, a cidade de Cascavel (PR).

Figura 24 - Contorno ferroviário no município de Cascavel



Fonte: Consórcio TPF SENER (2021).

Além da redução dos riscos de acidentes rodoferroviários, a eliminação das PN's melhora a fluidez do tráfego com consequente aumento de velocidade das composições e da capacidade de transporte ferroviário. Reduz a poluição sonora e o tempo de viagem, resulta em valorização imobiliária e incremento da eficiência do transporte ferroviário de cargas.

3.1.2. DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE TRÁFEGO PASSIVOS

Dispositivos de controle de tráfego passivos fornecem mensagens estáticas de aviso, orientações e, por vezes, ações obrigatórias para os motoristas. Seu propósito é identificar e direcionar a atenção para a presença de um cruzamento, de forma a permitir que os motoristas e pedestres tomem as medidas de segurança necessárias. Os dispositivos passivos podem ser utilizados de forma isolada ou incorporando o projeto dos dispositivos de controle de tráfego ativo. Os dispositivos passivos consistem em sinais de regulamentação, advertência e orientação e marcações suplementares no pavimento (OGDEN; COOPER, 2019).

Nessa sinalização são abrangidos os sinais apostos sobre placas fixadas em suportes verticais e voltados para os usuários da via. Os sinais de regulamentação informam aos usuários da via as condições, proibições, obrigações ou restrições de uso. Os sinais de advertência avisam a respeito das condições com potencial risco localizadas na via ou em suas proximidades. Já os sinais educativos e de orientação transmitem mensagens de cunho educativo, reforçando normas de circulação e conduta e promovendo comportamentos adequados e seguros no trânsito (CONTRAN, 2021).

Abaixo são apresentados os principais sinais utilizados no Brasil na proximidade imediata da PN ou na aproximação de um cruzamento, de forma a orientar os condutores com antecedência. A Figura 25, sinal presente em todos tipos de equipamento de proteção de PN, é utilizado para advertir os usuários da via da existência de um cruzamento, em mesmo nível, da via férrea com a rodovia.

Figura 25 - Cruz de Santo André



Fonte: Contran (2021)

Os dispositivos apresentados nas Figura 26 e Figura 27 também pertencem ao grupo de sinais relativo à interferência de transporte e são utilizadas para orientar os condutores a respeito da existência, à frente, de um cruzamento rodoferroviário em nível e quanto à presença de barreira (cancela).

Figura 26 - Passagem em nível sem barreira



Fonte: Contran (2021)

Figura 27 - Passagem em nível com barreira



Fonte: Contran (2021)

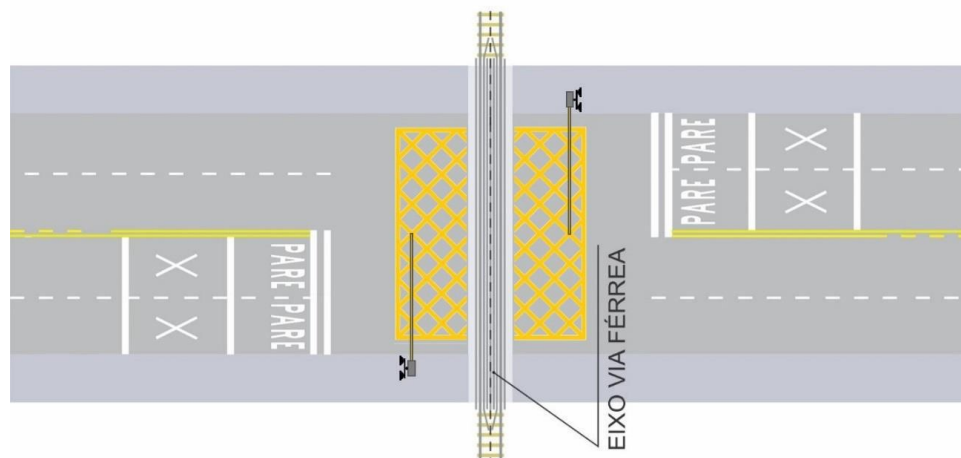
Além dos sinais referenciados acima, também são utilizadas as placas de parada obrigatória, placa de advertência – OLHE ESCUTE, velocidade máxima permitida, proibido ultrapassar, proibido parar e estacionar, parada obrigatória à frente, altura máxima permitida, entre outros presentes no Código de Trânsito Brasileiro.

Ainda no tratamento das passagens em nível com dispositivos de controle de tráfego passivo, as marcações no pavimento são usadas para complementar as mensagens regulamentares e de advertência apresentadas pelos sinais de cruzamento. Essas marcações apresentam limitações pois podem ser ocultadas por detritos, podem não ser visíveis quando molhadas e não são duráveis quando sujeitas a tráfego intenso (OGDEN; COOPER, 2019).

A sinalização horizontal engloba as marcas, símbolos e legendas dispostos sobre o pavimento das pistas de rolamento. São elementos cuja função é informar os usuários de forma

que lhes permitam adotar comportamentos adequados sem a necessidade de desviar a atenção do leito viário. Na Figura 28 são apresentados alguns dos elementos indicados para compor a sinalização horizontal, a qual é detalhada no Volume IV do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, referência normativa quanto às características, dimensões, princípios de utilização e colocação na via dos sinais horizontais das PNs e suas aproximações (CONTRAN, 2021).

Figura 28 - Representação de elementos da sinalização horizontal



Fonte: Contran (2021)

Na Figura 28 é representada a Marcação de Cruzamento Rododiferroviário (MCF), elemento obrigatório em todas as passagens em nível, composto pela Linha de Retenção (LRE), indicação ao condutor do local limite que deve parar o veículo, e pelo Retângulo de Advertência, área anterior à PN limitada pelas linhas longitudinais de circulação da via e duas linhas transversais espaçadas de 15,00 metros entre si, onde é inscrito o Símbolo Indicativo de Cruzamento Rododiferroviário (SIF) (Cruz de Santo André). Além desses, são reproduzidas a Marcação da Área de Conflito (MAC) que indica a área da pista em que não se deve parar o veículo, reforçando a proibição de parada ou estacionamento de veículos na PN e a legenda “PARE”, inscrição no pavimento que deve ser usada como reforço do sinal de parada obrigatória em todos os tipos de equipamento de proteção de PN (CONTRAN, 2021).

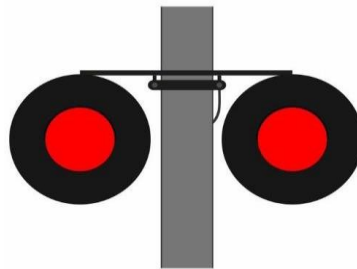
3.1.3. DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE TRÁFEGO ATIVOS

Os dispositivos de controle de tráfego ativo são aqueles emitem um aviso quando um trem se aproxima do cruzamento. São ativados pela passagem do trem em algum circuito de

detecção na pista, exceto nos casos em que o controle e operação é realizada manualmente. Esses dispositivos são complementados com os memos sinais e marcas no pavimento dos dispositivos de controle de tráfego passivo. Dentre os dispositivos ativos, citam-se: sinalização semafórica intermitente, sinalização acústica (campainhas), cancela manual ou automática, entre outros métodos de detecção de trem (TUSTIN *et al.*, 1986).

A sinalização semafórica compreende semáforos ou grupos focais fixados ao lado da via ou suspensos sobre ela, com o propósito de transmitir mensagens específicas aos usuários da via pública, regulamentando o direito de passagem dos diferentes fluxos ou advertindo sobre situações especiais, tais como obstáculos ou perigos na via. Esse semáforo é constituído de dois grupos focais de forma circular e cor vermelha, alocados na posição horizontal, que indicam a proibição do direito de passagem. Os grupos focais devem estar apagados enquanto não houver trem circulando na PN ou em sua aproximação e são acionados, de forma intermitente, uma vez que um trem se aproxime e atravesse o cruzamento. Esse semáforo é apresentado na Figura 29 (CONTRAN, 2021).

Figura 29 - Sinalização semafórica nas passagens em nível



Fonte: Contran (2021)

A Figura 30 mostra o principal dispositivo de controle de tráfego ativo em uso enquanto um trem cruza a passagem em nível e o carro está parado antes do cruzamento, com uma distância de segurança. A sinalização semafórica intermitente foi, nesse caso, instalada em um sistema de viga que se projeta sobre a via, de forma a proporcionar melhor visibilidade para o tráfego que se aproxima.

Figura 30 - Exemplo ilustrativo de dispositivo de luz intermitente suspenso em balanço



Fonte: Ogden e Cooper (2019)

Outros dispositivos de controle de tráfego ativos são as barreiras e cancelas, dispositivos auxiliares destinados a controlar o acesso ou a passagem de veículos nos cruzamentos rododiferroviários, sendo sua abertura e fechamento realizados por movimentos de rotação ou translação. Esse dispositivo deve estar posicionado entre a frente do veículo e o trilho mais próximo. As cancelas geralmente são utilizadas em apenas um lado da via férrea, entretanto, pode haver situações em que a implantação de cancelas nos dois lados se torna necessária, de forma a impedir a entrada na PN pela contramão. Seu acionamento pode ser manual ou automático (CONTRAN, 2021). A Figura 30 também ilustra esse dispositivo em utilização.

As barreiras e cancelas são, portanto, medidas de segurança importantes em PN's, particularmente em áreas urbanas e em vias de tráfego intenso, pois ajudam a impedir o acesso de veículos e pedestres à área de operação da ferrovia durante a aproximação de um trem. Além disso, esses dispositivos podem ser complementados com sinais sonoros e visuais para alertar os usuários da via.

3.1.4. MELHORIAS OPERACIONAIS E NO LOCAL

Em complemento à instalação de dispositivos de controle de tráfego, melhorias no local e operacionais podem contribuir sobremaneira para a segurança dos cruzamentos rodoferroviários. Beneficiamentos no local são estudados em quatro categorias: geometria do cruzamento, remoção de obstruções, iluminação e barreiras de segurança.

A geometria ideal da travessia é uma interseção de 90 graus da linha férrea com a rodovia e inclinações levemente ascendentes em ambas as aproximações da rodovia para reduzir o fluxo de água na superfície em direção ao cruzamento. Idealmente, a rodovia deve cruzar os trilhos com inclinação mínima, sem interseções ou calçadas próximas, uma vez que esse layout melhora a visão do motorista e reduz movimentos conflitantes de veículos. Além disso, as passagens em nível não devem ser localizadas em curvas da rodovia ou ferrovia, pois as curvas inibem a visão do motorista e sua atenção pode ser direcionada para contornar a curva em vez de procurar um trem (OGDEN; COOPER, 2019).

Melhoramentos no alinhamento horizontal ou vertical podem ser tornar investimentos muito elevados, a depender do nível de construção requerida. Travessias com geometrias horizontais ou verticais complexas podem justificar a instalação de sistemas ativos de controle de tráfego ou, se possível, podem ser fechadas ao tráfego rodoviário.

Quanto à remoção de obstruções e à distância de visibilidade é desejável que a área de aproximação de um cruzamento rodoferroviário em nível seja uma “zona livre” de interferências e obstáculos, tais como: placas de sinalização, suportes de luminárias, estruturas de drenagem, árvores largas, postes de serviços públicos ou encostas íngremes.

Outro aprimoramento que pode ser realizado no local diz respeito a iluminação, que pode ser efetiva na redução de colisões noturnas. As luminárias também podem fornecer uma alternativa de baixo custo para dispositivos de controle de tráfego ativo em vias industriais ou de minas onde as operações de comutação são realizadas à noite. A iluminação pode ser efetiva nas seguintes condições (OGDEN; COOPER, 2019):

- Operações noturnas dos trens;
- Baixa velocidade dos trens;
- Bloqueio de travessias por longos períodos à noite;
- Histórico de colisões que indiquem que motoristas falham na detecção de trens ou dispositivos de controle de tráfego durante o período noturno;
- Alinhamento horizontal ou vertical de aproximação da rodovia de forma que o farol do veículo não incida sobre o trem até que o veículo não tenha ultrapassado a distância de segurança;
- Visibilidade restrita ou distância de parada em áreas rurais;
- Baixos níveis de luz ambiente;
- Fonte de energia altamente confiável.

Com relação à instalação de barreiras de segurança, tais como guarda-corpo ou almofadas anticolisão, sua finalidade é proteger o motorista, redirecionando-o ou contendo um veículo errante. Em alguns cruzamentos, amortecedores de impacto podem ser utilizados de forma a proteger o motorista de colisões em dispositivos de controle de tráfego. Alguns desses amortecedores podem ser projetados para reter em vez de redirecionar o veículo, sendo apropriado para uso em cruzamento uma vez que reduz a possibilidade de redirecionamento de um veículo para o caminho do trem (OGDEN; COOPER, 2019).

4. ESTUDOS FERROVIÁRIOS E ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão apresentados os dois estudos que são base para a elaboração deste: o Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas (PROSEFER) e a Nova Ferroeste. Além disso, esta seção expõe o estudo de caso, o contorno ferroviário em Curitiba e Região Metropolitana. Esses trabalhos foram selecionados devido a importância no contexto atual, em especial no âmbito da segurança ferroviária e interferência dos trechos férreos com áreas urbanas.

4.1. PROSEFER

As informações do presente capítulo foram retiradas dos relatórios consolidados, de divulgação e de metodologia da atualização do Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas (PROSEFER), elaborado pela Diretoria de Infraestrutura Ferroviária (DIF) do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT) em 2019, quando não citado fonte diversa.

O PROSEFER 2009 foi concebido com o propósito de realizar estudos e pesquisas para definir intervenções em trechos ferroviários críticos com interferências em rodovias e áreas urbanas. Os estudos são realizados por município, levantando informações de cada um dos cruzamentos rodoferroviários, de maneira que se identifique locais críticos que necessitam de intervenção e sugerir a mais adequada solução para o problema detectado.

Já na atualização do programa em 2019, o objetivo foi classificar em ordem de importância as obras previstas, em que se identificaram os empreendimentos prioritários com o intuito de compor a carteira de projetos da DIF. Além disso, a metodologia e os critérios utilizados para determinar a ordem de prioridade na relação dos empreendimentos com indicação de intervenção foram alterados.

O programa tem uma abrangência em seus levantamentos de 15 mil quilômetros de ferrovias, abrangendo 17 corredores ferroviários em 16 estados e 596 municípios e 95% das cargas ferroviárias movimentadas em todo país. Além disso, foram identificados 5.609 cruzamentos em nível e 355 invasões na faixa de domínio.

Como já apontado, o projeto do DNIT tem o propósito de minimizar os conflitos decorrentes das operações ferroviárias com as rodoviárias nas passagens em nível, com as interferências com o tráfego urbano nas cidades que as ferrovias atravessam e com a ocupação da faixa ferroviária. Além disso, objetiva suprir os órgãos do governo com informações para o planejamento das ações nos locais de intervenção identificados e organizar todos os resultados obtidos, afim de se tornar um instrumento de gestão para os governos.

O PROSEFER, de modo a cumprir seu objetivo, deve ser mantido sempre atualizado, considerando normas atualizadas, novos cenários, métodos diferentes de priorização e a disponibilidade orçamentária dos órgãos de execução. Nessas condições, trará inúmeros benefícios para a sociedade e para o governo, tais como: melhoria na qualidade de vidas das cidades e da mobilidade urbana, aumento da segurança para as populações lindeiras, redução dos custos de transporte e dos riscos de acidentes, contribuir para a criação de um instrumento de gestão e de um banco de dados atualizável e auxiliar na identificação de obras e ações prioritárias.

O modelo utilizado é de avaliação matricial multicritério, o qual é baseado no método de análise hierárquica AHP (Processo Hierárquico Analítico), desmembrado em áreas de priorização que, por sua vez, se subdivide em itens, critérios e pesos. O fluxo dessa avaliação é representado na Figura 31.

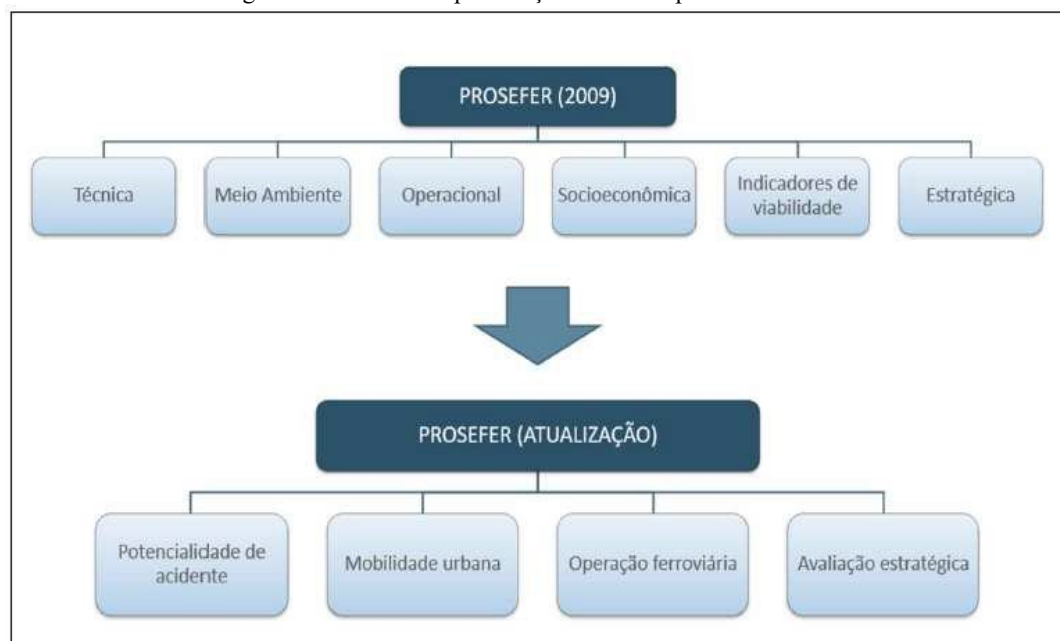
Figura 31 - Fluxo da avaliação multicritério



Fonte: Relatório de Atualização do PROSEFER- Metodologia (2019)

Utilizando variáveis bem distintas e diretamente relacionadas com os empreendimentos ferroviários, as áreas de priorização foram alteradas para as seguintes: Potencialidade de Acidente; Mobilidade Urbana; Operação Ferroviária e Avaliação Estratégica, conforme demonstrado na Figura 32. Dentro de cada área são definidos os conceitos e itens de avaliação dos indicadores e seus respectivos critérios, de forma a considerar a importância que as variáveis representam.

Figura 32 - Áreas de priorização indicadas pelo PROSEFER



Fonte: Relatório de Atualização do PROSEFER- Metodologia (2019)

A atualização e mudança da metodologia de priorização utilizada no estudo denota o intuito e compreensão do departamento da necessidade de uma avaliação cada vez mais aprimorada, haja vista o dinamismo da natureza das informações abordadas nos processos de cálculo.

4.1.1. ÁREA DE PRIORIZAÇÃO – AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA

Existem diversas metodologias de avaliação de projetos de investimentos, seja financeira, econômica ou social. Essas técnicas procuram estabelecer quais projetos trazem o melhor retorno para os investidores e para a economia, a depender do enfoque analisado. A avaliação estratégica busca definir como aplicar os recursos de forma a resolver entraves e aumentar a participação ferroviária na matriz de transportes, assim como incrementar a eficiência e segurança do sistema (LANG, 2007). Assim, o índice de avaliação estratégica auxilia na identificação, avaliação e priorização dos investimentos.

De acordo com Campos Neto et al. (2010) o setor ferroviário apresenta, em relação a gargalos financeiros, como principais características a necessidade de instituições com grande capacidade de financiamento, de investimentos elevados, além de um longo prazo de maturação dos investimentos. Devido a esses fatores, requer o apoio do poder público, quer seja por meio do investimento direto ou da promoção de incentivos que aumentem a atratividade de investimentos por parte da iniciativa privada.

A área de priorização Avaliação estratégica no estudo é o indicador que se relaciona com a implantação do empreendimento, aferindo variáveis econômicas advindas da solução indicada e da logística de transportes. Essa área se divide em 6 itens de avaliação, quais sejam: Custo de implantação; Complexidade da solução; Análise de sensibilidade; Ganho operacional potencial; Fase de implantação e Distância a portos. O diagrama da Figura 33 esquematiza essa divisão.

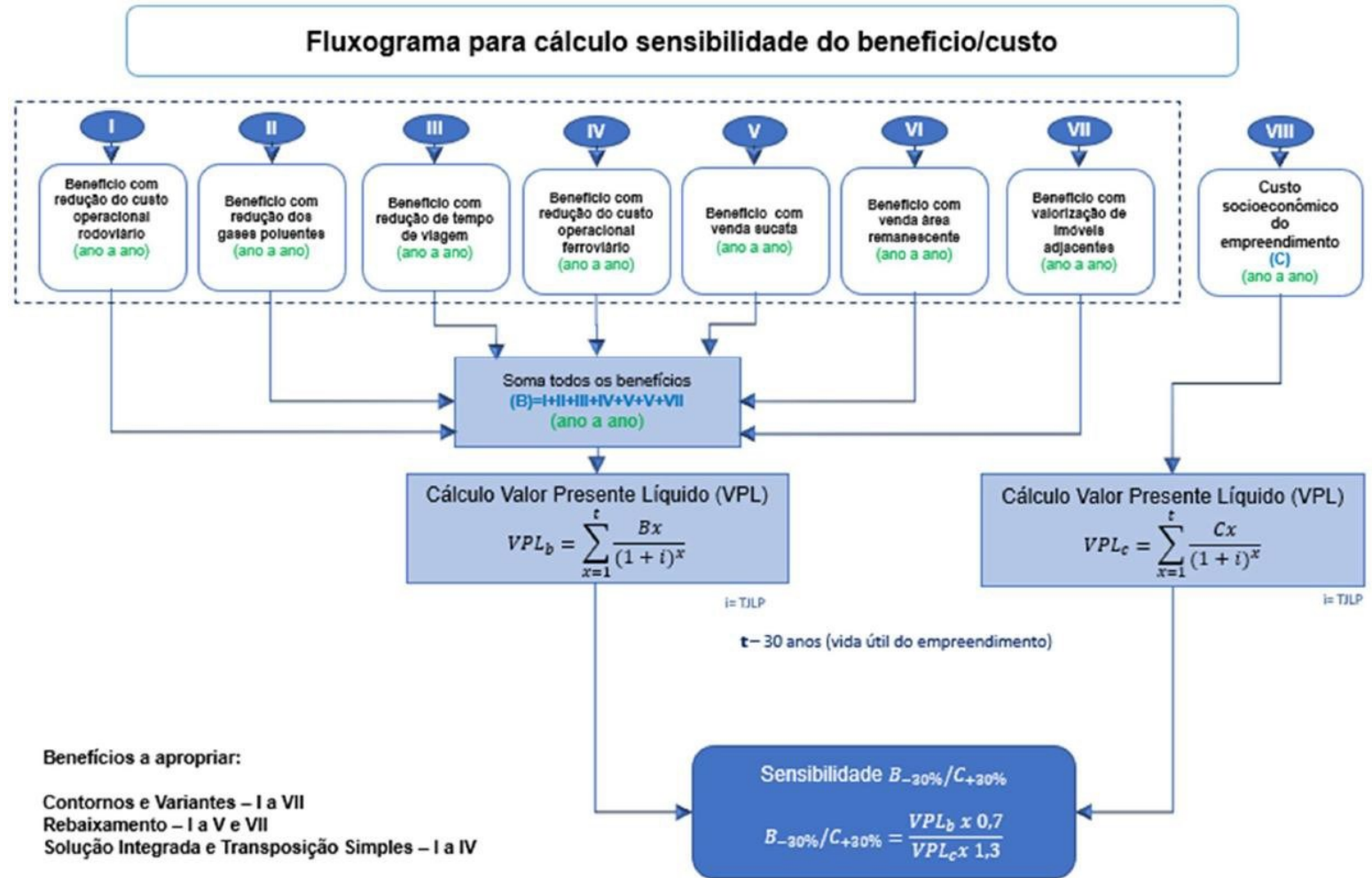
Figura 33- Diagrama do indicador Avaliação Estratégica



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do PROSEFER

O item Análise de sensibilidade calcula a relação Benefício/Custo (B/C) do empreendimento, com incremento de 30% no valor presente dos Custos de implantação e decréscimo de 30% no valor presente dos Benefícios, de forma a avaliar a capacidade do empreendimento de suportar possíveis riscos econômicos. O cálculo dessa variável é exibido no fluxograma da Figura 34.

Figura 34 - Fluxograma para cálculo da sensibilidade do benefício/custo



Fonte: Recorte do Relatório de Atualização do PROSEFER- Metodologia (2019)

Verifica-se que para Contornos e Variantes, solução indicada para o estudo de caso do presente trabalho (Empreendimento Curitiba), são apropriados os benefícios de I a VII, relacionam-se:

- Benefício com redução do custo operacional rodoviário;
- Benefício com redução dos gases poluentes;
- Benefício com redução do tempo de viagem;
- Benefício com redução do custo operacional ferroviário;
- Benefício com venda de sucata;
- Benefício com venda das áreas remanescentes;
- Benefício com valorização dos imóveis adjacentes.

Nesse viés, o presente trabalho objetiva propor a inclusão de mais uma variável no cálculo da sensibilidade Benefício/Custo utilizada na metodologia do PROSEFER, o Benefício com redução dos custos advindos de acidentes rodoferroviários. A inserção dessa parcela significativa na fórmula eleva a relação B/C, por conseguinte, aumenta a capacidade do empreendimento em suportar riscos, assim como a atratividade do projeto para empresários e investidores.

De acordo com Wosniacki (2014), obras de segregação ou proposição de alternativas para passagens em nível críticas, assim como melhorias nas características físicas da via e/ou implantação/substituição de equipamentos de proteção promovem uma série de benefícios socioeconômicos, dentre eles:

- Redução do número de acidentes e vítimas;
- Redução do tempo de obstrução das vias, sobretudo da férrea;
- Redução do consumo de combustíveis e de emissão de gases;
- Redução do custo de guarita;
- Valoração imobiliária;
- Benefício da venda de áreas ferroviárias remanescentes e trilhos.

Inter-relacionando os benefícios de I a VII elencados no cálculo da análise benefício/custo do PROSEFER com os ganhos abordados na monografia de Wosniacki (2014), constata-se que o único fator que não tem correspondente na metodologia de cálculo é o primeiro, ou seja, o benefício oriundo da redução do número de acidentes e vítimas.

No Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA, para a solução dos conflitos ferroviários em Curitiba/PR e Região Metropolitana, essa variável, redução dos acidentes de trânsito, é inserida na definição e cálculo dos benefícios diretos (EGIS, 2017). Destaca-se, dessa maneira, o peso dessa parcela na apuração dos benefícios, uma vez que se

trata de um benefício direto em uma ferrovia com muitas passagens em nível em um trecho muito urbanizado.

Para avaliação dos custos decorrentes de acidentes, o EVTEA compara os custos do sistema de transportes para as cargas transportadas pela Nova Ferroeste (contorno ferroviário) com o sistema de transportes para as cargas na configuração atual, utilizando os padrões de custos descritos no Manual de Custos Externos de Transportes. Os valores atribuídos para esses custos foram:

Caminhão Pesado – 5,41 R\$Cent/TKU

Ferrovia (Diesel) – 0,28 R\$Cent/TKU

Hidrovia (Navegação interior) – 0,26 R\$Cent/TKU

Verifica-se uma diferença significativa entre o custo de acidentes do transporte ferroviário em relação ao do modal rodoviário, refletindo num impacto positivo pela implementação dos novos trechos ferroviários. Projetando-se as quantidades de transporte de cargas em termos de Toneladas por quilômetro útil (TKU) tanto para os deslocamentos por rodovia como por ferrovia, estima-se o custo dos acidentes para cada um dos casos e, por meio da comparação entre ambos pela diferença, se obtém a redução total do custo com acidentes (CONSÓRCIO TPF SENER, 2020).

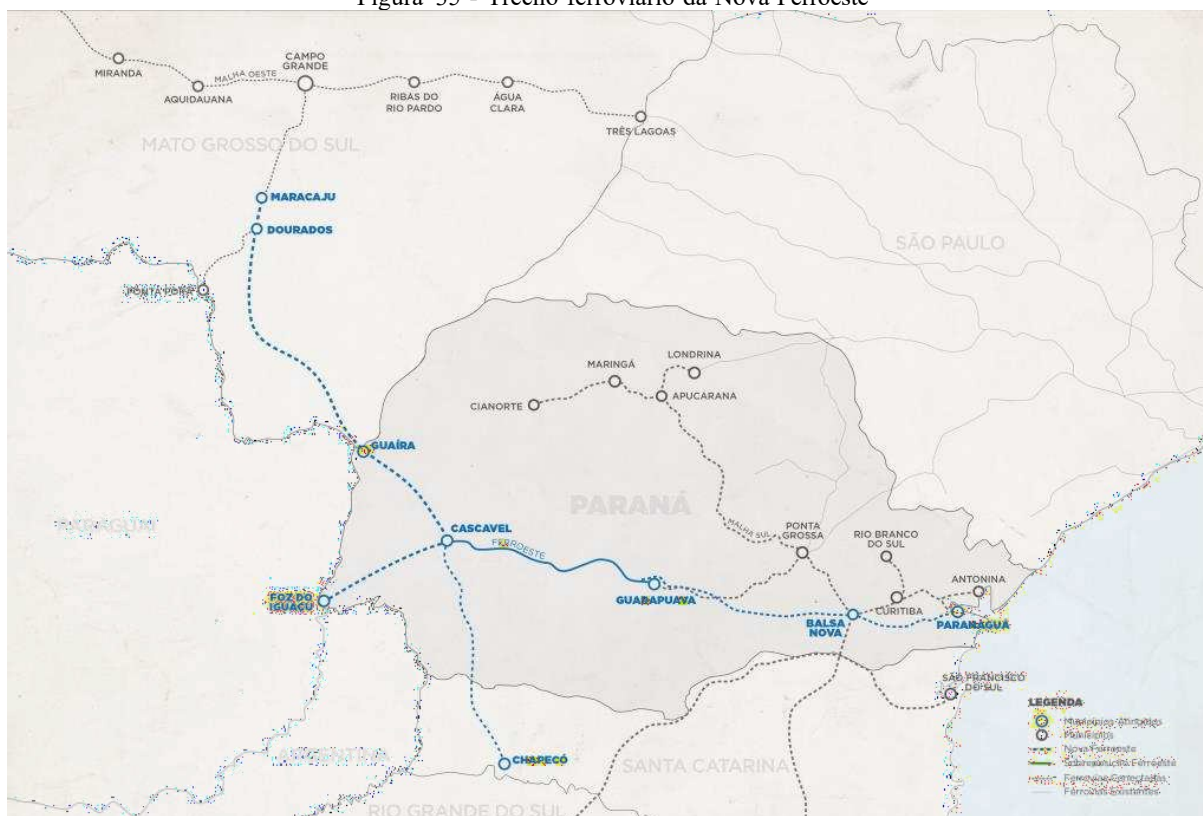
O presente estudo, por sua vez, busca avaliar o benefício com a redução de acidentes nas passagens em nível, ou seja, de forma mais específica propõe a inclusão de um item no método de avaliação dos benefícios socioeconômicos advindos da construção do contorno.

4.2. NOVA FERROESTE

A Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A – Ferroeste, denominada no passado de “Ferrovia da Soja” e “Ferrovia da Produção”, teve sua construção iniciada em 15 de março de 1991, advinda de uma parceria entre o governo paranaense e o Exército Brasileiro. A concessão da empresa é para a construção e operação de uma ferrovia entre Guarapuava, Estado do Paraná, e Dourados no Mato Grosso do Sul. O primeiro trecho já implantado foi de Guarapuava a Cascavel, totalizando 248,6 quilômetros. Seus trens escoam, anualmente, aproximadamente 1,5 milhão de toneladas em grãos, farelos e contêineres ao Porto de Paranaguá, litoral do estado (FERROESTE, 2022).

A Nova Ferroeste, também denominada de Corredor Oeste de Exportação, tem seu trecho principal projetado entre os municípios de Maracaju/ MS e Paranaguá/PR e um ramal entre Foz do Iguaçu/PR e Cascavel/PR. Com 1.304 km de extensão, o projeto visa revitalizar o trecho existente da Ferroeste, construir uma nova ferrovia entre Cascavel e Maracaju e outra entre Guarapuava e Paranaguá. O traçado, ilustrado na Figura 35, interceptará 49 municípios, sendo oito no Mato Grosso do Sul e 41 no Estado do Paraná (FIPE, 2021).

Figura 35 - Trecho ferroviário da Nova Ferroeste



Fonte: NOVA FERROESTE (2021)

A Nova Ferroeste ao ligar o Porto de Paranaguá até Maracaju oferece um modo adequado e eficiente para o transporte de produtos do Oeste do Paraná, Mato Grosso do Sul e Paraguai, além de contribuir para a resolução de gargalos existentes no transporte de cargas por ferrovias. Tem o potencial de impactar 9 milhões de brasileiros, de se tornar o segundo maior corredor de exportação de grãos e contêineres por volume de carga do Brasil e afetar 3% do PIB nacional (NOVA FERROESTE, 2020).

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental - EIA do Corredor Oeste de Exportação, realizado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (2021), essa grande

obra do modal ferroviário do Paraná e Mato Grosso do Sul tem como objetivos sociais, econômicos e técnicos:

- Criação de um corredor de exportação-importação que beneficia mais de 400 municípios;
- Nova infraestrutura ferroviária que liga dois polos, as regiões produtoras do Paraná e Mato Grosso do Sul às estruturas portuárias de Paranaguá;
- Promover o desenvolvimento em bases sustentáveis;
- Reduzir o tráfego de veículos de carga na BR-163 e BR-277;
- Desenvolver a multimodalidade no transporte de cargas, reduzindo custos e perdas;
- Contribuir para a competitividade do porto de Paranaguá.

Devido à grande extensão do traçado da Nova Ferroeste e a diferentes características de estado de conservação ambiental, relevo, riqueza faunística, cobertura vegetal, entre outros fatores, esse foi dividido em cinco trechos, explanados na Figura 36. O trecho existente entre Cascavel e Guarapuava, alvo de uma requalificação, atualmente está em operação pela Ferroeste.

Figura 36 - Divisão da Nova Ferroeste em trechos



Fonte: FIPE (2021)

O trecho em azul de número IV – Guarapuava a São José dos Pinhais será o objeto de estudo deste trabalho, uma vez que engloba a Região Metropolitana de Curitiba com suas 80 Passagens em Nível, as quais ocasionam congestionamentos e riscos à segurança da população, ou seja, interferem diretamente no tráfego local. O trecho analisado apresenta 335,74 quilômetros de extensão, constituindo-se no segundo maior segmento da ferrovia conforme Tabela 2. No caso, verifica-se uma média de 4,2 km entre duas Passagens em Nível.

Tabela 2 - Extensão dos trechos da Nova Ferroeste

Trecho	Extensão (km)
I – Maracaju a Cascavel	501,77
II – Foz do Iguaçu (Santa Terezinha de Itaipu) a Cascavel	165,55
III – Cascavel a Guarapuava	230,40
IV – Guarapuava a São José dos Pinhais	335,74
V – São José dos Pinhais a Paranaguá	57,61
Total	1.291,06

Fonte: FIPE (2021)

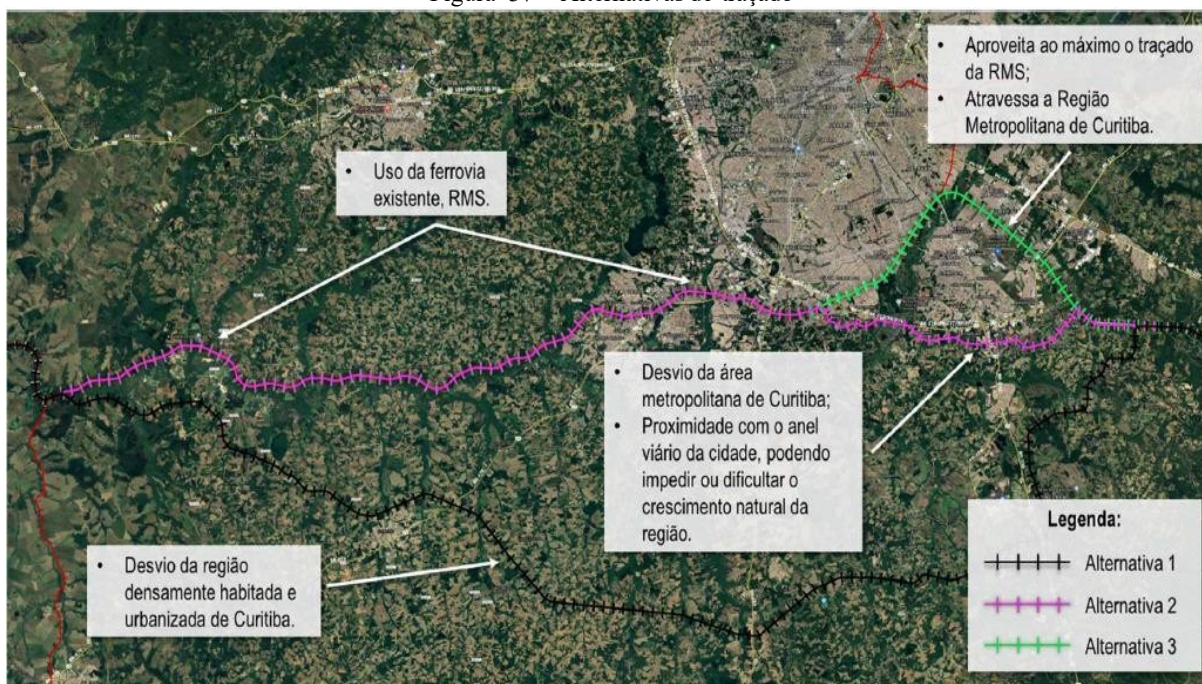
O traçado mostrado na Figura 36 é preliminar, haja vista que o Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico (EVTEA-J), o qual tem o propósito de analisar a demanda e avaliar a melhor alternativa de traçado, está em andamento. O EVTEA contempla a análise de viabilidade do empreendimento, momento em que é elaborado o anteprojeto de engenharia para o desenvolvimento da melhor solução técnica da alternativa selecionada, assim como são definidos os principais componentes da obra. Ele é dividido em quatro fases, quais sejam: I-Relatório de programação; II-Estudos Preliminares; III-Estudos Definitivos e IV- Consolidação do EVTEA-J. As duas primeiras fases já foram concluídas, nelas se detalhou o gerenciamento do estudo e se iniciou o estudo de demanda e de traçado. Nas próximas etapas serão realizadas a análise e ajuste do traçado preliminar e a produção do relatório final (CONSÓRCIO TPF SENER, 2020).

No segmento que engloba a Região Metropolitana de Curitiba, o EVTEA-J apresenta três alternativas de traçado com diferentes características e extensões. A escolha deve levar em conta que o número de pares de trens que circulam por dia aumentará muito, dado o potencial de carga estimado no estudo de demanda e que a extensão do trem-tipo contará com maior número de vagões. Esses fatores podem elevar o número de acidentes ferroviários em Curitiba, tema já bastante presente no âmbito logístico do Paraná, assim como aumentar filas e congestionamentos.

Do Mato Grosso do Sul sentido Paraná, as três alternativas coincidem até o município de Balsa nova. Após a alternativa 01, desenvolve-se ao sul de Curitiba, não a interceptando, ao passo que os outros dois caminhos interceptam a cidade, em maior ou menor proporção. A alternativa 03 é a que mais aproveita a ferrovia já existente, entretanto cruza região altamente urbanizada, inviabilizando-a pelos motivos acima elencados, somado ao risco associado à desapropriação em áreas urbanas. A segunda alternativa também utiliza a ferrovia existente até

o município de Curitiba, onde desvia da Região metropolitana, no entanto fica próxima ao anel viário, podendo dificultar o crescimento natural da região. Os possíveis trajetos são ilustrados na Figura 37.

Figura 37 - Alternativas de traçado



Fonte: Consórcio TPF SENER (2021).

Para a escolha da melhor alternativa, foi utilizada a mesma metodologia de priorização do PROSEFER, a avaliação hierárquica através de matrizes de correlação (AHP), em conjunto com a Combinação Linear Ponderada (CLP), adotando 35 variáveis agrupadas em 5 dimensões. Dessa forma, por meio da robusta base de dados ambientais e de infraestrutura, do mapeamento das zonas de tráfego e dos polos de carga, dos planos diretores e de expansão da infraestrutura urbana dos municípios interceptados, de visitas de campo, assim como da análise multicritério, o estudo concluiu que a alternativa 01 é a melhor para este Consórcio.

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Tomas L. Saaty no início da década de 70, é o método mais amplamente utilizado e conhecido na tomada de decisão e resolução de conflitos que envolvem múltiplos critérios. Baseado no método newtoniano e cartesiano de pensar, problemas complexos são decompostos e divididos em fatores até o nível mais baixo, de forma que sejam claros e dimensionáveis para o estabelecimento de relações sintetizáveis (BARROS; MARINS; SOUZA, 2009).

Segundo Costa (2002), o método se baseia em três etapas do pensamento analítico, quais sejam: construção de hierarquias; definição de prioridades e consistência lógica. Na primeira etapa o problema é estruturado em níveis hierárquicos, de forma a facilitar a compreensão e avaliação do mesmo. Em seguida, julgam-se os pares de elementos de um nível de hierarquia, compondo matrizes de julgamento por meio da escala numérica proposta por Saaty, a qual varia de 1 a 9 e está representada na Tabela 3. Na última etapa, calcula-se o índice de consistência das relações estabelecidas.

Tabela 3 - Escala de Julgamentos de Importância do Método AHP

Intensidade de importância	Definição	Significado
1	Importância igual	Dois critérios/alternativas contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância levemente forte sobre a outra	A contribuição de um dos critérios/alternativas é levemente superior à do outro
5	Importância forte	Um critério/alternativa é fortemente favorecido em comparação com o outro
7	Importância muito forte	Um critério/alternativa é favorecido muito fortemente sobre o outro
9	Importância absoluta	A importância/preferência de um critério/alternativa domina em absoluto o outro
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos	Valores utilizados quando o julgamento está entre dois valores ímpares
Recíprocos	Se a alternativa i tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9, quando comparada com a atividade j , então j tem o valor recíproco quando comparado com i .	
Racionais	Proporção que surgem na escala	Se consistência tiver que ser forçada para obter n valores numéricos para completar a matriz

Fonte: SAATY (1980).

No presente estudo de caso, a matriz de hierarquização foi obtida por meio dos seguintes critérios: Econômico; Técnico; Ambiental e Social, os quais são subdivididos em subcritérios socioambientais. Os subcritérios são apresentados e definidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Definição de Critérios e Subcritérios Socioambientais

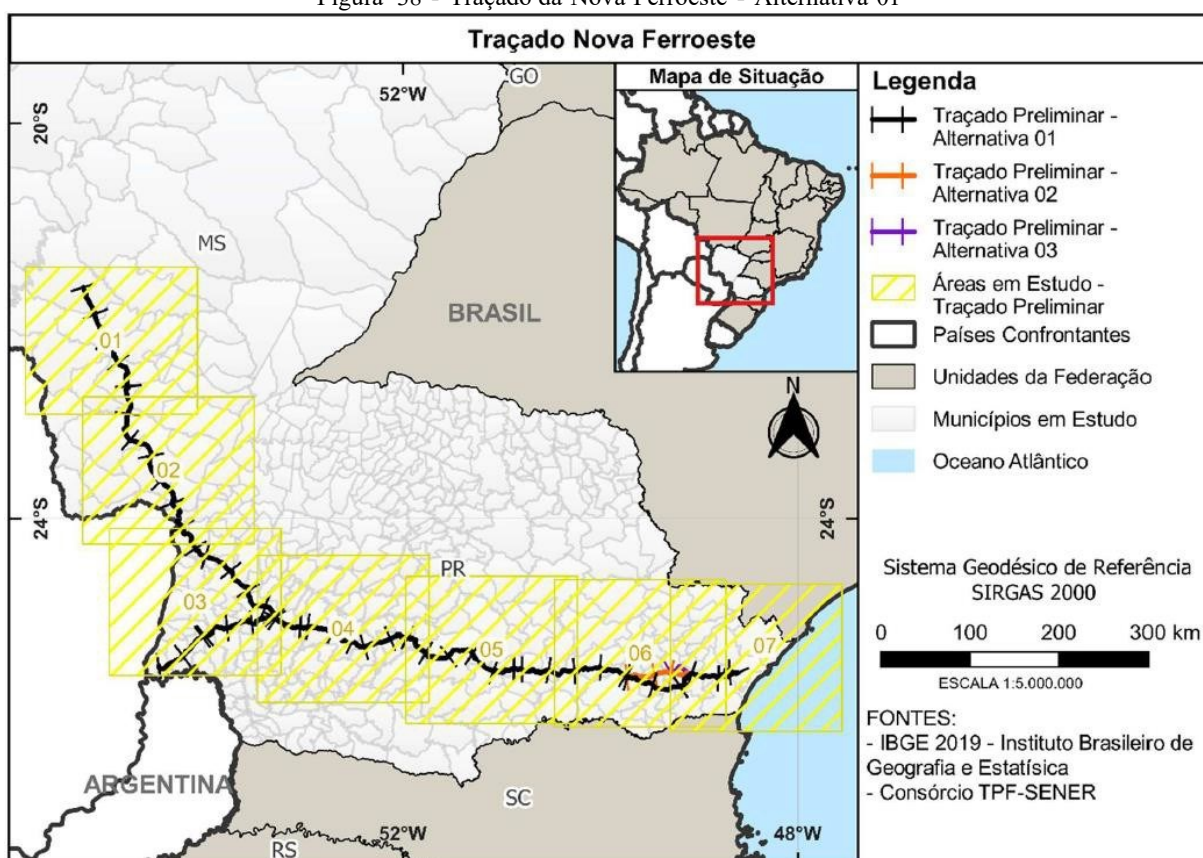
Critério	Subcritério	Definição
Econômico	Custo linear	Custo médio linear para a implantação de uma ferrovia
Técnico	Extensão	Extensão da ferrovia em quilômetros
	Declividade	Considerado relevo plano (0 – 3%) e suave ondulado (3 – 8%)
	Cruzamento das principais rodovias	Identificadas as principais rodovias devido a necessidade de obras de arte especiais
	Cruzamento dos principais cursos de água	Identificados os principais cursos de água devido a necessidade de obras de arte especiais
Ambiental	Cavidades naturais subterrâneas	Identificadas em um buffer de 250 m a partir do eixo da ferrovia
	Direitos minerários com concessão de lavra	Identificados em um buffer de 100 m a partir do eixo da ferrovia
	Mananciais atuais e futuros	Considerada a interceptação na área do manancial
	Unidades de Conservação de Proteção Integral	Identificadas em um buffer de 10 km a partir do eixo da ferrovia
	Unidades de Conservação de Uso Sustentável	Identificadas em um buffer de 10 km a partir do eixo da ferrovia
	Zonas de amortecimento das Unidades de Conservação	Quando não foi identificada a delimitação em Plano Diretor considerou-se o buffer de 3 km
	Supressão da vegetação	Estimativa de quantitativo a ser suprimido com base nas imagens de alta resolução
	Assentamentos agrários	Considerada a interceptação na área do assentamento
	Terras indígenas	Considerada a Portaria Interministerial nº 60/2015. Distância adotada: 5 km
	Terras quilombolas	Considerada a Portaria Interministerial nº 60/2015. Distância adotada: 5 km
	Sítios arqueológicos	Considerada a faixa de domínio (buffer de 40 m a partir do eixo da ferrovia)
Social	Municípios	Número de municípios interceptados pela ferrovia
	Núcleos Urbanos (baixa densidade)	Proximidade aos núcleos urbanos. Buffer considerado: 1000 m para dispersão de ruídos
	Núcleos Urbanos (alta densidade)	Proximidade aos núcleos urbanos. Buffer considerado: 1000 m para dispersão de ruídos
	Cruzamento das principais rodovias	Conflito pedestre/veículo x ferrovia (risco de acidentes)

Fonte: FIPE (2021)

Portanto, atribuindo pesos para os critérios por meio da escala estabelecida por Saaty e gerando matrizes de julgamento para os subcritérios, as alternativas locais da ferrovia

foram hierarquizadas. A alternativa que desvia da região densamente urbanizada e habitada de Curitiba, alternativa 01, apresentou um grau de prioridade superior as demais. O traçado proposto pelo Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico para a fase definitiva é apresentado no mapa da Figura 38.

Figura 38 - Traçado da Nova Ferroeste - Alternativa 01



Fonte: EVTEA-J (2017).

4.2.1. ESTUDO DE CASO

O presente capítulo apresenta o estudo de caso desse trabalho, o Empreendimento Curitiba, capital do estado do Paraná, a qual concentra o quinto maior PIB dos municípios brasileiros, caracterizado pela exportação com grandes fábricas e indústrias automobilísticas, além de importante refinaria de petróleo. No perímetro urbano desse empreendimento existem 80 Passagens em nível, as quais interferem diretamente no tráfego local, ocasionando transtornos, congestionamentos, e diversos riscos à segurança, além de contribuir para o maior

Índice de Prioridade do PROSEFER, de forma que Curitiba ocupa a primeira posição no ranking de priorização dos empreendimentos (DNIT, 2019).

Curitiba é seccionada por um dos principais corredores de exportação da malha sul sob operação da Rumo Logística, de forma que conecta a região produtora de grãos agrícolas para exportação do estado do Paraná e sul do Mato Grosso ao porto de Paranaguá. Já no sentido de importação, predominam os fertilizantes do porto para as regiões produtoras e cimento, proveniente do pátio do Iguaçu. Outro insumo que também tem grande importância são os combustíveis, gerados (derivados de petróleo) ou recebidos (álcool) no terminal ferroviário de Araucária, próximo a Refinaria Getúlio Vargas (REPAR) (EGIS, 2017).

Na Tabela 5 são apresentadas premissas básicas e características técnicas e operacionais da ferrovia tramo OESTE. Os estudos relativos ao Ramal Oeste visam eliminar conflitos com a cidade de Curitiba e Região Metropolitana, quer sejam viários, devido a presença de dezenas de passagens em nível, quer pelo desconforto ambiental para a população, haja vista que as composições férreas produzem considerável nível de ruído (EGIS, 2017).

Tabela 5 - Premissas básicas e características técnicas da ferrovia tramo Oeste

PLANTA	
Bitola	1,00 m
Velocidade diretriz	60 km/h
Raio mínimo	312,50 m
Comprimento das curvas de transição	Lc = 60 m - (R < 800)
	Lc = 40 m - (800 ≤ R < 1600)
	Lc = 0m - (R ≥ 1600)
Desenvolvimento mínimo	30 m
Tangente mínima	30 m
PERFIL	
Rampa máxima (Exportação / Importação)	1,50 / 1,80%
Rampa no pátio	0,20%
Raio mínimo vertical (Côncava/Convexa)	20.300 / 15.000 m
Extensão mínima de rampa	1.300,00 m
SEÇÃO	
Entrevia	4,25 m
Superelevação máxima	100 mm
Declividade transversal da plataforma	3,00%
Plataforma (Via singela)	7,00 m
Plataforma (Via dupla)	11,30 m

Fonte: EGIS (2017)

Na atualização do PROSEFER, após a exclusão de alguns empreendimentos, chegou-se à conclusão de que para o Empreendimento Curitiba a solução indicada é o Contorno.

Como citado na parte introdutória deste trabalho, o Empreendimento Curitiba encabeça a lista de classificação dos 83 empreendimentos analisados no PROSEFER de acordo com o índice de priorização do estudo. Além desta lista, Curitiba lidera outras relações derivadas dos dados de entrada, quais sejam: classificação pelo custo de implantação do empreendimento e classificação pelo número de passagens em nível eliminadas. Na Tabela 6 e Tabela 7 são apresentados recortes dessas duas listas derivadas.

Tabela 6 - Recorte da lista de classificação pelo custo de implantação do empreendimento

Class	IPP	Empreendimento	UF	Tipo de Empreendimento	Situação	Valor	Concessionária
65	0,449	Aguai	SP	Contorno	Não iniciado	R\$78.423.054,12	FCA
66	0,436	Pelotas	RS	Contorno	Não iniciado	R\$81.247.226,02	RMS
67	0,510	Sobral	CE	Contorno	Não iniciado	R\$85.586.245,35	FTL
68	0,540	Betim	MG	Solução Integrada	Executivo aprovado	R\$139.089.164,23	FCA
69	0,383	Montes Claros	MG	Contorno	Não iniciado	R\$142.673.591,14	FCA
70	0,463	Apucarana	PR	Contorno	Executivo aprovado	R\$146.767.139,88	RMS
71	0,289	Cornélio Procópio	PR	Contorno	Não iniciado	R\$162.766.345,09	RMS
72	0,449	Santos Dumont	MG	Contorno	Executivo em andamento	R\$213.913.603,51	MRS
73	0,448	Patrocínio	MG	Contorno	Executivo em andamento	R\$218.628.208,86	FCA
74	0,452	São Francisco do Sul	SC	Contorno	Executivo em andamento	R\$255.819.561,59	RMS
75	0,531	Joinville	SC	Contorno	Executivo em andamento	R\$281.264.183,00	RMS
76	0,489	Divinópolis	MG	Contorno	Executivo aprovado	R\$316.531.205,45	FCA
77	0,335	Ourinhos	SP	Contorno	Executivo aprovado	R\$318.935.064,72	RMS
78	0,504	Itaúna	MG	Contorno	Executivo aprovado	R\$328.413.578,08	FCA
79	0,440	Aparecida	SP	Variante	Não iniciado	R\$425.218.915,51	MRS
80	0,518	Jaraguá do Sul	SC	Variante	Não iniciado	R\$504.230.283,51	RMS
81	0,484	São José do Rio Preto	SP	Variante	Básico em andamento	R\$714.133.972,07	RMP
82	0,529	Arapongas	PR	Variante	Não iniciado	R\$1.498.713.715,43	RMS
83	0,739	Curitiba	PR	Contorno	EVTEA aprovado	R\$2.318.018.849,85	RMS

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 7 - Recorte da lista de classificação pelo número de passagens em nível eliminadas

Class	IPP	Empreendimento	UF	Tipo de Empreendimento	Valor	N° de PNs [*] eliminadas	Concessionária
1	0,739	Curitiba	PR	Contorno	R\$2.318.018.849,85	80	RMS
2	0,529	Arapongas	PR	Variante	R\$1.498.713.715,43	49	RMS
3	0,518	Jaraguá do Sul	SC	Variante	R\$504.230.283,51	48	RMS
4	0,531	Joinville	SC	Contorno	R\$281.264.183,00	29	RMS
5	0,463	Apucarana	PR	Contorno	R\$146.767.139,88	19	RMS
6	0,540	Betim	MG	Solução Integrada	R\$139.089.164,23	17	FCA
7	0,440	Aparecida	SP	Variante	R\$425.218.915,51	17	MRS
8	0,510	Sobral	CE	Contorno	R\$85.586.245,35	16	FTL
9	0,484	São José do Rio Preto	SP	Variante	R\$714.133.972,07	16	RMP
10	0,504	Itaúna	MG	Contorno	R\$328.413.578,08	15	FCA
11	0,452	São Francisco do Sul	SC	Contorno	R\$255.819.561,59	13	RMS
12	0,489	Divinópolis	MG	Contorno	R\$316.531.205,45	12	FCA
13	0,448	Patrocínio	MG	Contorno	R\$218.628.208,86	11	FCA
14	0,383	Montes Claros	MG	Contorno	R\$142.673.591,14	11	FCA
15	0,289	Cornélio Procopio	PR	Contorno	R\$162.766.345,09	10	RMS

Fonte: DNIT (2019)

Nota-se que Curitiba apresenta uma grande diferença no índice analisado quando comparado com o segundo lugar da lista, quer seja no custo de implantação, no número de passagens em nível eliminadas ou no índice de priorização. Essa disparidade denota a urgência de intervenção nessa região crítica, a qual impactará significativamente na segurança e qualidade de vida dos moradores, assim como refletirá em ganhos operacionais para a ferrovia.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS OBTIDOS

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica dos principais métodos de previsão de acidentes utilizados para avaliação da segurança das passagens em nível, assim como define qual formulação será utilizada no presente estudo. Ainda nesse capítulo são apresentadas as fontes de dados, a aplicação do método com posterior análise e discussão dos resultados, assim como soluções e alternativas para a redução do índice de acidentes nos cruzamentos em nível.

5.1. MÉTODO

Conforme citado, o presente estudo objetiva avaliar o impacto da retirada das passagens em nível no desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, sob os aspectos econômico e de segurança, assim como propor a inclusão do tópico “Benefício com redução dos custos advindos de acidentes rodoferroviários” no cálculo da análise de sensibilidade na metodologia de priorização dos empreendimentos do PROSEFER. Para tal finalidade, esta seção foca em métodos disponíveis para mensurar o impacto econômico da redução do número de acidentes nos cruzamentos, de forma a estimar perdas econômicas, assim como métodos de avaliação de riscos.

Da mesma forma que o estudo de Jonsson e Björklund (2015), para a estimar o custo marginal dos acidentes primeiro se faz necessário o cálculo da probabilidade de ocorrências de acidente.

5.1.1. MODELOS DE PREVISÃO DE ACIDENTES – ÍNDICES DE RISCO

Segurança nas passagens em nível permanece sendo um dos tópicos mais críticos para as ferrovias, apesar do foco crescente na melhoria de práticas de projetos e aplicações. Acidentes em cruzamentos em nível na Europa somam cerca de um terço de todos os acidentes ferroviários e resultam em mais de 300 mortos por ano. Alguns dos fatores que tornam a avaliação de risco das passagens em nível uma tarefa tão desafiadora são: a complexidade das operações ferroviárias, as causas não determinísticas dos acidentes e a falta de análises estatísticas completas baseadas em dados de acidentes (LIANG *et al*, 2018).

Neste tópico do trabalho foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre métodos de previsão de acidentes nas passagens em nível, de forma a selecionar o modelo de previsão que mais se adeque aos objetivos do trabalho. São apresentadas quatro formulações: a fórmula de Peabody-Dimmick, o índice de risco israelense, o índice de New Hampshire e o modelo de previsão de acidentes do USDOT.

5.1.1.1. FÓRMULA DE PEABODY DIMMICK

Em 1941, foi desenvolvido, por L. E. Peabody e T. B. Dimmick, um dos primeiros modelos de previsão de acidentes rodoferroviários, o qual visa estimar o número de acidentes

em passagens em nível em 5 anos, chamada fórmula de Peabody-Dimmick. Essa equação foi desenvolvida tomando por base dados de 3.563 cruzamentos rodoferroviários de vias rurais de 29 estados americanos e foi amplamente utilizada na década de 1950. A fórmula é demonstrada abaixo (TUSTIN *et al.*, 1986).

$$A_5 = \frac{1.28 \times (V^{0.170} \times T^{0.151})}{p^{0.171}} + K \quad (1)$$

Onde,

A_5 – Número de acidentes esperado em 5 anos;

V – volume de tráfego veicular diário;

T – volume de tráfego ferroviário diário;

K – parâmetro adicional;

p – coeficiente de proteção baseado no dispositivo de sinalização do cruzamento.

5.1.1.2. ÍNDICE DE RISCO ISRAELENSE

Levando em conta quatro características dos cruzamentos ferroviários para lidar com acidentes nas travessias israelenses, país que conta com 206 passagens em nível em operação (1 para cada 2,6 km de malha férrea), sem contar as de uso exclusivo de pedestres, foi proposta uma equação de cálculo do índice de risco (HI). Tais características foram: categoria do dispositivo de aviso/sinalização, volume de tráfego de veículos, volume de tráfego de trens e condições de visibilidade. No método proposto o índice de risco considerando cada atributo da travessia deve ser calculado separadamente e, por fim, inter-relacionados por meio da fórmula abaixo (GITELMAN; HAKKERT, 1997):

$$HI^{A...L} = \frac{1}{\binom{n}{N}^{l-1}} [HI^A * HI^B \dots * HI^L] \quad (2)$$

Onde,

$HI^A \dots HI^L$ – correspondentes índices de riscos empíricos para certos valores de características A...L, obtidos separadamente;

n – número de acidentes;

N – número de cruzamentos ativos.

Os valores dos índices de risco (HI) calculados pela fórmula acima são baseados no número de acidentes que ocorreram na prática. Foi mostrado por Hauer (1986) que tais valores, geralmente, não são as melhores estimativas para o número esperado de acidentes. Assim, Hauer propôs a utilização de estimador T, onde T é definido por:

$$T = f(x, E(x), VAR(x)) \quad (3)$$

Este método apoia a estimativa de máxima verossimilhança do número de acidentes esperados para entidades com contagem de acidentes observados x , média amostral $E(x)$ e variância amostral $VAR(x)$. A aplicação do estimador T necessita que a ocorrência dos acidentes satisfaça a uma família de distribuição, incluindo a distribuição de Poisson. (HAUER, 1986).

Por meio das fórmulas supracitadas, a influência dessas características nos cruzamentos em nível é medida. Os modelos existentes (TAGGART *et al.*, 1987; TUSTIN *et al.*, 1986) utilizam de três a trinta fatores para prever o potencial de acidente de um cruzamento.

5.1.1.3. ÍNDICE DE NEW HAMPSHIRE

Outra abordagem comumente utilizada é o método de classificação do índice de risco de New Hampshire. Este é o modelo mais básico para cálculo do índice de risco, o qual consiste no índice de exposição (produto do volume de tráfego de veículo pelo volume de trens) com um ajuste do fator de proteção dependendo o tipo do dispositivo de aviso/sinalização do cruzamento (OGDEN; COOPER, 2019). O índice de risco de New Hampshire é o seguinte:

$$HI = (V) * (T) * (PF) \quad (4)$$

Em que,

HI – valor do índice de risco calculado, quanto maior esse valor, mais perigosa é a passagem de nível;

V – média anual do tráfego de veículos diário (AADT);

T – média diária do movimento de trens no cruzamento (ADTT);

PF - fator de proteção baseado no dispositivo de sinalização do cruzamento.

- = 0.1 para portões de fechamento automático;
- = 0.6 para luzes intermitentes;
- = 0.8 para luzes intermitentes com portões operados manualmente e
- = 1.0 para apenas sinalização.

O modelo de New Hampshire é uma formulação que pode ser utilizada para ranquear a importância de melhoramentos nas passagens em nível. Devido a sua simplicidade, ela foi largamente utilizada nos Estados Unidos. Entretanto, é limitada no sentido de não prever o número esperado de colisões, mas tão somente indicar prioridades em termos de segurança de cruzamentos rodoferroviários (LIANG; GHAZEL; CAZIER; EL-KOURSI, 2018).

A vantagem primária da abordagem da segurança por meio do índice de risco é que ela é facilmente compreendida. Um aumento no volume, quer seja do tráfego rodoviário ou ferroviário no cruzamento, aumenta o risco de uma colisão no local em análise. O risco diminui se mecanismos de proteção mais sofisticados são utilizados (OGDEN; COOPER, 2019).

Outro estudo utilizou a equação de New Hampshire com uma pequena modificação, adicionando um critério de visibilidade. Este é um fator importante em áreas urbanas e responsável por grande parte das colisões. A fórmula com a inclusão dessa variável é a seguinte (HASNAT; HOQUE; ISLAM, 2016):

$$HI = (V) * (T) * (PF) * (VF) \quad (5)$$

Onde,

VF – fator de visibilidade

= 0.5 para boa visibilidade;

= 1 para pouca visibilidade;

= 1.25 para visibilidade muito limitada.

A visibilidade também é um fator utilizado no cálculo do Grau de importância (*Gi*) das passagens em nível na metodologia dos parâmetros de priorização do PROSEFER 2019, demonstrando a importância da inclusão dessa no cálculo do índice de risco. O Grau de importância (*Gi*) é um fator que define o nível de intervenção de uma PN, o qual foi retirado da ABNT NBR 7613:2020 que trata de Travessias Rodoviárias através de via férrea. A linha de corte do PROSEFER é $Gi > 50.000$, valor em que se recomenda a eliminação do cruzamento rodoferroviário. Abaixo desse patamar, é indicado a utilização de sinalização como solução.

O GI é calculado conforme a seguinte equação:

$$Gi = f \times T \times V \quad (6)$$

Onde:

f – fator representativo das condições de visibilidade, localização e trânsito da PN. A tabela de cálculo desse fator é apresentada abaixo;

T - quantidade de trens por dia em ambos os sentidos;

V – volume de veículos rodoviários por dia em ambos os sentidos.

O cálculo do fator representativo das condições de visibilidade, localização e trânsito de cada passagem em nível é realizado mediante Tabela 8 retirada da NBR 7613:2020, considerando as características do trecho ferroviário em questão. Multiplica-se o valor da 2ª coluna pelo respectivo peso de importância na 3ª coluna. A soma de todos esses resultados divididos por 100, corresponde ao valor de f .

Tabela 8 - Cálculo de f

Característica da travessia	Valor	Peso de importância
(1ª coluna)	(2ª coluna)	(3ª coluna)
Visibilidade	Acima de 300 m	2
	(150 a 300) m	3
	Abaixo de 150 m	4
Rampa máxima de aproximação da via pública	Abaixo de 3 %	2
	(3 a 5) %	3
	Acima de 5 %	4
Velocidade máxima autorizada (VMA) do trem ^a	Abaixo de 40 km/h	2
	(40 a 80) km/h	3
Número de vias férreas	Via simples	2
	Via dupla	3
	Via tripla ou mais	4
VMA na via pública ^b	Abaixo de 50 km/h	2
	(50 a 80) km/h	3
Trânsito de ônibus	Até 5 %	2
	(5 a 20) %	3
	Acima de 20 %	4
Trânsito de caminhões	Até 5 %	2
	(5 a 20) %	3
	Acima de 20 %	4
Condições do pavimento ^c	Regular	2
	Irregular	3
	Inexistente	4
Trânsito de pedestres	Até 5 %	2
	(5 a 20) %	3
	Acima de 20 %	4
Iluminação ^d	Eficiente	0
	Insuficiente	3
	Inexistente	4
		Total

Fonte: Recorte da tabela original da ABNT NBR 7613:2020

Verifica-se, diante do exposto, a relevância dessa variável no cálculo do risco e da importância de uma passagem em nível, ratificado pelo maior valor do peso de importância (3ª coluna), peso 10, na aferição do fator representativo das condições de visibilidade, localização e trânsito. Esse peso se torna ainda maior quando somado a última característica da travessia na tabela, a iluminação, fator que influi e se relaciona sobremaneira com a característica da visibilidade.

5.1.1.4. MODELO DE PREVISÃO DE ACIDENTES DO USDOT

O modelo de previsão de acidentes de USDOT foi desenvolvido em meados da década de 1970 no intuito de apoiar um processo abrangente de seleção de projetos de travessias de nível conhecido como Procedimento de Alocação de Recursos Travessias Ferroviárias. Entre os modelos de previsão de acidentes atualmente em uso, esse predomina, no mínimo 19 estados (38 por cento) reportam a utilização desse método para a priorização de suas atividades e investimentos (OGDEN; COOPER, 2019).

A fórmula foi concebida para combinar dois cálculos independentes e produzir um valor da predição de acidentes. A formulação básica realiza uma predição inicial do número de acidentes com base em características da passagem em nível, semelhante as outras metodologias aqui apresentadas (fórmula de Peabody-Dimmick e índice de New Hampshire). O segundo cálculo, por sua vez, utiliza a média histórica de acidentes de um determinado período em um cruzamento para produzir a previsão do número de acidentes. Esse procedimento assume que a quantidade de acidentes por ano no futuro em determinada passagem em nível será a mesma que a taxa histórica média de acidentes ao longo do tempo utilizado no cálculo (TUSTIN *et al.*, 1986).

Mais tarde, foi adicionado um terceiro cálculo que acrescenta uma constante de normalização. Essa é ajustada periodicamente para manter o procedimento em conformidade com as tendências de colisão atuais. Além disso, se desejado, o analista pode prever a frequência anual de acidentes e classificá-los conforme a severidade (acidente fatal, acidente com vítimas ou apenas danos materiais). Assim sendo, para a utilização do modelo de previsão de USDOT são necessários cinco passos básicos, nessa ordem: coletar dados de entrada necessários; gerar frequência de acidentes preliminar estimada; realizar ajuste para histórico de acidentes; aplicar

ajuste da constante de normalização para tendência de acidente e, como etapa opcional, estimar a severidade dos acidentes (OGDEN; COOPER, 2019).

A multiplicação de uma série de fatores e características de uma passagem em nível constitui a formulação da predição de acidentes inicial por ano estudado. A expressão geral da fórmula básica é demonstrada abaixo (FRA, 2014):

$$a = k \times EI \times DT \times MS \times MT \times HL \times HP \quad (7)$$

Em que,

a – Previsão inicial do número de acidentes por ano em um cruzamento rodoferroviário;

k – Constante da fórmula;

EI – Fator para índice de exposição, baseado no produto tráfego rodoviário e ferroviário;

DT – Fator para número de trens durante o dia;

MS – Fator que considera velocidade máxima no cruzamento;

MT – Fator para número de faixas principais;

HL – Fator que considera o número de faixas na rodovia;

HP – Fator para pavimento rodoviário (sim =1 ou não = 2).

Os fatores necessários para a aplicação da fórmula podem ser obtidos por meio da Tabela 9, a depender do tipo do equipamento de proteção e sinalização da passagem de nível.

Tabela 9 - Fatores da formulação inicial

	Tipo de Passagem em Nível			
	Passivo	Luzes intermitentes	Luzes e cancelas	Nova tecnologia
K	.0006938	.0003351	.0005745	.0001915
EI	$\left[\frac{Expose + 0.2}{0.2} \right]^{0.37}$	$\left[\frac{Expose + 0.2}{0.2} \right]^{0.4106}$	$\left[\frac{Expose + 0.2}{0.2} \right]^{0.2942}$	$\left[\frac{Expose + 0.2}{0.2} \right]^{0.2942}$
DT	$\left[\frac{dthru + 0.2}{0.2} \right]^{0.1781}$	$\left[\frac{dthru + 0.2}{0.2} \right]^{0.1131}$	$\left[\frac{dthru + 0.2}{0.2} \right]^{0.1781}$	$\left[\frac{dthru + 0.2}{0.2} \right]^{0.1781}$
MS	$e^{-0.0077 \cdot ms}$	1	1	1
MT	1	$e^{-0.1917 \cdot tracks}$	$e^{-0.1512 \cdot tracks}$	$e^{-0.1512 \cdot tracks}$
HL	1	$e^{-0.1826 \cdot (lanes - 1)}$	$e^{-0.142 \cdot (lanes - 1)}$	$e^{-0.142 \cdot (lanes - 1)}$
HP	$e^{-0.5966 \cdot (paved - 1)}$	1	1	1
Adj	.6768	.4605	.6039	0.6039 · Tech Factor

Fonte: FRA, 2014

Após o cálculo do valor de previsão tendo como base a formulação inicial, procede-se ao cálculo da predição de acidentes final por meio das fórmulas 8 e 9 (FRA, 2014):

$$NA = \frac{(a \times T_0) + N}{T_0 + 5} \times Adj \quad (8)$$

$$T_0 = \frac{1}{0.05 + a} \quad (9)$$

Onde,

N – Número de acidentes nos últimos 5 anos no cruzamento em nível;

NA – Número de acidentes previstos por ano;

Adj – Coeficiente de ajuste;

T_0 – Fator de ponderação da fórmula.

A fórmula provê resultados mais precisos se todo o histórico de acidentes da ferrovia é utilizado. No entanto, a melhora é mínima se são utilizados dados históricos de mais de cinco

anos. Dados mais antigos que cinco anos podem, inclusive, levar a conclusões errôneas devido as mudanças que ocorrem nas características dos cruzamentos ao longo do tempo. Por exemplo, caso tenha ocorrido uma mudança significativa em uma passagem em nível, tal como a instalação de um sistema de sinalização, apenas dados posteriores a essa implantação devem ser utilizados (TUSTIN *et al.*, 1986).

O método de previsão de acidente e gravidade mais aceito e amplamente praticado nos Estados Unidos é o Modelo de Previsão de acidentes e gravidade do USDOT (APS) – Modelo de Previsão e Gravidade de Acidentes. O procedimento geral é calcular o número de acidentes previstos, aloca-los por categoria de gravidade (fatal, feridos e sem vítimas, ou seja, apenas danos à propriedade). Após, atribuindo-se um custo médio para cada nível de gravidade torna-se possível avaliar o custo previsto de colisão em uma passagem em nível específica (BROD *et al.*, 2013).

Para o cálculo da gravidade dos acidentes o método utiliza as seguintes equações (FRA, 2014):

$$KF = 440.9 \quad (10)$$

$$MS = ms^{-0.9981} \quad (11)$$

$$TT = (thru + 1)^{-0.0872} \quad (12)$$

$$TS = (switch + 1)^{0.0872} \quad (13)$$

$$UR = e^{0.3571 \times urban} \quad (14)$$

$$KC = 4.481 \quad (15)$$

$$MS_{CA} = ms^{-0.343} \quad (16)$$

$$TK = e^{0.1153 \times tracks} \quad (17)$$

$$UR_{CA} = e^{0.2960 \times urban} \quad (18)$$

$$FA = \frac{NA}{1 + KF \times MS \times TT \times TS \times UR} \quad (19)$$

$$CA = \frac{NA}{1 + KC \times MS_{CA} \times TK \times UR_{CA}} \quad (20)$$

$$IA = CA - FA \quad (21)$$

$$PA = NA - FA - IA \quad (22)$$

Onde,

ms – Velocidade máxima do trem, em milhas por hora;

thru – Número de trens diretos por dia;

switch – Número de trens com desvio por dia;

urban – Se o cruzamento rodoferroviário é urbano, Urban = 1, se não Urban = 0;

tracks – Número de linhas ferroviários;

NA – Número de acidentes previstos por ano na passagem em nível;

FA – Número de acidentes fatais previstos por ano na passagem em nível;

CA – Número de acidentes com pelos menos um óbito ou ferido por ano na passagem em nível;

IA – Número de acidentes com pelo menos um ferido, mas sem óbitos por ano na passagem em nível;

PA – Número de acidentes com somente danos materiais por ano na passagem em nível.

Considerando a larga utilização, conforme supracitado, assim como o fato de incluir a base histórica para maior solidez dos resultados, o modelo de previsão de acidentes do USDOT foi utilizado para o cômputo dos incidentes nas passagens em nível de Curitiba e Região Metropolitana.

5.2. CUSTO DOS ACIDENTES

De posse do resultado estimado do número de acidentes para o ano em estudo, proceder-se-á ao cálculo do custo total dos acidentes, o qual será o produto do número de acidentes no ano pelo custo esperado de cada acidente.

Acidentes ferroviários podem ter custos significativos, dentre os quais se incluem danos materiais, perda de vidas humanas, lesões e impactos ambientais. Os custos podem variar dependendo da gravidade do acidente, das circunstâncias específicas do incidente, dos danos causados, entre outras variáveis. Além disso, é válido destacar que apesar do estudo buscar

avaliar em termos financeiros a redução com custos de acidentes ferroviários nas passagens em nível da Região metropolitana de Curitiba com a construção de um contorno ferroviário, o custo de um acidente não se resume à pecúnia, uma vez que a perda de vidas e impactos ambientais são fatores significativos e imensuráveis.

Pouco se sabe a respeito da extensão total com custos de ferimentos e consequências na indústria ferroviária. Uma vez que acidentes e danos diferentes causam consequências humanas e econômicas diferentes, estimativas cada vez mais detalhadas dos custos são necessárias para subsidiar a alocação de recursos da segurança ferroviária, assim como analisar o benefício-custo das propostas de intervenção de segurança (MILLER; DOUGLASS; PINDUS, 1994).

De acordo com o relatório 755 do Programa Nacional Cooperativo de Pesquisa Rodoviária de 2013 (BROD *et al.*, 2013), intitulado de Custos Abrangentes das Colisões em Cruzamentos Rodoferroviários, foram identificados os principais componentes dos acidentes nas passagens em nível, categorizados em seis tópicos:

1. Categoria dos acidentes;
2. Categoria das vítimas;
3. Categorização dos componentes do custo;
4. Custos diretos, excluídos danos materiais;
5. Estimativas de custos do quanto os indivíduos estão dispostos a pagar para reduzir o risco de serem mortos ou feridos;
6. Custos de danos materiais.

Com relação aos componentes do custo, o estudo os divide em dois grandes grupos em função do efeito: primário e secundário. Efeitos primários ocorrem no sítio de colisão e incluem os acidentes com vítimas fatais ou não e seus custos relacionados, assim como danos ao patrimônio (veículos rodoviários, equipamentos ferroviários e infraestrutura). Os efeitos secundários estão associados a cadeia de suprimentos e interrupções nos negócios. Existem também os efeitos associados a acidentes catastróficos raros. Em suma, o impacto descreve como cada componente do custo afeta a sociedade (diretamente, indiretamente ou intangivelmente), o processo por meio do qual o impacto é percebido ou abordagem adotada para avaliar o custo, no caso de eventos catastróficos raros. A Tabela 10 apresenta a taxonomia resumida dos componentes de custos de acidentes em passagem em nível identificados por meio de revisão bibliográfica e agrupados em efeitos primários e secundários (BROD *et al.*, 2013).

Tabela 10 - Taxonomia dos componentes de custos de colisão em passagem em nível

Taxonomia dos componentes de custo de colisão em passagem em nível		
Efeito	Impacto	Componente do custo
Primário	Direto	Danos a propriedade (veículos rodoviários, equipamento ferroviário e infraestrutura)
		Outros custos diretos
	Indireto	Perda de produtividade relacionada ao trabalho
		Prejuízo fiscal
	Intangível	Qualidade de vida
		Dor e sofrimento
Custo ambiental		
Secundário	Cadeia de suprimentos e interrupção dos negócios	Custos de redirecionamento
		Perda de vendas
		Custos de prevenção
		Deterioração do estoque
		Atrasos de carga e passageiros
		Confiabilidade no transporte de carga e de passageiros
		Aumento de estoque

Fonte: Brod *et al.* (2013)

Devido à dificuldade na obtenção de uma base de dados consistente com relação aos componentes de custo de efeito secundário, o presente estudo calcula o custo global dos acidentes por passagem em nível considerando apenas os efeitos primários. O relatório 755 enuncia que alguns custos intangíveis, assim como a maioria dos custos secundários são reconhecidos em teoria, no entanto geralmente não foram avaliados nos estudos de custos de acidentes.

A equação geral do custo dos acidentes é a soma dos custos de efeitos primários e secundários por colisão, multiplicado pelo número previsto de acidentes em cada passagem em nível. As fórmulas dos custos de efeito primário e secundário são calculadas separadamente para cada tipo de gravidade (fatal, feridos e danos somente a propriedade), conforme equação 23 (BROD *et al.*, 2013).

Fórmula Geral do Custo dos Acidentes

$$= \text{Acidentes previstos} \times (\text{Custos de efeitos primários} + \text{Custos de efeitos secundários}) \quad (23)$$

Conforme supracitado, o trabalho levará em conta no cálculo somente os custos associados aos efeitos primários, os quais são computados segundo a equação 24.

$$\begin{aligned}
 & \text{Custos de efeitos primários por acidente} \\
 & = \sum \left(\frac{\text{Número médio de acidentes por nível de gravidade } x}{\text{Custo por acidente}} \right) \quad (24) \\
 & + \text{Estimativa de danos materiais por acidente}
 \end{aligned}$$

Assim sendo, a formulação geral do custo dos acidentes será:

$$\begin{aligned}
 & \text{Fórmula Geral do Custo dos Acidentes} \\
 & = \text{Acidentes previstos } x \left[\sum (\text{Número médio de} \right. \quad (25) \\
 & \text{acidentes com vítimas por nível de gravidade } x \\
 & \left. \text{Custo por acidente}) + \text{Estimativa de danos materiais por acidente} \right]
 \end{aligned}$$

5.2.1. CUSTOS DE EFEITOS PRIMÁRIOS POR ACIDENTE

Verificou-se no relatório 755 de Custos Abrangentes das Colisões em Cruzamentos Rodoferroviários que o primeiro passo na estimativa dos custos seria prever o número de acidentes categorizados em níveis de gravidade por meio da utilização de um modelo externo. O segundo passo a ser aplicado é a estimativa dos custos de efeitos primários. Esses custos são estimados para os três tipos de gravidade dos acidentes: fatal, feridos e somente danos materiais.

Custos relacionados à perda de vidas e ferimentos são calculados usando as medidas da disposição a pagar, ou seja, estima o quanto os indivíduos estão dispostos a pagar para reduzir o risco de serem mortos ou feridos. Nesses são incluídos o capital humano, perda de produtividade e efeitos fiscais associados a pessoas mortas ou feridas nos acidentes. O relatório 755 utiliza o sistema de classificação da NSC (Conselho Nacional de Segurança) e subdivide em três níveis os acidentes com feridos, quais sejam: A para ferimentos graves; B para outros ferimentos visíveis, geralmente indicados pela presença de sangue em uma vítima sem perda de consciência e C para queixa de dor (BROD et al., 2013). A Tabela 11 demonstra a avaliação do custo de prevenção de lesões por nível de gravidade para as colisões nas passagens em nível.

Tabela 11 - Cálculo dos custos nos acidentes com vítimas

Custos dos acidentes com vítimas					
Tipo do acidente	Medição da disposição a pagar	Áreas de impacto abordadas	Componentes do custo	Valor total da prevenção de lesões	
				Valor em Dólar	Fração do VVE
Fatalidade	Valor da Vida Estatística (VVE)	Indiretas e Intagíveis	Perdas de produtividade	6.200.000	1
Ferimento A (grave)	VVE * Fator de incapacidade grave		Perdas fiscais	1.992.000	0,321
Ferimento B (moderado)	VVE * Fator de incapacidade moderada		Dor e sofrimento	291.400	0,047
Ferimento C (leve)	VVE * Fator de incapacidade leve		Qualidade de vida	18.600	0,003

Fonte: Brod et al. (2013)

Para acidentes envolvendo vítimas feridas, mas não fatais, a estimativa é aplicada conforme a equação 25. Nas colisões envolvendo somente danos materiais, a equação é aplicada, porém a componente das vítimas é retirada. Já nos acidentes que envolvem fatalidades, a componente que avalia vítimas se torna igual a soma do número médio de óbitos por acidente fatal multiplicado pelo VVE somado com o número médio de feridos por acidente fatal multiplicado pelo custo por ferido, estimado como uma fração do VVE a depender do grau do ferimento, tudo isso somado a componente que avalia os danos materiais (BROD et al., 2013).

Considerando a limitação da disponibilidade de estudos primários sobre Valor da Vida Estatística no Brasil e a especificidade da base de dados, foi utilizado o mesmo valor empregado nas estimativas do relatório 755 - Custos Abrangentes das Colisões em Cruzamentos Rodoferroviários do Programa Nacional Cooperativo de Pesquisa Rodoviária de 2013, o montante de 6,2 milhões de dólares como valor atribuído a cada fatalidade nos acidentes. O relatório utilizou registros de custos e ferimentos com base na definição do VVE do Departamento de Transporte dos Estados Unidos. O VVE é estabelecido pelo Departamento e atualizado periodicamente de forma a refletir as condições econômicas atuais.

Acidentes fatais geralmente incluem um número de óbitos e feridos em cada um dos três níveis de gravidade (A, B ou C). O mesmo ocorre para os acidentes que envolvem feridos, exceto pelo fato de não haver a presença de óbitos. A capacidade de especificar o número médio de vítimas e extensão dos danos materiais para cada tipo de colisão, em seguida, aplicar os custos unitários, permite uma estimativa mais precisa (BROD et al., 2013). Haja vista a ausência de dados consistentes do número de óbitos e feridos por acidente nas passagens em nível do presente estudo de caso, utilizou-se a base de dados histórica dos acidentes nas passagens em nível da Administração Ferroviária Federal do Departamento de Transporte dos Estados Unidos (FRA, 2014) entre os anos de 2009 a 2011, representada na Tabela 12, considerando que a proporção entre as vítimas e os acidentes se mantenha.

Tabela 12 - Acidentes com vítimas em passagens em nível 2009-2011

Acidentes com vítimas em passagens em nível 2009 - 2011			
Tipo do acidente	Número de ocorrências	Fatalidades	Feridos
Fatal	694	782	320
Feridos	1669	0	2342
Somente danos materiais	3678	0	0
Total	6041	782	2662

Fonte: Brod *et al.* (2013)

Verifica-se, em uma relação linear, nos acidentes fatais, a relação de 1,13 óbito somado a 0,46 ferido por número de ocorrência. Para os acidentes do tipo feridos, nota-se uma proporção de 1,40 ferido por número de ocorrência registrada.

A Tabela 13 apresenta os danos materiais para veículos rodoviários, equipamentos e infraestrutura ferroviária de acordo com dados da Administração Ferroviária Federal do Departamento de Transporte dos Estados Unidos (FRA), divididos nos níveis de gravidade. O relatório assume que o dano ao equipamento ferroviário e aos veículos rodoviários foram de USD 7.000,00 e USD 5.000,00, respectivamente, quando não relatado ou relatado abaixo do limite, assim como estipula que o dano a infraestrutura ferroviária foi zero, se não informado (BROD *et al.*, 2013).

Tabela 13 - Danos materiais dos acidentes

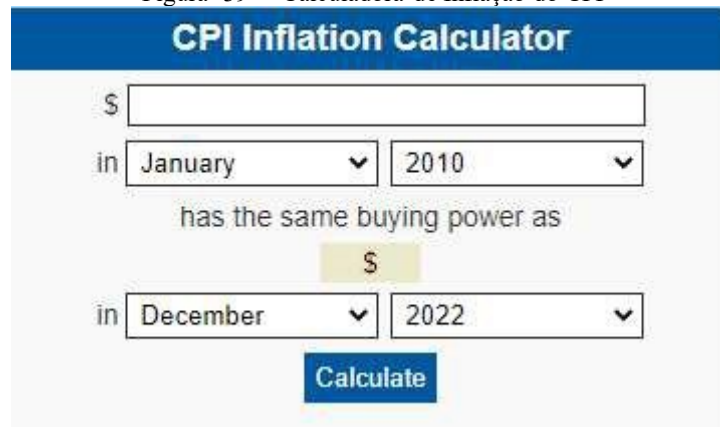
Danos materiais dos acidentes: equipamentos rodoviários e ferroviários (2009 - 2011)			
Tipo do acidente	Danos materiais por acidente (valores em dólar)		
	Veículos rodoviários	Equipamentos ferroviários	Infraestrutura ferroviária
Fatal	8.483	24.328	2.448
Feridos	11.707	17.527	2.332
Somente danos materiais	7.598	8.045	923
Todos acidentes	8.830	12.535	1.487

Fonte: Brod *et al.* (2013)

Como os valores de custo por tipo de acidente datam entre os anos de 2009 e 2011, torna-se necessário a atualização dos valores para a data presente devido a inflação, o aumento generalizado dos preços ao longo do tempo. A correção monetária corresponde a atualização do valor de uma moeda, cálculo que pode considerar outras moedas, assim como diferentes índices e cotações do mercado financeiro.

Uma vez que os valores estão em dólares, foi utilizado o Índice de Preço ao Consumidor, do termo americano *Consumer Price Index (CPI)*, uma medida da mudança média no decurso do tempo nos preços pagos pelos consumidores por uma cesta de bens e serviços, não ajustado sazonalmente. Ou seja, representa a mudança nos preços de todos bens e serviços adquiridos para consumo pelas famílias urbanas. O cálculo foi realizado com auxílio da Calculadora de Inflação do CPI (Figura 39), ferramenta disponibilizada eletronicamente no endereço eletrônico da *U.S. Bureau of Labor Statistics*, uma unidade do Departamento de Trabalho dos Estados Unidos responsável pela coleta, processamento, análise e divulgação de dados estatísticos essenciais para o público americano (U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2022).

Figura 39 – Calculadora de Inflação do CPI



CPI Inflation Calculator

\$

in January 2010

has the same buying power as

\$

in December 2022

Calculate

Fonte: U.S. Bureau of Labor Statistics (2022)

Os valores foram convertidos conforme a Figura 39, de janeiro de 2010 (data média entre 2009 e 2011) para dezembro de 2022, data mais recente disponível na ferramenta. A Tabela 14 compila os dados apresentados na Tabela 11 e Tabela 13, apresentando os custos com vítimas e com danos materiais por tipo de acidente. Após a atualização para dezembro de 2022, obtém-se os valores apresentados na Tabela 15.

Tabela 14 - Custo dos acidentes por tipo em dólar (valores 2009 - 2011)

Custo dos acidentes por tipo em dólar (2009 - 2011)					
Tipo do acidente	Custo dos acidentes com vítimas (em dólar)		Danos materiais por acidente (em dólar)		
	Gravidade do ferimento	Valor total da prevenção de lesões	Veículos rodoviários	Equipamentos ferroviários	Infraestrutura ferroviária
Fatal	-	6.200.000	8.483	24.328	2.448
Feridos	A (grave)	1.992.000	11.707	17.527	2.332
	B (moderado)	291.400			
	C (leve)	18.600			
Somente danos materiais	-	-	7.598	8.045	923
Todos acidentes	-	-	8.830	12.535	1.487

Fonte: Brod *et al.* (2013)

Tabela 15 - Custos dos acidentes por tipo em dólar (valores em dezembro de 2022)

Custo dos acidentes por tipo em dólar (Valores atualizados para dez 2022)					
Tipo do acidente	Custo dos acidentes com vítimas (em dólar)		Danos materiais por acidente (em dólar)		
	Gravidade do ferimento	Valor total da prevenção de lesões	Veículos rodoviários	Equipamentos ferroviários	Infraestrutura ferroviária
Fatal	-	\$8,492,163.35	\$11,619.20	\$33,322.15	\$3,353.03
Feridos	A (grave)	\$2,728,449.90	\$16,035.12	\$24,006.80	\$3,194.15
	B (moderado)	\$399,131.68			
	C (leve)	\$25,476.49			
Somente danos materiais	-	-	\$10,407.01	\$11,019.27	\$1,264.24
Todos acidentes	-	-	\$12,094.48	\$17,169.24	\$2,036.75

Fonte: Elaborado com dados de Brod *et al.* (2013)

Com os valores atualizados, o próximo passo foi a conversão da moeda, de Dólar dos Estados Unidos para Real. Da mesma forma que na atualização dos valores, foi utilizado um conversor disponibilizado eletronicamente no sítio do Banco Central do Brasil, autarquia federal autônoma integrante do sistema financeiro nacional, sem vinculação a Ministério. A conversão utilizou a data de 31 de janeiro de 2023 e a taxa de 1 Dólar dos Estados Unidos/USD igual a 5,0987 Real/BRL, resultando na Tabela 16 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023).

Tabela 16 - Custos dos acidentes por tipo em Real (valores em dezembro de 2022)

Custo dos acidentes por tipo em reais (Valores atualizados para dez 2022)					
Tipo do acidente	Custo dos acidentes com vítimas (em Real)		Danos materiais por acidente (em Real)		
	Gravidade do ferimento	Valor total da prevenção de lesões	Veículos rodoviários	Equipamentos ferroviários	Infraestrutura ferroviária
Fatal	-	43.298.993,27	59.242,82	169.899,65	17.096,09
Feridos	A (grave)	13.911.547,51	81.758,27	122.403,47	16.286,01
	B (moderado)	2.035.052,70			
	C (leve)	129.896,98			
Somente danos materiais	-	-	53.062,22	56.183,95	6.445,98
Todos acidentes	-	-	61.666,13	87.540,80	10.384,78

Fonte: Elaborado com dados de Brod *et al.* (2013)

5.3. DADOS DO ESTUDO DE CASO

Os dados utilizados no método do presente estudo foram obtidos por meio de resposta de correio eletrônico do analista em infraestrutura de transportes da Coordenação de Construções Ferroviárias - CONFER da Diretoria de Infraestrutura Ferroviária – DIF.

As bases são referentes ao Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental - EVTEA, elaborado para solução dos Conflitos Ferroviários no município de Curitiba e Região Metropolitana, o qual é dividido em dois ramais: Leste e Oeste. Cada um dos relatórios de cada ramal se subdivide em mais três volumes, quais sejam: Volume I – Relatório do Estudo; Volume II – Memória Justificativa e Volume III – Estudo de Viabilidade.

Os principais dados utilizados estão concentrados no Volume Anexo 2B, Estudo de Tráfego do Ramal Oeste (TOMO I e TOMO II) elaborado pela Empresa EGIS – Engenharia e Consultoria Ltda. Nesse volume são apresentados a memória descritiva e justificativa dos estudos de tráfego, suas metodologias e resultados obtidos. A base de dados do EVTEA foi utilizada, em detrimento a do PROSEFER, uma vez que conta com dados mais consistentes e atualizados, pois o estudo optou por realizar a contagem em todas as passagens em nível, sem a utilização de dados de terceiros.

O EVTEA baseou-se em contagens classificatórias e volumétricas nos pontos de interferência da linha férrea com as vias urbanas, realizadas pela empresa EGIS. Devido à característica parcialmente uniforme do tráfego urbano, com predominância de veículos leves, ônibus e motocicletas, as contagens foram realizadas em horário de pico, durante duas horas, no período matutino (das 7 às 9 horas) e no período vespertino (das 12 às 14 horas e das 18 às 20 horas), em dois dias da semana, nas passagens em nível onde ocorre interrupção do tráfego.

A identificação e localização das passagens em nível estudadas no EVTEA são mostradas na Tabela 17. Vale destacar que, com base nos dados obtidos, o presente estudo considerou um total de 96 PN's no trecho analisado, ao invés das 80 que constavam no PROSEFER. A extensão total do trecho é de 99,46 km, medição realizada utilizando-se da ferramenta Régua-Caminho do software *Google Earth Pro* no arquivo *kmz* georreferenciado das passagens em nível, em conjunto com análise dos marcos quilométricos do banco de dados de acidentes disponibilizado pela ANTT. Mantiveram-se os mesmos códigos de identificação utilizados no Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Nova Ferroeste, haja vista a utilização dos mesmos identificadores nos arquivos georreferenciados. Além disso,

considera, para fins de cálculo e análise, que a alternativa escolhida elimina todas as passagens em nível existentes, cujos dados são disponibilizados no estudo.

Tabela 17 - Identificação e localização das PN's

Identificação e localização das PNs estudadas			
Cod.	Localização	Cod.	Localização
A1	Rua Schiller	C40	Rua Reinaldo Hecke
A2	Rua Governador Agamenon Magalhães	C41	Av. Anita Garibaldi
A3	Rua João Danka	C42	Rua Francisco Krainski
A4	Rua Santo André	C43	Av. Anita Garibaldi
A5	Rua Professor Nivaldo Braga	C44	Rua Simão Mansur
A6	Av. Presidente Afonso Camargo	C45	Rua Vicente Ciccarino
A7	Rua Delegado Leopoldo Belczac	C46	Rua Jovino do Rosário
C1	Rua Sem nome	C47	Av. Paraná
C2	Rua Agrimensor Gildo Pinheiro da Luz	C48	Rua Deputado Joaquim José Pedrosa
C3	Rua Itatiaia	C49	Rua Nicarágua
C4	Rua Itatiaia	C50	Av. Prefeito Erasto Gaertner
C5	Rua Itatiaia	C52	Rua Jaime Balão
C6	Rua Itatiaia	C53	Rua Augusto Stresser
C7	Rua Itatiaia	C54	Rua Fernandes de Barros
C8	Rua Itatiaia	C55	Rua Itupava
C9	Rua Itatiaia	C56	Rua Professor Brandão
C10	Rua Itatiaia	C57	Rua Quinze de Novembro
C11	PR 092 (Estrada do Minério)	C58	Rua Marechal Deodoro
C12	Rua Aleixo Broto	C59	Rua Fernando Amaro
C13	Rua Aleixo Broto	C60	Rua Padre Germano Mayer
C14	Rua Aleixo Broto	C61	Rua Reinaldino Schafemberg de Quadros
C15	Rua Aleixo Broto	C62	Avenida Senador Souza Naves
C16	Rua Pedro Teixeira Alves	C63	Rua Francisco Alves Guimarães
C17	Rua Coronel Cândido de Oliveira	C64	Av. Presidente Afonso Camargo
C18	Rua São Vicente	D1	Av. Camilo di Lellis
C19	Rua México	D2	Rua Uganda
C20	Rua São João	D2-1	Rua Marrocos
C21	Estrada Velha Grécia	D3	Rodovia PR-415
C22	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	D3-1	Rua Ernesto Wandembruck
C23	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	D4	Estrada Ecológica
C24	Rua Jatobá	D5	Av. Ferroviários
C25	Rua Araucária	D6	Av. Brasília
C26	Rua Antônio Johnsson	E1	Rua dos Ferroviários
C26-1	Rua Contenda	E2	Rua Sebastião Marcos Luiz
C27	Rua Francisco Kruger	E3	Rua Amador Bueno
C27-1	Rua Maria Madalena	E4	Rua Osiris Del Corso
C27-2	Rua Antonio de Souza	E5	Rua Jornalista Aderbal Gaertner Stresser
C28	Rua Professor Alberto Piekarz	E6	Rua Sargento Luís Gonzaga Martins Ribas
C29	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	E7	Rua Emílio Behling Filho
C30	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	E8	Travessa Hamilton Pinto Alves
C31	Av. Anita Garibaldi	E9	Rua José Otavio Meira dos Santos
C32	Rua Rolando Salin Zappa Mansur	E10	Rua Roberto Ozório de Almeida
C34	Av. Anita Garibaldi	E10-1	Rua José Otavio Meira dos Santos
C35	Av. Anita Garibaldi	E11	Rua Roberto Ozório de Almeida
C36	Rua Flávio Dallegrave	E12	Rua Estrada Engenheiro Bley
C37	Av. Anita Garibaldi	E13	Rua Edson Queiroz
C38	Av. Anita Garibaldi	E13-1	Rua Doutor Eli Volpato
C39	Rua Professor Cobbe	E14	Guajuvira

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do EVTEA

Além do EVTEA, o presente trabalho utiliza base de dados histórica dos acidentes ferroviários ocorridos de 01/01/2017 até 15/08/2022 na Concessionária Rumo Malha Sul S.A no estado do Paraná, a qual foi obtida em resposta do Gerente de Fiscalização de Infraestrutura e Serviços da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) em atenção à demanda registrada no portal Fala.BR – Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação sob nº 50001.041386/2022-91.

Os dados foram disponibilizados em forma de planilha editável, apresentando, dentre outras informações: data, horário e local da ocorrência; indicação se o acidente ocorreu em passagem de nível; mercadoria envolvida no sinistro; natureza e causa do acidente, ocorrência de óbitos e número de feridos, assim como tempo de interrupção, conforme recorte apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 - Recorte base de dados acidentes Rumo Malha Sul S.A.

Grave	Ferrovias	Data da Ocorrência	Hora da Ocorrência	UF	Município	Linhas	Quilômetro Inicial	Quilômetro Final	Estação Anterior	Estação Posterior	Perímetro Urbano	Causa	Natureza	Tempo de Serviço de Transporte	Nº Ferido	Nº Óbitos	Mercadoria	PP	PN	
Não	RMS	10/08/2022	19:00	PR	Almirante Tamandare	Sub-Ramal de Rio Branco do Sul	23,350	23,360	Almirante Tamandare	Tranqueira	Almirante Tamandare/PR	Interferência de Terceiro	Abalroamento	0,1	Cargas	0	0	Cimento Acondicionado em Sacos	Não	Não
Não	RMS	09/08/2022	14:30	PR	Rolandia	Ourinhos - Cianorte	240,099	241,000	Rolandia	Arapongas	Rolandia/PR	Interferência de Terceiro	Abalroamento	0,5	Cargas	0	0	Vagões Vazios de Estr.de Ferro	Não	Não
Não	RMS	07/08/2022	19:03	PR	Morretes	Paranaguá - Uvaranas	41,102	41,202	Morretes	Eng. Roberto Costa	Morretes/PR	Interferência de Terceiro	Abalroamento	1,0	Cargas	0	0	Vagões Vazios de Estr.de Ferro	Não	Não
Não	RMS	07/08/2022	03:28	PR	Curitiba	Paranaguá - Uvaranas	110,000	110,100	km 108	Iguaçu	Curitiba/PR	Interferência de Terceiro	Abalroamento	0,0	Cargas	0	0	NP 08-40	Não	Não
Sim	RMS	06/08/2022	17:53	PR	Londrina	Ourinhos - Cianorte	223,500	223,501	Londrina	Cambe	Londrina/PR	Interferência de Terceiro	Atropelamento	0,9	Cargas	1	0	Cimento Acondicionado em Sacos Gasolina em Açúcar Cristal (ou Refinado) a	Não Sim Sim	Não
Sim	RMS	05/08/2022	12:06	PR	Piraquara	Paranaguá - Uvaranas	95,570	95,580	Eng. Coral	Pinhais	Piraquara/PR	Via Permanente	Descarrilamento	7,3	Cargas	0	0		Não	Não
Sim	RMS	05/08/2022	10:55	PR	Curitiba	Paranaguá - Uvaranas	105,718	106,000	Posto km 103,490	km 108	Curitiba/PR	Interferência de Terceiro	Abalroamento	2,0	Cargas	1	0	Vagões Vazios de Estr.de Ferro	Não	Não
Não	RMS	03/08/2022	01:04	PR	Paranaguá	Paranaguá - Uvaranas	2,730	2,800	D Pedro II	km 5	Paranaguá/PR	Interferência de Terceiro	Abalroamento	0,3	Cargas	0	0	Vagões Vazios de Estr.de Ferro	Não	Não

Fonte: ANTT (2022)

5.4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

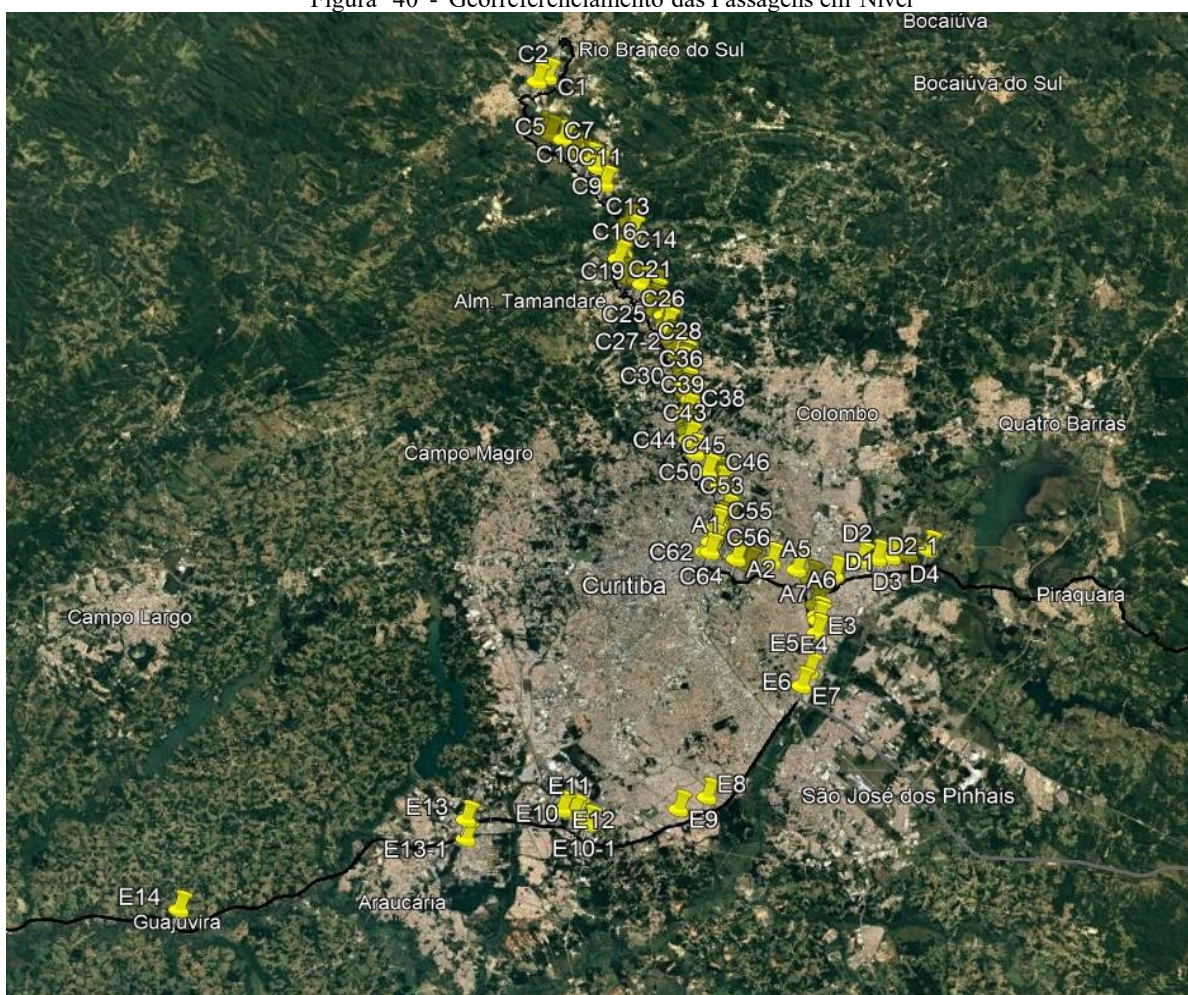
Com os resultados e comparativos obtidos da aplicação do método, este capítulo apresenta e discute, quantitativa e qualitativamente, o potencial impacto do projeto da ferrovia Nova Ferroeste sob o viés econômico e de segurança viária na Região Metropolitana de Curitiba. Além disso, propõe soluções e alternativas para a mitigação dos problemas de segurança e de congestionamento associados à presença das passagens de nível em regiões urbanizadas.

Para aplicação do método escolhido foi necessário estabelecer algumas considerações, haja vista a escassez e dificuldade de obtenção de dados consolidados das passagens em nível. Dentre essas considerações, citam-se:

- Todas as PN's são eliminadas na alternativa de traçado escolhida;
- Número médio de trens diretos por dia durante a luz do dia foi estipulado como igual a quantidade de trens por dia de cada PN;
- A velocidade máxima do trem no cruzamento foi considerada a Velocidade Máxima Autorizada (VMA) do trem carregado, obtida por meio de consulta à declaração de rede da ANTT;

O primeiro passo foi o cadastramento das PN's no software *Google Earth Pro* versão 7.3, por meio da inserção das coordenadas informadas no EVTEA, de forma a criar um arquivo *kmz* georreferenciado das passagens de nível em estudo. O georreferenciamento somado a ferramenta *Street View* possibilita a identificação do mecanismo de controle de tráfego de cada cruzamento rodoferroviário, variável necessária para aplicação da fórmula. O mapeamento obtido é demonstrado na Figura 40.

Figura 40 - Georreferenciamento das Passagens em Nível



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do EVTEA

Cada marcador amarelo representa uma passagem em nível e sua nomenclatura segue a estabelecida na fonte de dados, o EVTEA. O traçado em preto representa a ferrovia com sua configuração atual, demonstrando a grande interação com regiões densamente urbanizadas.

Como supracitado, as passagens em nível foram analisadas uma a uma para identificação do mecanismo de proteção existente no cruzamento. Com essa classificação, atribuiu-se o valor da constante K para os cruzamentos de acordo com a Tabela 9. Verificou-se apenas dois tipos de proteção, passivo e luz intermitente, o que evidencia a grande oportunidade da aplicação de tecnologias mais seguras, tais como cancelas, portões ou outras técnicas inovadoras, discutidas no capítulo 5. Na Tabela 19 são apresentadas as passagens em nível e seus respectivos métodos de proteção.

Tabela 19 - Mecanismo de proteção das passagens em nível

Identificação e localização das PNs estudadas					
Cod.	Localização	Mec. Prot.	Cod.	Localização	Mec. Prot.
A1	Rua Schiller	Luz intermitente	C40	Rua Reinaldo Hecke	Passivo
A2	Rua Governador Agamenon Magalhães	Luz intermitente	C41	Av. Anita Garibaldi	Passivo
A3	Rua João Danka	Luz intermitente	C42	Rua Francisco Krainski	Passivo
A4	Rua Santo André	Luz intermitente	C43	Av. Anita Garibaldi	Luz intermitente
A5	Rua Professor Nivaldo Braga	Luz intermitente	C44	Rua Simão Mansur	Luz intermitente
A6	Av. Presidente Afonso Camargo	Luz intermitente	C45	Rua Vicente Ciccarino	Luz intermitente
A7	Rua Delegado Leopoldo Belzac	Luz intermitente	C46	Rua Jovino do Rosário	Luz intermitente
C1	Rua Itaperuçu	Passivo	C47	Av. Paraná	Luz intermitente
C2	Rua Agrimensor Gildo Pinheiro da Luz	Passivo	C48	Rua Deputado Joaquim José Pedrosa	Passivo
C3	Rua Itatiaia	Passivo	C49	Rua Nicarágua	Passivo
C4	Rua Itatiaia	Passivo	C50	Av. Prefeito Erasto Gaertner	Luz intermitente
C5	Rua Itatiaia	Passivo	C52	Rua Jaime Balão	Luz intermitente
C6	Rua Itatiaia	Passivo	C53	Rua Augusto Stresser	Luz intermitente
C7	Rua Itatiaia	Passivo	C54	Rua Fernandes de Barros	Luz intermitente
C8	Rua Itatiaia	Passivo	C55	Rua Itupava	Luz intermitente
C9	Rua Itatiaia	Passivo	C56	Rua Professor Brandão	Luz intermitente
C10	Rua Itatiaia	Passivo	C57	Rua Quinze de Novembro	Luz intermitente
C11	PR 092 (Estrada do Minério)	Luz intermitente	C58	Rua Marechal Deodoro	Luz intermitente
C12	Rua Aleixo Broto	Passivo	C59	Rua Fernando Amaro	Luz intermitente
C13	Rua Aleixo Broto	Passivo	C60	Rua Padre Germano Mayer	Luz intermitente
C14	Rua Aleixo Broto	Passivo	C61	Rua Reinaldo Schafemberg de Quadros	Luz intermitente
C15	Rua Aleixo Broto	Passivo	C62	Avenida Senador Souza Naves	Luz intermitente
C16	Rua Pedro Teixeira Alves	Passivo	C63	Rua Francisco Alves Guimarães	Luz intermitente
C17	Rua Coronel Cândido de Oliveira	Luz intermitente	C64	Av. Presidente Afonso Camargo	Luz intermitente
C18	Rua São Vicente	Passivo	D1	Av. Camilo di Lellis	Luz intermitente
C19	Rua México	Passivo	D2	Rua Uganda	Luz intermitente
C20	Rua São João	Passivo	D2-1	Rua Marrocos	Passivo
C21	Estrada Velha Grécia	Passivo	D3	Rodovia PR-415	Passivo
C22	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	Luz intermitente	D3-1	Rua Ernesto Wandembruck	Passivo
C23	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	Passivo	D4	Estrada Ecológica	Passivo
C24	Rua Jatobá	Passivo	D5	Av. Ferroviários	Passivo
C25	Rua Araucária	Luz intermitente	D6	Av. Brasília	Passivo
C26	Rua Antônio Johnsson	Luz intermitente	E1	Rua dos Ferroviários	Passivo
C26-1	Rua Contenda	Passivo	E2	Rua Sebastião Marcos Luiz	Passivo
C27	Rua Francisco Kruger	Luz intermitente	E3	Rua Amador Bueno	Luz intermitente
C27-1	Rua Maria Madalena	Passivo	E4	Rua Osiris Del Corso	Luz intermitente
C27-2	Rua Antonio de Souza	Passivo	E5	Rua Jornalista Aderbal Gaertner Stresser	Passivo
C28	Rua Professor Alberto Piekarz	Luz intermitente	E6	Rua Sargento Luís Gonzaga Martins Ribas	Passivo
C29	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	Passivo	E7	Rua Emílio Behling Filho	Passivo
C30	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	Passivo	E8	Travessa Hamilton Pinto Alves	Passivo
C31	Av. Anita Garibaldi	Passivo	E9	Rua José Otávio Meira dos Santos	Passivo
C32	Rua Rolando Salin Zappa Mansur	Passivo	E10	Rua Roberto Ozório de Almeida	Passivo
C34	Av. Anita Garibaldi	Passivo	E10-1	Rua José Otávio Meira dos Santos	Passivo
C35	Av. Anita Garibaldi	Passivo	E11	Rua Roberto Ozório de Almeida	Passivo
C36	Rua Flávio Dallegrove	Passivo	E12	Rua Estrada Engenheiro Bley	Passivo
C37	Av. Anita Garibaldi	Passivo	E13	Rua Edson Queiroz	Passivo
C38	Av. Anita Garibaldi	Luz intermitente	E13-1	Rua Doutor Eli Volpato	Passivo
C39	Rua Professor Cobbe	Passivo	E14	Guajuvira	Passivo

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, calcula-se o volume médio anual de veículos rodoviários por dia em ambas as direções do cruzamento por meio da projeção dos valores de volume médio diário das contagens de tráfego do EVTEA de 2015 para o ano de 2022, utilizando-se da taxa de crescimento da frota, indicada no mesmo estudo, (Tabela 20).

Tabela 20 - Projeção da taxa de crescimento da frota de veículos

Contorno ferroviário de Curitiba - Alternativa 1F						
Projeção da taxa de crescimento da frota de veículos na área direta						
Ano	Projeção da taxa de crescimento da população (a)	Projeção da população (b)=(a) x população área direta ano anterior	Projeção da evolução da taxa de motorização (c)	Projeção da taxa de motorização (d)	Frota de veículos área direta (e)=(b) x (d) / 1.000	Taxa de crescimento da frota (f)=((e)/frota ano anterior)-1
2.015	0,73%	2.122.823	4,76%	805,70	1.710.352	5,53%
2.016	0,71%	2.137.979	3,19%	831,39	1.777.503	3,93%
2.017	0,70%	2.152.844	1,62%	844,82	1.818.776	2,32%
2.018	0,67%	2.167.176	0,04%	845,18	1.831.644	0,71%
2.019	0,64%	2.180.973	0,00%	845,18	1.843.305	0,64%
2.020	0,61%	2.194.227	0,00%	845,18	1.854.507	0,61%
2.021	0,57%	2.206.746	0,00%	845,18	1.865.088	0,57%
2.022	0,53%	2.218.524	0,00%	845,18	1.875.042	0,53%
2.023	0,51%	2.229.753	0,00%	845,18	1.884.533	0,51%

Fonte: EGIS, 2017

A taxa de crescimento da frota de 2015 para 2022 resultou em 1,09635, um aumento de 9,6% na frota de veículos da área direta. Esse valor foi obtido da multiplicação acumulada das taxas anuais, similar ao método de juros compostos ($1,0393 \times 1,0232 \times 1,0071 \times 1,0064 \times 1,0061 \times 1,0057 \times 1,0053$). Com esse percentual, calcula-se o volume médio diário rodoviário de 2022 para cada passagem de nível, os quais são indicados na Tabela 21.

Tabela 21 - Volume Tráfego Rodoviário por PN

Cálculo Volume Tráfego Rodoviário													
Cod.	Volume médio diário 2015					Volume 2022	Cod.	Volume médio diário 2015					Volume 2022
	Caminhão	Ônibus	Auto	Moto	Total			Caminhão	Ônibus	Auto	Moto	Total	
A1	60,7	440	7403,2	1424,3	9328,2	10226,990	C40	135,2	0	3657,5	460,6	4253,3	4663,113
A2	199,4	112,3	8792	1050,7	10154,4	11132,796	C41	0	0	26,4	28,6	55	60,299
A3	106,6	87,1	12900,9	1631,7	14726,3	16145,207	C42	45,8	0	2431,5	170,7	2648	2903,140
A4	52,7	152,4	14825,9	1847,1	16878,1	18504,337	C43	207,4	516,8	15083,8	1466,7	17274,7	18939,150
A5	665,7	784,9	14411,1	1845,9	17707,6	19413,760	C44	734,5	702,4	27474,8	3089,2	32000,9	35084,247
A6	231,5	120,3	8341,7	1109,2	9802,7	10747,209	C45	182,2	236	12105,7	704,7	13228,6	14503,200
A7	291	139,8	10853,3	1747,4	13031,5	14287,109	C46	323,1	458,3	32295,3	2242,4	35319,1	38722,162
C1	115,7	159,3	1686,7	434,3	2396	2626,859	C47	42,4	744,8	7244	1273	9304,2	10200,677
C2	1182,5	77,9	3897	315,1	5472,5	5999,786	C48	250,9	547,7	30120,5	1768	32687,1	35836,563
C3	191,4	106,6	1514,8	150,1	1962,9	2152,029	C49	79,1	713,9	10544	553,4	11890,4	13036,062
C4	41,3	30,9	174,2	214,3	460,7	505,089	C50	111,1	592,4	12898,6	1282,2	14884,3	16318,430
C5	26,4	0	37,8	20,6	84,8	92,971	C52	87,1	0	305,9	4107,8	4500,8	4934,461
C6	9,2	0	21,8	14,9	45,9	50,323	C53	183,3	592,4	20142,6	1467,8	22386,1	24543,043
C7	39	0	40,1	24,1	103,2	113,144	C54	60,7	0	4348,4	213,1	4622,2	5067,558
C8	307,1	0	1501	359,8	2167,9	2376,781	C55	190,2	158,1	15805,6	719,6	16873,5	18499,293
C9	57,3	18,3	809	166,1	1050,7	1151,937	C56	63	229,2	11441,1	807,8	12541,1	13749,459
C10	291	87,1	2448,6	394,2	3220,9	3531,240	C57	147,8	543,1	18862,7	2405,1	21958,7	24074,462
C11	3690,7	310,5	13560,9	1255,8	18817,9	20631,040	C58	317,4	576,4	18289,8	1797,8	20981,4	23002,997
C12	36,7	81,4	154,7	134,1	406,9	446,106	C59	51,6	75,6	1616,8	108,9	1852,9	2031,430
C13	69,9	84,8	428,5	82,5	665,7	729,841	C60	91,7	88,2	13385,6	521,4	14086,9	15444,199
C14	18,3	0	98,5	59,56	176,36	193,353	C61	34,4	35,5	10777,7	430,8	11278,4	12365,095
C15	174,2	88,2	1795,5	631,4	2689,3	2948,419	C62	25,2	247,5	13525,4	1141,3	14939,4	16378,839
C16	163,9	84,8	1332,6	135,2	1716,5	1881,888	C63	61,9	214,3	10958,8	731	11966	13118,947
C17	72,2	98,5	2563,2	221,1	2955	3239,720	C64	213,1	1160,7	20956,1	2400,5	24730,4	27113,220
C18	0	0	53,9	41,3	95,2	104,373	D1	1955,9	339,2	29607,2	4307,2	36209,5	39698,353
C19	5,7	0	64,2	35,5	105,4	115,555	D2	262,4	1002,6	19855	1172,2	22292,2	24440,095
C20	0	0	24,1	19,5	43,6	47,801	D2-1	7,6	0	183,3	57,3	248,2	272,115
C21	5,7	0	68,8	28,6	103,1	113,034	D3	1435,7	835,3	27896,5	3440,9	33608,4	36846,632
C22	122,6	66,5	1512,5	239,5	1941,1	2128,129	D3-1	0	0	140,9	34,4	175,3	192,190
C23	1,1	0	26,4	20,6	48,1	52,735	D4	17,2	2,3	278,4	43,5	341,4	374,295
C24	0	0	110	36,7	146,7	160,835	D5	5,7	0	45,8	20,6	72,1	79,047
C25	155,8	102	1959,4	307,1	2524,3	2767,521	D6	90,5	51,6	2670,9	271,6	3084,6	3381,807
C26	563,8	424	9327,1	2020,1	12335	13523,500	E1	48,1	186,8	1514,8	976,3	2726	2988,655
C26-1	0	0	12,6	19,5	32,1	35,193	E2	56,1	326,6	1401,4	1899,8	3683,9	4038,851
C27	568,3	572,9	13539,2	2833,6	17514	19201,507	E3	52,7	0	2314,6	558	2925,3	3207,158
C27-1	19,5	0	228	118	365,5	400,717	E4	287,6	343,8	18011,4	3152,2	21795	23894,989
C27-2	24,1	0	245,2	72,2	341,5	374,404	E5	69,9	68,8	4351,9	339,2	4829,8	5295,160
C28	324,3	369	8786,3	1330,3	10809,9	11851,454	E6	69,9	0	4781,6	694,4	5545,9	6080,258
C29	18,3	0	100,8	35,5	154,6	169,496	E7	105,4	0	1381,9	284,2	1771,5	1942,187
C30	19,5	0	96,3	39	154,8	169,715	E8	102	0	1023,2	410,2	1535,4	1683,339
C31	76,8	1203,1	12305,1	2056,8	15641,8	17148,917	E9	50,4	0	3302,3	350,6	3703,3	4060,120
C32	37,8	0	1255,8	84,8	1378,4	1511,211	E10	45,8	0	60,7	42,4	148,9	163,247
C34	98,5	807,8	13900,1	1526,3	16332,7	17906,386	E10-1	43,5	0	57,3	61,9	162,7	178,376
C35	272,7	968,2	8930,6	2267,6	12439,1	13637,631	E11	33,2	48,1	52,7	42,4	176,4	193,396
C36	111,1	0	166,1	0	277,2	303,909	E12	34,4	0	191,4	76,8	302,6	331,756
C37	542	1006	22653,1	1507,9	25709	28186,110	E13	22,9	0	61,9	40,1	124,9	136,934
C38	670,3	906,4	16374	2260,7	20211,4	22158,806	E13-1	700,1	0	988,9	80,2	1769,2	1939,666
C39	315,1	85,9	7824,9	532,8	8758,7	9602,617	E14	43,5	44,7	276,1	57,3	421,6	462,222

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação à média diária do número de trens que circulam no cruzamento, essa foi apurada por meio da Declaração de Rede da ANTT, tabela disponibilizada, anualmente, contendo informações operacionais e das condições técnicas da infraestrutura ferroviária

concedida. Dentre essas informações estão: bitola dos trechos ferroviários; sistemas de sinalização e comunicação; capacidade dos trechos; limites de carregamento; localização de postos e oficinas; comprimento dos pátios de cruzamentos; dentre outras informações (ANTT, 2022). A quantidade de trens por dia de cada PN é dada pela soma das colunas “Capacidade Vinculada Crescente” e “Capacidade Vinculada Decrescente”, as quais representam o número de trens que trafegam nos dois sentidos dos trechos, após a localização da linha ferroviária e entre quais pátios a passagem de nível está inserida. A locação das PN’s foi realizada a partir do arquivo de extensão *kmz* e do software de visualização *Google Earth Pro* citado. As quantidades obtidas são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Quantidade de Trens por dia por PN

Volume Trens diários					
Cod.	Localização	Trens	Cod.	Localização	Trens
A1	Rua Schiller	2	C40	Rua Reinaldo Hecke	4
A2	Rua Governador Agamenon Magalhães	2	C41	Av. Anita Garibaldi	4
A3	Rua João Danka	2	C42	Rua Francisco Krainski	4
A4	Rua Santo André	2	C43	Av. Anita Garibaldi	4
A5	Rua Professor Nivaldo Braga	2	C44	Rua Simão Mansur	4
A6	Av. Presidente Afonso Camargo	2	C45	Rua Vicente Ciccarino	4
A7	Rua Delegado Leopoldo Belczac	2	C46	Rua Jovino do Rosário	4
C1	Rua Itaperuçu	4	C47	Av. Paraná	4
C2	Rua Agrimensor Gildo Pinheiro da Luz	4	C48	Rua Deputado Joaquim José Pedrosa	4
C3	Rua Itatiaia	4	C49	Rua Nicarágua	4
C4	Rua Itatiaia	4	C50	Av. Prefeito Erasto Gaertner	4
C5	Rua Itatiaia	4	C52	Rua Jaime Balão	4
C6	Rua Itatiaia	4	C53	Rua Augusto Stresser	4
C7	Rua Itatiaia	4	C54	Rua Fernandes de Barros	4
C8	Rua Itatiaia	4	C55	Rua Itupava	4
C9	Rua Itatiaia	4	C56	Rua Professor Brandão	4
C10	Rua Itatiaia	4	C57	Rua Quinze de Novembro	4
C11	PR 092 (Estrada do Minério)	4	C58	Rua Marechal Deodoro	4
C12	Rua Aleixo Broto	4	C59	Rua Fernando Amaro	4
C13	Rua Aleixo Broto	4	C60	Rua Padre Germano Mayer	4
C14	Rua Aleixo Broto	4	C61	Rua Reinaldino Schafemberg de Quadros	4
C15	Rua Aleixo Broto	4	C62	Avenida Senador Souza Naves	4
C16	Rua Pedro Teixeira Alves	4	C63	Rua Francisco Alves Guimarães	4
C17	Rua Coronel Cândido de Oliveira	4	C64	Av. Presidente Afonso Camargo	4
C18	Rua São Vicente	4	D1	Av. Camilo di Lellis	27,62
C19	Rua México	4	D2	Rua Uganda	27,62
C20	Rua São João	4	D2-1	Rua Marrocos	27,62
C21	Estrada Velha Grécia	4	D3	Rodovia PR-415	27,62
C22	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	4	D3-1	Rua Ernesto Wandembruck	27,62
C23	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	4	D4	Estrada Ecológica	27,62
C24	Rua Jatobá	4	D5	Av. Ferroviários	27,62
C25	Rua Araucária	4	D6	Av. Brasília	27,62
C26	Rua Antônio Johnsson	4	E1	Rua dos Ferroviários	31,62
C26-1	Rua Contenda	4	E2	Rua Sebastião Marcos Luiz	31,62
C27	Rua Francisco Kruger	4	E3	Rua Amador Bueno	31,62
C27-1	Rua Maria Madalena	4	E4	Rua Osiris Del Corso	31,62
C27-2	Rua Antonio de Souza	4	E5	Rua Jornalista Aderbal Gaertner Stresser	31,62
C28	Rua Professor Alberto Piekarz	4	E6	Rua Sargento Luís Gonzaga Martins Ribas	31,62
C29	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	4	E7	Rua Emílio Behling Filho	31,62
C30	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	4	E8	Travessa Hamilton Pinto Alves	18,86
C31	Av. Anita Garibaldi	4	E9	Rua José Otavio Meira dos Santos	18,86
C32	Rua Rolando Salin Zappa Mansur	4	E10	Rua Roberto Ozório de Almeida	18,86
C34	Av. Anita Garibaldi	4	E10-1	Rua José Otavio Meira dos Santos	18,86
C35	Av. Anita Garibaldi	4	E11	Rua Roberto Ozório de Almeida	18,86
C36	Rua Flávio Dallegrave	4	E12	Rua Estrada Engenheiro Bley	18,86
C37	Av. Anita Garibaldi	4	E13	Rua Edson Queiroz	18,86
C38	Av. Anita Garibaldi	4	E13-1	Rua Doutor Eli Volpato	18,86
C39	Rua Professor Cobbe	4	E14	Guajuvira	18,86

Fonte: Elaborado pelo autor

Com os dados de volume de veículos rodoviários e ferroviários, calcula-se o fator EI , termo da fórmula que verifica o índice de exposição baseado no produto no volume de tráfego dos dois modais. Para o cálculo da previsão inicial do número de acidentes por ano em um cruzamento rodoferroviário (a), os demais fatores foram determinados conforme segue:

k – Constante indicada na Tabela 9 – Fatores da formulação inicial atribuídos a cada passagem em nível a depender do mecanismo de proteção utilizado;

DT – Fator calculado conforme fórmula indicada na Tabela 9, em que $dthru$ (número médio de trens diretos por dia durante a luz do dia) foi estipulado como igual a quantidade de trens por dia de cada PN;

MS – Fator que considera a velocidade máxima no cruzamento. Para a velocidade máxima foi considerada a Velocidade Máxima Autorizada (VMA) do trem carregado, obtida por meio de consulta à Declaração de Rede da ANTT. Para tanto foi necessário localizar em qual trecho e faixa quilométrica cada PN está inserida. Essa localização foi realizada utilizando-se da ferramenta Régua-Caminho do software *Google Earth Pro* no arquivo *kmz* georreferenciado das passagens em nível em conjunto com análise dos marcos quilométricos do banco de dados de acidentes disponibilizado por ANTT (2022);

MT – Fator para número de faixas principais calculado considerando número de linhas (tracks) igual a 1, conforme Declaração de Rede da ANTT que classifica a ferrovia como singela com sentido de tráfego bidirecional;

HL – Fator que considera o número de faixas na rodovia no ponto do cruzamento. Com a ferramenta *Street View* aplicada ao arquivo georreferenciado software *Google Earth Pro*, foram analisadas individualmente as passagens em nível, de forma a verificar a quantidade de faixas rodoviárias no cruzamento;

HP – Fator para pavimento rodoviário (sim =1 ou não = 2). Da mesma forma que o item anterior, analisou-se cada PN de forma individual para verificar a presença de pavimento rodoviário.

Após obtenção de todos dados de entrada, esses foram organizados em planilha de Excel para o cômputo da previsão inicial do número de acidentes por ano de cada passagem em nível (a). A soma dos índices (a) de todas PN's representa a previsão inicial no número de

acidentes em passagens em nível em todo o trecho avaliado. A tabela final obtida com todas variáveis e resultados é exibida no Apêndice I.

Obteve-se o resultado da previsão inicial do número de acidentes por ano em toda extensão estudada de 13,6 acidentes por ano. Esse valor foi resultado da aplicação da fórmula básica de previsão de acidentes, supracitada. É válido destacar que esse valor inicial representa a previsão do número de acidentes que ocorrerão apenas nos cruzamentos em nível, não caracterizando a totalidade de acidentes no trecho.

Para aplicação completa do modelo de previsão de acidentes do USDOT, procede-se o segundo cálculo utilizando o registro histórico de acidente dos últimos cinco anos do trecho ferroviário em análise. Isto pois, como supracitado, a melhora é mínima se são utilizados dados históricos de mais de cinco anos.

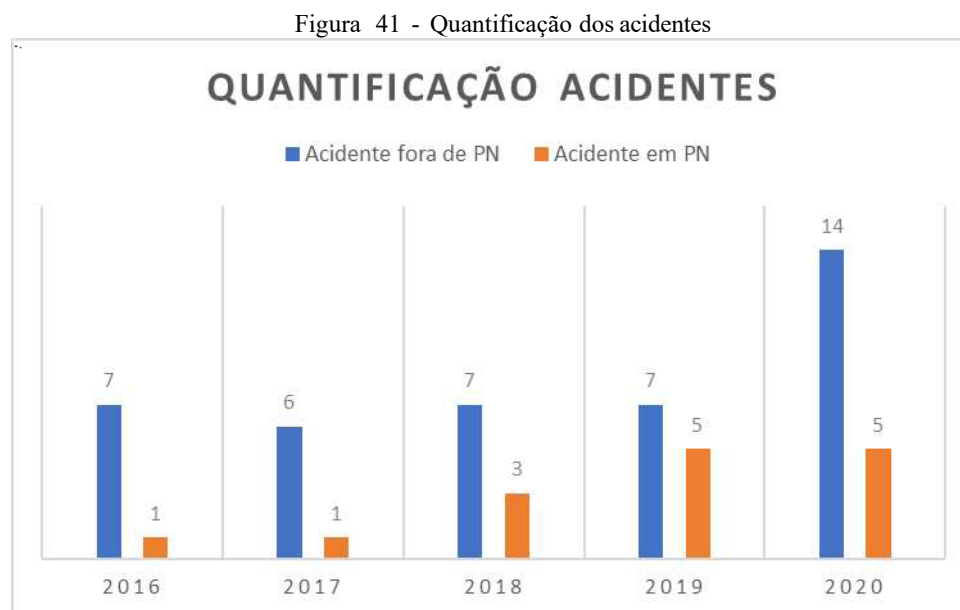
A base de dados histórica de acidentes da Concessionária Rumo Malha Sul S.A no estado do Paraná foi analisada a fim de filtrar apenas os incidentes ocorridos nas passagens em nível da Região Metropolitana de Curitiba e separá-los por PN. Essa tarefa tornou-se árdua, uma vez que a gravação dos registros não obedeceu a um padrão de nomenclatura, certos acidentes ocorreram em PN's não levantadas no EVTEA, assim como alguns registros indicavam apenas locais próximos, o que dificultou a aplicação de filtros. Com o auxílio do arquivo *kmz* georreferenciado, cruzando informações, obteve-se o total de 132 acidentes nas passagens em nível da Região Metropolitana de Curitiba nos últimos cinco anos, dos quais 10 ocorreram em PN's não cadastradas.

O número de acidentes nos últimos cinco anos de cada PN também é demonstrado no Apêndice I, coluna N. Células com valor igual a zero representam cruzamentos em nível sem registro de acidente desde 2017. De uma análise superficial, identifica-se de antemão duas passagens em nível críticas, Rua Sebastião Marcos Luiz (E2) e Rua Osiris Del Corso (E4), com 14 e 18 acidentes, respectivamente.

De posse da base histórica de incidentes classificada por PN, torna-se possível a normalização do modelo de previsão de USDOT, que resultou no valor de 11,5 acidentes por ano nos cruzamentos rodoferroviários de Curitiba e Região Metropolitana, conforme apresentado no Apêndice I.

Para comparar o resultado obtido, considerou-se um estudo (SILVA *et al.*, 2021) que analisou estatisticamente dados históricos registrados de acidentes da malha ferroviária situada na região de Curitiba, avaliando aproximadamente 38 quilômetros, sendo 17 quilômetros entre

Almirante Tamandaré e Pinhais e 21 quilômetros ligando Pinhais a Araucária. Ao total, o trabalho contabilizou 49 PN's nesse trecho. Com dados de 2016 a 2020, foram avaliados um total de 56 acidentes graves, 13 abalroamentos e 43 atropelamentos. Na Figura 41, apresenta-se a evolução da quantidade de acidentes entre os anos de 2016 a 2020 (SILVA *et al.*, 2021).



Fonte: Elaborado pelo autor com dados de Silva *et al.* (2021)

Observa-se que a quantidade de acidentes fora de PN's no trecho aumentou consideravelmente no ano de 2020, ao passo que o número de acidentes em PN's permaneceu estável no mesmo ano. Comparando o montante do estudo de Silva *et al.* (2021) com o número de acidentes previsto em passagens em nível para o ano de 2022 obtido pelo modelo de previsão do USDOT no presente trabalho, nota-se uma boa concordância. De fato, o estudo de Silva *et al.* (2021) quantificou 5 acidentes para 49 PN's, enquanto o presente estudo com o USDOT quantificou 11,5 acidentes para 96 PN's, mantendo uma proporcionalidade entre os dois estudos. A proporcionalidade também é verificada quando se compara as extensões dos trechos, 38 Km em Silva *et al.* (2021) e 99,46 km no presente estudo. A Tabela 23 apresenta um resumo comparativo das duas análises.

Tabela 23 - Comparação do presente estudo com Silva *et al.* (2021)

Comparação do número de acidentes anual em PN's					
Análise	Número de acidentes (NA)	PN's	NA/PN	Extensão (Km)	NA/Extensão
Silva <i>et al.</i> (2021)	5	49	0,10	38	0,13
USDOT (presente estudo)	11,5	96	0,12	99,46	0,12

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Considera-se que o número de acidentes é relativamente alto, denotando a urgência da execução de obras de engenharia que possam evitar futuros acidentes, especialmente em pontos críticos como os cruzamentos rodoferroviários.

Após o cálculo do número de acidentes por passagem em nível, o próximo passo é separá-los por categoria de gravidade (fatal, feridos e sem vítimas, ou seja, apenas danos à propriedade), por meio das equações apresentadas no capítulo anterior.

Utilizando-se as constantes $KF = 440.9$ e $KC = 4.481$, as demais variáveis são calculadas considerando que:

- Todos os trens que passam por cada passagem em nível são trens diretos;
- O número de trens com desvio por dia é igual a zero, ou seja, $switch = 0$ e $TS = 1$;
- Todos os cruzamentos rodoferroviários são urbanos, pois estão situados na Região Metropolitana de Curitiba, portanto $urban = 1$, $UR = 1,43$ e $UR_{CA} = 1,34$;
- $tracks = 1$ e $TK = 1,12$, haja vista que a via é singela;

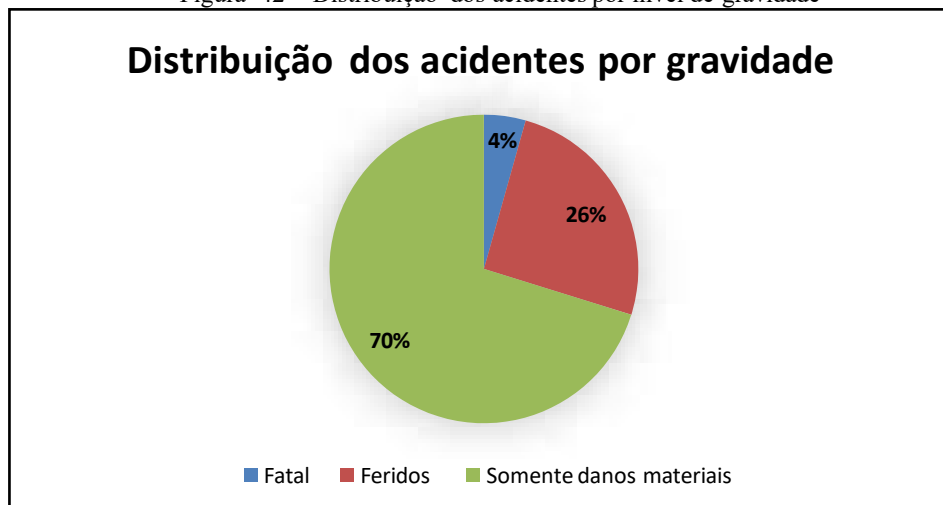
Feitas as considerações, os dados são inseridos em planilha, obtendo-se o resultado demonstrado no Apêndice II. Em amarelo, a célula final das colunas FA, IA e PA calcula o somatório de cada coluna, apresentando o número de acidentes fatais, com feridos e com somente danos materiais, respectivamente.

Assim,

- Acidentes fatais = 0,50;
- Acidentes com feridos = 2,92;
- Acidentes com somente danos materiais = 8,06.

Verifica-se nesse caso, considerando o número total de acidentes por ano igual a 11,48, uma distribuição percentual de 70% de acidentes sem vítimas (somente danos materiais), 26% com feridos e 4% com vítimas fatais, conforme demonstrado na Figura 42.

Figura 42 - Distribuição dos acidentes por nível de gravidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Uma vez obtido o número de acidentes já categorizado por nível de gravidade em cada passagem em nível, procede-se ao cálculo dos custos por meio da equação 25.

Devido à dificuldade na obtenção de dados concisos e específicos categorizados por gravidade das lesões (graves, moderadas ou leves) nos acidentes com feridos, foi considerado nesse caso a média dos montantes para o valor total da prevenção de lesões nos acidentes com vítimas. O cálculo é representado abaixo.

$$\text{Valor total da prevenção de lesões} = \frac{13.911.547,51 + 2.035.052,70 + 129.896,98}{3}$$

$$\text{Valor total da prevenção de lesões} = \text{R\$ } 5.358.832,40$$

Ainda no cálculo dos custos dos acidentes com vítimas, aplica-se a relação da Tabela 12 para a obtenção do número de óbitos e feridos a partir da quantidade de ocorrências registradas. Os resultados obtidos são demonstrados na Tabela 24.

Tabela 24 - Número de óbitos e feridos nas passagens em nível da Região Metropolitana de Curitiba por ano

Número de óbitos e feridos			
Tipo do acidente	Número de ocorrências	Fatalidades	Feridos
Fatal	0,5	0,565	0,23
Feridos	2,92	0	4,088
Somente danos materiais	8,06	0	0
Total	11,48	0,565	4,318

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a obtenção do número de óbitos e feridos por ano nas passagens em nível da Região Metropolitana de Curitiba, procede-se o cálculo do custo total primário com acidentes por ano mediante a aplicação dos valores expostos na Tabela 16. Os valores são multiplicados em planilha eletrônica e os resultados são exibidos na Tabela 25.

Tabela 25 - Custo total com acidentes por ano

Custo total acidentes (Valores atualizados para dez 2022)							
Tipo do acidente	Custo dos acidentes com vítimas (em Real)			Danos materiais por acidente (em Real)			
	Número de ocorrências	Valor total da prevenção de lesões	Custo acidentes com vítimas	Veículos rodoviários	Equipamentos ferroviários	Infraestrutura ferroviária	Custo danos materiais
Fatal	0,5	43.298.993,27	21.649.496,64	59.242,82	169.899,65	17.096,09	123.119,28
Feridos	2,92	13.911.547,51	40.621.718,71	81.758,27	122.403,47	16.286,01	643.707,43
Somente danos materiais	8,06	-	-	53.062,22	56.183,95	6.445,98	932.478,76
Total	11,48	-	62.271.215,35				1.699.305,47

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As duas células em amarelo na última linha da planilha representam o custo total nos acidentes com vítimas e com danos materiais. A soma das duas células representa a estimativa do custo total anual com acidentes nas passagens em nível do trecho ferroviário em estudo. O valor resultante desta operação foi de R\$ 63.970.520,82 (Sessenta e três milhões, novecentos e setenta mil, quinhentos e vinte reais e oitenta e dois centavos).

O valor encontrado mostra-se consistente quando comparado ao estudo de Bert *et al.* (2020) que avaliou 187 (cento e oitenta e sete) incidentes ocorridos no ano de 2019 em Carolina do Norte, os quais custaram um total estimado de aproximadamente USD258.303.000,00 (duzentos e cinquenta e oito milhões, trezentos e três mil dólares) (BERT *et al.*, 2020). De posse dessas informações, é possível calcular o custo médio de um incidente ferroviário em Bert *et al.* (2020) e compará-lo com o mesmo índice encontrado nesse estudo. Dividindo o custo total pelo número de incidentes (USD258.303.000 dividido por 187), obtém-se o montante de USD1.381.299,46 (Um milhão, trezentos e oitenta e um mil, duzentos e noventa e nove dólares), que convertido pela mesma cotação de 1 Dólar dos Estados Unidos/USD igual a 5,0987 Real/BRL utilizada anteriormente, resulta em R\$7.042.831,58 (sete milhões, quarenta e dois mil, oitocentos e trinta e um reais e cinquenta e oito centavos) por acidente. A aplicação do mesmo cálculo ao presente estudo resulta em R\$5.562.653,98 (Cinco milhões, quinhentos e sessenta e dois mil, seiscentos e cinquenta e três reais e noventa e oito centavos) para o custo médio de um acidente ferroviário. A Tabela 26 apresenta um resumo comparativo da análise de custos apresentada em Bert *et al.* (2020) e do presente estudo.

Tabela 26 - Comparação do presente estudo com Bert *et al.* (2020)

Comparação do custo médio de um acidente ferroviário em Reais				
Análise	Custo Total (R\$)	Número de acidentes (NA)	Custo(R\$)/NA	Observações
Bert <i>et al.</i> (2020)	R\$ 1.317.009.506,10	187	R\$ 7.042.831,58	Efeitos primários e secundários
USDOT (presente estudo)	R\$ 63.970.520,82	11,5	R\$ 5.562.653,98	Apenas efeitos primários

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise demonstrou que o presente estudo encontrou um custo médio por acidente ferroviário que está alinhado com resultados de outro estudo realizado em uma região diferente. Embora os valores totais e a frequência dos acidentes sejam diferentes, os custos médios estão em uma faixa similar, indicando que os resultados são consistentes com a literatura existente. É importante destacar que os dois estudos utilizaram métodos e critérios diferentes para calcular os custos. Ademais, Bert *et al.* (2020) avaliaram os componentes dos custos de efeitos secundários: custos de atraso e reencaminhamento de rotas, custos da cadeia de suprimentos relacionados ao transporte, custos com emissões de gases poluentes, custos operacionais e custos de primeiros socorros e emergências, conforme ilustrado na Figura 43. Ou seja, a consideração de métodos e critérios diferentes somado à variabilidade dos custos de acidentes ferroviários em função de fatores como tipo e gravidade do acidente, quantidade e tipo de carga envolvida, número de vítimas, tempo de interrupção da linha férrea, região geográfica, empresa ferroviária, dentre outros, são possíveis razões para a diferença nos valores encontrados.

No caso, pode-se fazer uma extrapolação para estimar o custo total considerando os efeitos primários e secundários no trecho analisado da Ferroeste através do custo por acidentes obtido por Bert *et al.* (2020) (R\$7.042.831,58). Assim, o custo total estimado seria de R\$ 80.992.563,17/ano (oitenta milhões, novecentos e noventa e dois mil, quinhentos e sessenta e três reais e dezessete centavos).

Figura 43 - Custos de incidentes ferroviários de 2019 por categoria em Bert *et al.* (2020)

Fonte: Bert *et al.*, traduzido pelo autor (2020)

Mediante a Figura 43 verifica-se, igualmente aos resultados obtidos nesse trabalho, que os custos de acidentes com vítimas representaram o maior componente, com valor de USD252.816.000 (lesões: USD13.200.000 | fatalidades: USD239.616.000), resultante de 96 feridos e 24 óbitos. Custos com danos materiais foram de aproximadamente USD3.651.000.

Custos associados a atrasos, reencaminhamento de rotas e cadeia de suprimentos resultaram em torno de USD1.572.000; custos com emissão de gases poluentes em USD131.000; custos operacionais em USD73.000 e os custos de primeiros socorros e emergências foram estimados em USD60.000. Destaca-se também que durante um período de 10 anos, de 2010 a 2019, os custos de incidentes ferroviários em Bert *et al.* (2020) totalizaram cerca de USD2,4 bilhões (Dois bilhões e quatrocentos milhões de dólares) (BERT *et al.*, 2020). Os elevados valores de custos decorrentes de acidentes ferroviários evidenciam a importância de se buscar soluções para a redução desses eventos, visando não apenas a preservação da integridade física de pessoas e do meio ambiente, mas também a mitigação de prejuízos econômicos significativos.

O montante encontrado nesse trabalho torna-se ainda mais expressivo quando é projetado durante os 60 (sessenta) anos previstos de concessão da via férrea. Ou seja, levando em conta o valor de aproximadamente R\$ 64 milhões com custos anuais, em 60 anos seriam R\$ 3.838.231.249,2 (Três bilhões, oitocentos e trinta e oito milhões, duzentos e trinta e um mil, duzentos e quarenta e nove reais). Esse valor representa 15,7% do investimento total para a implantação da Nova Ferroeste, conforme estimativa do EVTEA-J, citada nos capítulos iniciais, de R\$ 24.445.375.584,02 (Vinte e quatro bilhões, quatrocentos e quarenta e cinco milhões, trezentos e setenta e cinco mil, quinhentos e oitenta e quatro reais e dois centavos). Com a extrapolação, considerando os efeitos primários e secundários, o custo total seria de R\$ 4.859.553.790,20 (quatro bilhões, oitocentos e cinquenta e nove milhões, quinhentos e cinquenta e três mil, setecentos e noventa reais e vinte centavos), ou seja, cerca 20% do investimento total.

O resultado obtido dessa análise comparativa dos custos, torna-se mais uma justificativa do empreendimento, uma vez que tão somente o benefício com a redução dos acidentes em passagens em nível na Região Metropolitana de Curitiba (devido a construção do contorno ferroviário) já representa um percentual significativo do investimento total da obra (15,7% a 20% em 60 anos). Soma-se a esse os demais benefícios supracitados, quais sejam: benefício com redução do custo operacional rodoviário; benefício com redução dos gases poluentes; benefício com redução do tempo de viagem; benefício com redução do custo operacional ferroviário; benefício com venda de sucata; benefício com venda das áreas remanescentes e benefício com valorização dos imóveis adjacentes.

Portanto, além da redução de acidentes e seus respectivos custos, a construção do desvio ferroviário deve trazer outros benefícios para a região, tais como: diminuir o congestionamento de tráfego, reduzir o tempo de viagem dos passageiros, melhorar a qualidade

do ar ao reduzir as emissões de gases poluentes dos veículos paradas nas passagens em nível, facilitar a circulação de bens e serviços, impulsionar a atividade econômica e atrair novos negócios e investimentos. Todos esses benefícios, aliados à redução de acidentes nos cruzamentos rodoferroviários, podem impactar positivamente a qualidade de vida dos moradores da Região Metropolitana de Curitiba.

Verifica-se que a parcela Benefício com redução dos custos advindos de acidentes rodoferroviários é expressiva no cálculo da sensibilidade Benefício/Custo e sua inserção na fórmula eleva a relação B/C, por conseguinte, aumenta a capacidade do empreendimento em suportar riscos, assim como a atratividade do projeto para empresários e investidores.

A análise aplicada no presente estudo de caso pode ser extrapolada para avaliação de todo projeto ferroviário. Dessa maneira, com o método desenvolvido do modelo de previsão de acidentes do USDOT, ou com dados registrados de acidentes nas passagens em nível de determinado trecho ferroviário, correlacionado com o custo unitário de um incidente, realiza-se o diagnóstico do custo total anual advindos de acidentes rodoferroviários. Os resultados encontrados fornecem suporte adicional na decisão de avançar ou não com a construção de desvios ferroviários.

Nesse estudo foram realizadas análises baseadas no método USDOT com dados obtidos do PROSEFER, EVTEA e da base de dados histórica dos acidentes ferroviários ocorridos de 01/01/2017 até 15/08/2022 na Concessionária Rumo Malha Sul S.A no estado do Paraná. Estas análises forneceram valores quantitativos para número de acidentes e custos que foram comparados, respectivamente, com Silva *et al.* (2021) e Bert *et al.* (2020).

No caso, a Nova Ferroeste implementará um contorno ferroviário na Região Metropolitana de Curitiba, eliminando todas as passagens de nível, zerando o número de acidentes e respectivos custos. Assim, pode-se concluir, conforme tabelas comparativas apresentadas, que o impacto da retirada dos cruzamentos rodoferroviários em nível da Região Metropolitana de Curitiba, além de evitar 11,5 acidentes por ano, trará uma economia de R\$ 63,9 milhões/ano.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Essa seção do trabalho apresenta as considerações finais do trabalho, resumindo os principais resultados e análises efetuadas, assim como apresenta as implicações práticas e

teóricas do trabalho. Além disso, inclui sugestões de possíveis trabalhos futuros e considerações para a aplicação dos resultados.

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise realizada no presente estudo, o nível previsto de 11,5 acidentes por ano mostrou que os custos com acidentes ferroviários em passagens em nível são bastante significativos. O valor de cerca de 64 milhões anual associado aos acidentes nas passagens em nível da Região Metropolitana de Curitiba é expressivo e indica um custo elevado para o empreendimento e para a sociedade. Esses custos incluem não apenas os danos materiais aos veículos e às linhas férreas, mas também os associados aos ferimentos, incapacidades e mortes de pessoas envolvidas nos acidentes.

Vale ressaltar que os custos de acidentes são ainda maiores do que os valores obtidos, pois não foram considerados os efeitos secundários no presente estudo. Uma extrapolação baseada no estudo de Bert *et al.* (2020) permitiu obter uma estimativa de cerca de R\$ 81 milhões/ano.

Essa análise pode ser útil para justificar investimentos em medidas de segurança que podem ajudar a reduzir o número e os custos dos acidentes em passagens em nível. Ao avaliar os custos e benefícios dessas medidas, as autoridades podem tomar decisões mais assertivas sobre a melhor forma de alocar recursos para incrementar a segurança ferroviária.

Além disso, essa análise pode ser útil para conscientizar a população sobre a importância da segurança em passagens em nível e incentivar comportamentos seguros, como seguir as regras de trânsito e prestar atenção aos sinais de alerta. Com uma abordagem abrangente que envolve educação, conscientização e investimentos em medidas de segurança, é possível e viável economicamente (relação Benefício/Custo) reduzir o número de acidentes em passagens em nível e seus custos associados.

Com relação ao estudo de caso, a pesquisa demonstrou que o investimento na construção do contorno ferroviário na Região Metropolitana de Curitiba no empreendimento da Nova Ferroeste se justifica pela redução significativa de acidentes em passagens em nível, e conseqüentemente dos custos advindos destes. Esse benefício representa uma porcentagem de aproximadamente 16% (ou 20%, considerando os efeitos secundários) do investimento total da obra quando projetado ao longo de um período de 60 anos de concessão. Ressalta-se que esse percentual foi obtido considerando-se apenas o trecho da região metropolitana de Curitiba. Caso

a extensão total da Nova Ferroeste fosse considerada o benefício considerando apenas os acidentes nas PN's certamente seria maior que o valor total do investimento.

O estudo de caso não tem, contudo, o objetivo de esgotar as possibilidades de aplicação do método, mas também de esclarecer e dar maior consistência à pesquisa, dadas as restrições de diferentes naturezas no decorrer do estudo.

O resultados do presente estudo tornam explícita a necessidade de incluir a variável, “benefício com redução de custos advindos de acidentes rodoferroviários”, na análise Benefício/Custo de um empreendimento ferroviário, uma vez que fornece suporte adicional para a decisão de avançar em determinado planejamento.

Conclui-se também que o método desenvolvido neste trabalho pode ser aplicado na seleção de alternativas de investimento em qualquer empreendimento ferroviário. Dessa maneira, utilizando um modelo de previsão de acidentes, ou mesmo registros de acidentes nas passagens em nível de determinado trecho ferroviário oriundos das concessionárias, correlacionado com o custo médio unitário de um incidente, calcula-se o benefício que a obra pode trazer à região por meio da redução de acidentes. De posse desse, somado aos demais benefícios peculiares de cada projeto, examina-se a viabilidade econômica de uma alternativa.

Considera-se ainda que a busca por dados que proporcionem mais segurança ao avaliador é válida, bem como a aplicação de outros métodos existentes para o cálculo do número de acidentes ou do custo unitário

6.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para a continuidade dos trabalhos nesta área de estudo, visando o processo de validação e comparação do método utilizado, recomenda-se como estudo futuro a análise estatística dos dados de acidente para examinar o quanto a estimativa dos modelos se ajusta à realidade. Os resultados podem validar o modelo de previsão de acidente. Destaca-se também a existência de novos modelos de previsão de acidentes, os quais podem ser explorados a fim de auxiliar na tomada de decisões preventivas e na redução dos custos associados a esses eventos indesejáveis.

Ademais, propõe-se a consideração dos componentes dos custos de efeitos secundários no cálculo do custo total com acidentes nas passagens em nível, os quais incluem: custos de atraso e reencaminhamento de rotas; custos da cadeia de suprimentos relacionados ao

transporte; custos relacionados a perda de produtividade e custos ambientais relacionados a colisões catastróficas raras.

Para a obtenção dos resultados sugeridos nos dois parágrafos anteriores torna-se necessária a realização de uma exaustiva coleta de dados, seguindo procedimentos rígidos com foco na qualidade da informação em conjunto com as concessionárias, para a elaboração de uma base de dados confiável no que se refere à quantidade e localização dos acidentes, a gravidade dessas colisões, os custos, entre outras variáveis.

REFERÊNCIAS

ABNT. Norma Brasileira nº 7613, de 2020. **NBR 7613**: Via férrea - Travessia Rodoviária - Determinação do grau de importância e momento de circulação. 4. ed. p. 1-20.

ABNT. Norma Brasileira nº 15942, de 2019. **NBR 15942**: Via férrea - Travessia Rodoviária – Passagem de nível pública – Classificação e requisitos para equipamento de proteção. 2. ed. p. 1-13.

ABREU, Victor Hugo Souza de; TRINDADE, Daniela Quintaes Louvain. **Um estudo cientométrico e sistemático sobre acidentes de pedestres em vias ferroviárias**. In: 33º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú. Artigo científico. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - Anpet, 2019. p. 3593-3604.

ANTT. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Declaração de Rede - 2022**. 2022. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/declaracao-de-rede-2022>. Acesso em: 09 jul. 2022.

ANTT. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução nº 5.902, de 21 de julho de 2020. Estabelece procedimentos para comunicação pelas concessionárias e subconcessionárias da ocorrência de acidentes ferroviários e de interrupções temporárias de tráfego em infraestrutura ferroviária federal concedida. **Resolução Nº 5.902**. 140. ed. Imprensa Nacional: Diário Oficial da União, 23 jul. 2020. n. 5.902, Seção 1, p. 62-68.

ANTF. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES FERROVIÁRIOS. **Informações Gerais: o setor ferroviário de carga brasileiro**. 2020. Disponível em: <https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>. Acesso em: 01 set. 2021.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (Brasil). **Conversor de Moedas**. 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/conversao>. Acesso em: 31 jan. 2023.

BARROS, Magno da Silva; MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais - um estudo de caso. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Artigo científico**. Salvador: Enegep, 2009. p. 1-13.

BERT, Steven et al. **Comprehensive Cost of Rail Incidents in North Carolina**. North Carolina: Institute For Transportation Research And Education, 2020. 96 p.

BORGES NETO, Camilo. **Manual Didático de Ferrovias**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012. 202 p. Departamento de Transportes.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, DF.

BRASIL. **Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001.** Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, [...] e dá outras providências. Publicado no D.O.U de 6.6.2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110233.htm. Acesso em: Data:12/05/2021

BROD, Daniel et al. **Comprehensive Costs of Highway-Rail Grade Crossing Crashes: nchrp report 755.** 755. ed. Washington, Dc: National Cooperative Highway Research Program, 2013. Research sponsored by the American Association of State Highway and Transportation Officials in cooperation with the Federal Highway Administration.

CAMPOS NETO, Carlos Alvares da Silva et al. **Gargalos e demandas da infraestrutura ferroviária e os investimentos do PAC: Mapeamento IPEA de obras ferroviárias.** Brasil: Econstor, 2010. 47 p.

CARMO, Renata Cristina do; CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa; GUIMARÃES, Jorge Eduardo. **Procedimento para avaliação da segurança de passagens de nível.** Rede Íbero-Americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2007.

CASTORINO, Ademir Batista. **Proposições para solução de conflitos ferroviários /** Ademir Batista Castorino.– Brasília, DF: Agência Nacional de Transportes Terrestres, ANTT, 2014.71 p.: il.ISBN: 978-85-60298-05-11. Transporte ferroviário. 2. Transportes – Planejamento. I. Título

Conselho Nacional de Trânsito (Brasil). (CONTRAN). **Cruzamentos Rodoferroviários /** CONTRAN - DENATRAN. 1ª edição – Brasília: CONTRAN, 2021. 122p.: il. (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito).

CONSÓRCIO TPF SENER. **Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico da Nova FERROESTE (EVTEA-J):** fase 01: programação. relatório de programação dos trabalhos. Curitiba: Tpf, 2020. 42 p. Trecho: Paranaguá (PR) - Maracaju (MS), Ramal: Cascavel (PR) - Foz do Iguaçu (PR).

CONSÓRCIO TPF SENER. **Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico da Nova FERROESTE:** fase 02: estudos preliminares. relatório parcial dos estudos de demanda e definição do traçado preliminar. Curitiba: Tpf Engenharia, 2021. Trecho: Paranaguá (PR) - Maracaju (MS).

COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão.** In: XXXVI - SBPO. O IMPACTO DA PESQUISA OPERACIONAL NAS NOVAS TENDÊNCIAS MULTIDISCIPLINARES, 36., 2002, São João Del-Rei. Tese. Niterói: Sbp, 2002. p. 1-104.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Boletins Técnicos CNT: Boletim Unificado.** Brasília: CNT, 2022. Dados consolidados em setembro de 2022.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil: percentual aumentou de 2014 para 2015, impactado pelo aumento dos estoques;**

valor total se aproxima de r\$ 750 bilhões. 2016. Por Agência CNT Transporte Atual. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil>. Acesso em: 01 set. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2011.** Brasília: Cnt, 2011. 184 p.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **O sistema ferroviário brasileiro.** Brasília: Cnt, 2013. 58p. Transporte e Economia.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **DNIT inicia programa para regularizar faixas de domínio de rodovias e ferrovias: projeto será executado ao longo de 20 anos.** 2015. Com informações do DNIT. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/dnit-inicia-programa-para-regularizar-faixas-de-dominio-em-rodovias-e-ferrovias>. Acesso em: 25 fev. 2023.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2015.** Brasília: Cnt, 2015. 234 p.

DIÁRIO DO SENADO FEDERAL. Congresso. Senado. **Projeto de Lei nº 1786, de 2021. Dispõe sobre a organização da Polícia Ferroviária Federal.** Brasília, DF, 13 maio 2021. p. 141-161. Autoria: Senadora Rose de Freitas (MDB/ES).

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2003) Glossários do Termos Ferroviários. Versão 1, Brasília 2003. 70 p.

DNIT. Diretoria de Infraestrutura Ferroviária. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Relatório de atualizações e informações do PROSEFER 2019.** Brasília: DNIT, 2019.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Relatório de Atualização do PROSEFER: tomo ii.** Brasília: Dnit, 2019. 246 p. Diretoria de Infraestrutura Ferroviária - Coordenação de Construções Ferroviárias.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Histórico.** 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/ferrovias/historico>. Acesso em: 24 nov. 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **ISF-221: Projeto de Passagem em Nível:** instrução de serviço ferroviário-isf. Brasília: Dnit, 2015. 17 p.

EGIS - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA (Curitiba). **Elaboração do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental - EVTEA, para a solução dos conflitos ferroviários em Curitiba/PR e Região Metropolitana.** Curitiba: Dnit, 2017. 3 v. (Volume 1 - Relatório do Estudo (Ramal Oeste)). Supervisão: DNIT SEDE - Brasília/DF.

FANTIN, Elvira. **Nova Ferroeste: promessa de menos apito de trem em Curitiba e fim de gargalo do PR.** 2021. Gazeta do Povo. Disponível em:

<https://www.gazetadopovo.com.br/parana/nova-ferroeste-menos-buzina-de-trem-em-curitiba-e-fim-de-gargalo/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

Ferroeste (2022). **A empresa**. Disponível em: <https://www.ferroeste.pr.gov.br/Pagina/empresa>. Acesso em 25/03/2022.

FIELDS, J.M.; WALKER, J.G.. **The Response to Railway Noise in Residential Areas in Great Britain**. Journal Of Sound And Vibration: Institute of Sound and Vibration Research. England, p. 177-255. 16 fev. 1982.

FIPE. FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste, Trecho: Maracaju (MS) - Paranaguá (PR), Ramal: Foz do Iguaçu (PR) - Cascavel (PR)**: tomo i - informações gerais e caracterização do empreendimento. São Paulo: Fipe, 2021. 240 p. (Volume I).

FRA. Federal Railroad Administration. U.s. Department Of Transportation. **Reference Manual: system for highway rail - grade crossing investment analysis**. Washington, Dc: Federal Railroad Administration, 2014. 65 p. GradeDec.Net Reference Manual.

GITELMAN, V.; HAKKERT, A.s.. **The evaluation of road-rail crossing safety with limited accident statistics**. Accident Analysis & Prevention, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 171-179, mar. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0001-4575\(96\)00069-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0001-4575(96)00069-3).

HASNAT, Mehedi; HOQUE, Shamsul; ISLAM, Rakibul. **Evaluation of Economic, Environmental and Safety Impact of At-Grade Railway Crossings on Urban City of Developing Country**. Global Journal Of Researches In Engineering: Civil And Structural Engineering. Usa, jan. 2016. Versão 1.0, Seção 4, p. 1-12.

HAUER, Ezra. **On the estimation of the expected number of accidents**. Accident Analysis & Prevention, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 1-12, fev. 1986. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(86\)90031-x](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(86)90031-x).

HESSAMI, A.G.. **Reliability and Safety in Railway**. Shanghai: Intechopen, 2012. 432 p. (Capítulo 9). Edited by Dr. Xavier Perpinya.

HOEL, Lester et al. **Engenharia de infraestrutura de transportes: Uma integração multimodal**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 616 p. Revisão técnica Carlos Alberto Bandeira Guimarães.

IPEA. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Transporte Ferroviário de Cargas no Brasil: Gargalos e Perspectivas para o Desenvolvimento Econômico e Regional**. 50. ed. Brasília: Ipea, 2010. (Eixos do Desenvolvimento Brasileiro). Comunicados do IPEA.

JONSSON, Lina; BJÖRKLUND, Gunilla. **Marginal cost estimation for level crossing accidents: Evidence from the Swedish railway 2000-2012**: cts working paper 2015:7. Centre For Transport Studies. Estocolmo, p. 1-17. jul. 2015.

LANG, A. E. (2007). **As Ferrovias no Brasil e Avaliação Econômica de Projetos: Uma Aplicação em Projetos Ferroviários**. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM - 002A/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF 154 p.

Lei Nº 6.766 de 19 de Dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências.

LIANG, Ci; GHAZEL, Mohamed; CAZIER, Olivier; EL-KOURSI, El-Miloudi. **Developing accident prediction model for railway level crossings**. Safety Science, [S.L.], v. 101, p. 48-59, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.013>.

LOBATO, Paulo. **Via permanente: a superestrutura**. 2021. Atualizado em 28 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.brferrovia.com.br/post/via-permanente-superestrutura>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MARTINS, Ellen Regina Capistrano (2011) **Regulamentação do Transporte Ferroviário de Carga**. Apostila do Curso de Especialização em Transportes Ferroviário de Carga. ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos.

MIGUEL, D. A. A. (2018). **Relatório do intercâmbio entre ANTT e ERA – Segurança Ferroviária**. Disponível em <<https://www.antt.gov.br/relacionamento-internacional>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.

MIGUEL, Daniel Alfredo Alves. **Acidentes Ferroviários no Brasil: análise comparativa com a União Europeia**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 34., 2020, 100% Digital. **Artigo científico**. 100% Digital: Anpet, 2020. p. 210-221.

MILLER, Ted R.; DOUGLASS, John B.; PINDUS, Nancy M.. **Railroad Injury: Causes, Costs and Comparisons with Other Transport Modes**. Journal Of Safety Research. Usa, p. 183-195. jan. 1994.

MRS. **Segurança ferroviária: o desafio de uma nova cultura**. O desafio de uma nova cultura. 2014. Disponível em: <https://www.mrs.com.br/seguranca/ferrovia/>. Acesso em: 15 set. 2021.

NOVA FERROESTE. Grupo de Trabalho do Plano Estadual Ferroviário. **O projeto: um projeto nacional com dna paranaense**. Um projeto nacional com DNA paranaense. 2020. Disponível em: <https://www.novaferroeste.pr.gov.br/Pagina/O-Projeto>. Acesso em: 28 mar. 2022.

NOVA FERROESTE. Grupo de Trabalho do Plano Estadual Ferroviário. **O trecho ferroviário: engenharia simultânea possibilita a definição do melhor traçado**. Engenharia simultânea possibilita a definição do melhor traçado. 2021. Disponível em: <https://www.novaferroeste.pr.gov.br/Pagina/O-trecho-ferroviario>. Acesso em: 28 mar. 2022.

OGDEN, Brent D.; COOPER, Chelsey. **Highway-Rail Crossing Handbook**. 3. ed. Washington: Federal Railroad Administration, 2019. 250 p. (3).

PAULA, Dilma Andrade De. "154 ANOS DE FERROVIAS NO BRASIL: PARA ONDE CAMINHA ESSE TREM?" *História Revista : Revista Do Departamento De História* 13.1 (2009): *História Revista : Revista Do Departamento De História*, 2009, Vol.13 (1). Web.

PAIVA, Cassio Eduardo Lima de. **Super e infraestruturas de ferrovias: critérios para projeto** / Cassio Eduardo Lima de Paiva. – 1. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. ISBN 9788535280395

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Aprova o Regulamento dos Transportes Ferroviários. **Decreto Nº 1.832, de 4 de Março de 1996**. Brasília, DF, 04 mar. 1996. Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos.

RESENDE, P. T., Oliveira, M. P. V., Sousa, P. R., **Análise do Modelo de Concessão no Transporte Ferroviário Brasileiro: a Visão dos Usuários**. Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial da Universidade Estácio de Sá – Rio de Janeiro, 2009.

ROSA, Rodrigo de Alvarenga. **Operação Ferroviária, Planejamento, Dimensionamento e Acompanhamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Inclui bibliografia e índice. ISBN 978-8-5216-3077-7.

SAATY, T.L., **Método de Análise Hierárquica**, São Paulo SP, Brás; McGraw-Hill-Makron, 1991. (Versão ampliada e revisada por Wainer da Silveira e Silva, do original em inglês *The Analytic Hierarquic Process*, Pittsburg, USA: R WS Publications, 1980.)

SILLA, Anne; KALLBERG, Veli-Pekka. The development of railway safety in Finland. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 45, p. 737-744, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.043>.

SILVA, Keli Pereira da et al. **Análise de Acidentes Ferroviários em Curitiba/PR entre os anos de 2016 e 2020**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E AGRONOMIA - CONTECC, 7., 2021, Digital. Anais do Contecc 2021. Digital: Contecc, 2021. v. 1, p. 1-5.

STIVALI, Matheus. **Valor de uma vida estatística: uma revisão da literatura empírica para o Brasil**. Brasília: Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2022. 28 p. Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional.

TAGGART, R.C. et al. **Evaluating Grade-Separated Rail and Highway Crossing Alternatives**. Washington, DC: National Cooperative Highway Research Program, 1987. 87 p. (Report 288). Transportation Research Board Executive Committee Subcommittee for NCHRP.

TCU. Tribunal de Contas da União. **Produto 3 - Modelo desenvolvido de métodos e técnicas referente a validação de dados para a gestão regulatória**. Brasília: Fundação Getúlio Vargas, 2007. 69 p. Projeto de apoio à modernização e o fortalecimento institucional do Tribunal de Contas da União - Aperfeiçoamento do controle externo da regulação.

TECNOLOGÍSTICA. **Rumo e prefeitura de Jales inauguram novo viaduto**: obra visa acabar com os riscos de acidente no cruzamento com os trens. 2022. Disponível em: <https://tecnologistica.com.br/categoria/infraestrutura/rumo-e-prefeitura-de-jales-inauguram-novo-viaduto.html>. Acesso em: 22 fev. 2023.

TUSTIN, B.H. et al. **Railroad-Highway Grade Crossing Handbook**: 2nd edition. 2. ed. Fairfax: U.S Department Of Transportation - Federal Highway Administration, 1986. 257 p. (Report No. FHWA TS-86-215).

U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS (Estados Unidos). United States Department Of Labor. **CPI Inflation Calculator**. 2022. Disponível em: https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm. Acesso em: 31 jan. 2023.

VEJA Rio. **Dez motivos para visitar o Museu do Trem**. Fechado desde 2007, o espaço dedicado às ferrovias e locomotivas do país reabriu na terça. Veja o que você vai encontrar por lá. 2017. Elaborado por Louise Peres. Disponível em: <https://vejario.abril.com.br/cidade/museu-do-trem/>. Acesso em: 25 nov. 2022.

VIDADMAQUINISTA. **Ferroeste: história construída pelo povo paranaense**. 2011. Postado por Clodoaldo. Disponível em: <http://vidadmaquinista.blogspot.com/2011/04/ferroeste-historia-construida-pelo-povo.html>. Acesso em: 27 mar. 2023.

VILAÇA, Rodrigo. **O Transporte Ferroviário de Cargas**: coninfra. São Paulo: ANTF - Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, 2012. 83 slides, color.

WOSNIACKI, Giacomo Gustavo. **Estudo de métodos para avaliação da segurança em passagens em nível e de alternativas de proteção**. 2014. 81 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; BUNN, Fernando. Noise annoyance through railway traffic - a case study. **Journal Of Environmental Health Science And Engineering**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 12-14, 8 jan. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/2052-336x-12-14>.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; DINIZ, Fabiano Belisário; BARBOSA, Wiliam Alves. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. **Applied Acoustics**, [S.L.], v. 63, n. 4, p. 351-358, abr. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0003-682x\(01\)00052-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0003-682x(01)00052-4).
15MIN. **Another safe underground railway crossing installed in Kaunas**: in Kaunas, at ugniakuras street, the installation of a railway underpass for pedestrians has been completed. 2021. Disponível em: <https://www.15min.lt/en/article/economy/another-safe-underground-railway-crossing-installed-in-kaunas-527-1464842>. Acesso em: 01 mar. 2023.

APÊNDICE I

Aplicação do modelo de previsão de acidentes de USDOT

Cod.	Km	Localização	Mec. Prot.	Volume médio diário 2015					volume 2022	T	EI	K	dtrhu	DT	ms (km/h)	ms(mph)	MS	MT	lanes	HL	paved	HP	a	Adj	HSR NA	N	T0	DOT NA
				caminhão	ônibus	auto	moto	total																				
A1	108,858	Rua Schiller	Luz intermitente	60,7	440	7403,2	1424,3	9328,2	10226,990	2	128,979	0,0003351	2	1,312	15	9,321	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0824	0,461	0,038	1	7,552	0,060
A2	107,5	Rua Governador Agamenon Magalhães	Luz intermitente	199,4	112,3	8792	1050,7	10154,4	11132,796	2	133,552	0,0003351	2	1,312	40	24,855	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0853	0,461	0,039	1	7,389	0,061
A3	107,44	Rua João Danka	Luz intermitente	106,6	87,1	12900,9	1631,7	14726,3	16145,207	2	155,575	0,0003351	2	1,312	40	24,855	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0994	0,461	0,046	0	6,693	0,026
A4	106,74	Rua Santo André	Luz intermitente	52,7	152,4	14825,9	1847,1	16878,1	18504,337	2	164,535	0,0003351	2	1,312	40	24,855	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1051	0,461	0,048	1	6,446	0,067
A5	105,45	Rua Professor Nivaldo Braga	Luz intermitente	665,7	784,9	14411,1	1845,9	17707,6	19413,760	2	167,808	0,0003351	2	1,312	40	24,855	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1072	0,461	0,049	1	6,360	0,068
A6	104,12	Av. Presidente Afonso Camargo	Luz intermitente	231,5	120,3	8341,7	1109,2	9802,7	10747,209	2	131,633	0,0003351	2	1,312	40	24,855	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0841	0,461	0,039	4	7,456	0,171
A7	104,05	Rua Delegado Leopoldo Belczac	Luz intermitente	291	139,8	10853,3	1747,4	13031,5	14287,109	2	147,957	0,0003351	2	1,312	40	24,855	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0945	0,461	0,044	0	6,918	0,025
C1	35,901	Rua Itaperuçu	Passivo	115,7	159,3	1686,7	434,3	2396	2626,859	4	62,345	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,0838	0,677	0,057	0	7,471	0,034	
C2	35,301	Rua Agrimensor Gildo Pinheiro da Luz	Passivo	1182,5	77,9	3897	315,1	5472,5	5999,786	4	84,628	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,1138	0,677	0,077	1	6,105	0,103	
C3	31,317	Rua Itatiaia	Passivo	191,4	106,6	1514,8	150,1	1962,9	2152,029	4	57,911	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,0779	0,677	0,053	1	7,820	0,085	
C4	30,937	Rua Itatiaia	Passivo	41,3	30,9	174,2	214,3	460,7	505,089	4	33,874	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0251	0,677	0,017	0	13,318	0,012
C5	30,247	Rua Itatiaia	Passivo	26,4	0	37,8	20,6	84,8	92,971	4	18,112	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0134	0,677	0,009	0	15,770	0,007
C6	29,387	Rua Itatiaia	Passivo	9,2	0	21,8	14,9	45,9	50,323	4	14,434	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0107	0,677	0,007	0	16,477	0,006
C7	28,817	Rua Itatiaia	Passivo	39	0	40,1	24,1	103,2	113,144	4	19,476	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0144	0,677	0,010	0	15,522	0,007
C8	28,657	Rua Itatiaia	Passivo	307,1	0	1501	359,8	2167,9	2376,781	4	60,079	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,0808	0,677	0,055	0	7,645	0,033	
C9	28,397	Rua Itatiaia	Passivo	57,3	18,3	809	166,1	1050,7	1151,937	4	45,956	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0340	0,677	0,023	0	11,900	0,016
C10	27,9	Rua Itatiaia	Passivo	291	87,1	2448,6	394,2	3220,9	3531,240	4	69,557	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,0935	0,677	0,063	1	6,967	0,093	
C11	27	PR 092 (Estrada do Minério)	Luz intermitente	3690,7	310,5	13560,9	1255,8	18817,9	20631,040	4	228,697	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1572	0,461	0,072	1	4,826	0,082
C12	23,41	Rua Aleixo Broto	Passivo	36,7	81,4	154,7	134,1	406,9	446,106	4	32,353	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0240	0,677	0,016	0	13,521	0,012
C13	22,4	Rua Aleixo Broto	Passivo	69,9	84,8	428,5	82,5	665,7	729,841	4	38,816	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0287	0,677	0,019	1	12,699	0,052
C14	21,12	Rua Aleixo Broto	Passivo	18,3	0	98,5	59,56	176,36	193,353	4	23,746	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0176	0,677	0,012	0	14,796	0,009
C15	20,9	Rua Aleixo Broto	Passivo	174,2	88,2	1795,5	631,4	2689,3	2948,419	4	65,066	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,0875	0,677	0,059	1	7,273	0,090	
C16	20,59	Rua Pedro Teixeira Alves	Passivo	163,9	84,8	1332,6	135,2	1716,5	1881,888	4	55,107	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	0,0741	0,677	0,050	0	8,057	0,031	
C17	18,76	Rua Coronel Cândido de Oliveira	Luz intermitente	72,2	98,5	2563,2	221,1	2955	3239,720	4	106,939	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0735	0,461	0,034	0	8,096	0,021
C18	18,37	Rua São Vicente	Passivo	0	0	53,9	41,3	95,2	104,373	4	18,903	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0140	0,677	0,009	0	15,625	0,007
C19	17,66	Rua México	Passivo	5,7	0	64,2	35,5	105,4	115,555	4	19,629	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0145	0,677	0,010	0	15,495	0,007
C20	16,8	Rua São João	Passivo	0	0	24,1	19,5	43,6	47,801	4	14,162	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0105	0,677	0,007	0	16,532	0,005

C21	15,511	Estrada Velha Grécia	Passivo	5,7	0	68,8	28,6	103,1	113,034	4	19,469	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0144	0,677	0,010	1	15,524	0,040
C22	15,081	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	Luz intermitente	122,6	66,5	1512,5	239,5	1941,1	2128,129	4	89,991	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0619	0,461	0,028	0	8,939	0,018
C23	14,591	Rua Bonifácio Bento Cordeiro	Passivo	1,1	0	26,4	20,6	48,1	52,735	4	14,686	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0109	0,677	0,007	0	16,427	0,006
C24	14,201	Rua Jatobá	Passivo	0	0	110	36,7	146,7	160,835	4	22,182	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0164	0,677	0,011	0	15,054	0,008
C25	14,091	Rua Araucária	Luz intermitente	155,8	102	1959,4	307,1	2524,3	2767,521	4	100,240	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0689	0,461	0,032	0	8,409	0,020
C26	13,641	Rua Antônio Johnsson	Luz intermitente	563,8	424	9327,1	2020,1	12335	13523,500	4	192,284	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1322	0,461	0,061	1	5,489	0,076
C26-1	13,531	Rua Contenda	Passivo	0	0	12,6	19,5	32,1	35,193	4	12,646	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0094	0,677	0,006	0	16,845	0,005
C27	12,661	Rua Francisco Kruger	Luz intermitente	568,3	572,9	13539,2	2833,6	17514	19201,507	4	222,053	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1527	0,461	0,070	0	4,934	0,035
C27-1	12,101	Rua Maria Madalena	Passivo	19,5	0	228	118	365,5	400,717	4	31,093	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0230	0,677	0,016	0	13,694	0,011
C27-2	13,969	Rua Antonio de Souza	Passivo	24,1	0	245,2	72,2	341,5	374,404	4	30,322	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	2	0,551	0,0225	0,677	0,015	1	13,802	0,047
C28	13,599	Rua Professor Alberto Piekarz	Luz intermitente	324,3	369	8786,3	1330,3	10809,9	11851,454	4	182,142	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1252	0,461	0,058	1	5,707	0,074
C29	13,349	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	Passivo	18,3	0	100,8	35,5	154,6	169,496	4	22,617	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,0304	0,677	0,021	0	12,435	0,015
C30	13,209	Rua Diácono Silvério da Silva Negrão	Passivo	19,5	0	96,3	39	154,8	169,715	4	22,627	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,0304	0,677	0,021	0	12,433	0,015
C31	12,929	Av. Anita Garibaldi	Passivo	76,8	1203,1	12305,1	2056,8	15641,8	17148,917	4	124,817	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,1679	0,677	0,114	0	4,590	0,054
C32	12,819	Rua Rolando Salin Zappa Mansur	Passivo	37,8	0	1255,8	84,8	1378,4	1511,211	4	50,811	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,0683	0,677	0,046	0	8,451	0,029
C34	12,569	Av. Anita Garibaldi	Passivo	98,5	807,8	13900,1	1526,3	16332,7	17906,386	4	126,829	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,1706	0,677	0,115	0	4,534	0,055
C35	12,299	Av. Anita Garibaldi	Passivo	272,7	968,2	8930,6	2267,6	12439,1	13637,631	4	114,672	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,1542	0,677	0,104	0	4,897	0,052
C36	12,119	Rua Flávio Dallegrove	Passivo	111,1	0	166,1	0	277,2	303,909	4	28,070	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,0377	0,677	0,026	0	11,396	0,018
C37	11,719	Av. Anita Garibaldi	Passivo	542	1006	22653,1	1507,9	25709	28186,110	4	150,009	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,2017	0,677	0,137	0	3,972	0,060
C38	11,259	Av. Anita Garibaldi	Luz intermitente	670,3	906,4	16374	2260,7	20211,4	22158,806	4	235,505	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	3	1,441	-	1	0,1943	0,461	0,089	0	4,093	0,040
C39	10,519	Rua Professor Cobbe	Passivo	315,1	85,9	7824,9	532,8	8758,7	9602,617	4	100,714	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,1354	0,677	0,092	0	5,392	0,048
C40	9,809	Rua Reinaldo Hecke	Passivo	135,2	0	3657,5	460,6	4253,3	4663,113	4	77,093	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,1037	0,677	0,070	1	6,507	0,098
C41	9,369	Av. Anita Garibaldi	Passivo	0	0	26,4	28,6	55	60,299	4	15,432	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,0208	0,677	0,014	0	14,134	0,010
C42	8,079	Rua Francisco Krainski	Passivo	45,8	0	2431,5	170,7	2648	2903,140	4	64,695	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,0870	0,677	0,059	0	7,299	0,035
C43	7,219	Av. Anita Garibaldi	Luz intermitente	207,4	516,8	15083,8	1466,7	17274,7	18939,150	4	220,802	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1518	0,461	0,070	1	4,955	0,081
C44	6,362	Rua Simão Mansur	Luz intermitente	734,5	702,4	27474,8	3089,2	32000,9	35084,247	4	284,408	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	4	1,729	-	1	0,2817	0,461	0,130	1	3,015	0,106

C45	5,072	Rua Vicente Ciccarino	Luz intermitente	182,2	236	12105,7	704,7	13228,6	14503,200	4	197,886	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1360	0,461	0,063	0	5,375	0,032
C46	4,632	Rua Jovino do Rosário	Luz intermitente	323,1	458,3	32295,3	2242,4	35319,1	38722,162	4	296,165	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	4	1,729	-	1	0,2934	0,461	0,135	0	2,912	0,050
C47	4,522	Av. Paraná	Luz intermitente	42,4	744,8	7244	1273	9304,2	10200,677	4	171,262	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	4	1,729	-	1	0,1696	0,461	0,078	1	4,553	0,085
C48	4,405	Rua Deputado Joaquim José Pedrosa	Passivo	250,9	547,7	30120,5	1768	32687,1	35836,563	4	163,948	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,2205	0,677	0,149	4	3,697	0,375
C49	4,225	Rua Nicarágua	Passivo	79,1	713,9	10544	553,4	11890,4	13036,062	4	112,774	0,0006938	4	1,720	25	15,534	1,127	1	-	1	1	1	0,1517	0,677	0,103	1	4,959	0,119
C50	4,105	Av. Prefeito Erasto Gaertner	Luz intermitente	111,1	592,4	12898,6	1282,2	14884,3	16318,430	4	207,704	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	3	1,441	-	1	0,1714	0,461	0,079	2	4,517	0,134
C52	2,78	Rua Jaime Balão	Luz intermitente	87,1	0	305,9	4107,8	4500,8	4934,461	4	127,105	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0874	0,461	0,040	1	7,279	0,061
C53	2,354	Rua Augusto Stresser	Luz intermitente	183,3	592,4	20142,6	1467,8	22386,1	24543,043	4	245,597	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1688	0,461	0,078	1	4,569	0,085
C54	1,884	Rua Fernandes de Barros	Luz intermitente	60,7	0	4348,4	213,1	4622,2	5067,558	4	128,502	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0883	0,461	0,041	0	7,228	0,024
C55	1,664	Rua Itupava	Luz intermitente	190,2	158,1	15805,6	719,6	16873,5	18499,293	4	218,682	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1503	0,461	0,069	0	4,991	0,035
C56	1,474	Rua Professor Brandão	Luz intermitente	63	229,2	11441,1	807,8	12541,1	13749,459	4	193,597	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1331	0,461	0,061	0	5,462	0,032
C57	1,154	Rua Quinze de Novembro	Luz intermitente	147,8	543,1	18862,7	2405,1	21958,7	24074,462	4	243,661	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	3	1,441	-	1	0,2011	0,461	0,093	0	3,983	0,041
C58	1,084	Rua Marechal Deodoro	Luz intermitente	317,4	576,4	18289,8	1797,8	20981,4	23002,997	4	239,148	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	3	1,441	-	1	0,1974	0,461	0,091	1	4,043	0,092
C59	0,958	Rua Fernando Amaro	Luz intermitente	51,6	75,6	1616,8	108,9	1852,9	2031,430	4	88,289	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,0607	0,461	0,028	1	9,034	0,051
C60	0,838	Rua Padre Germano Mayer	Luz intermitente	91,7	88,2	13385,6	521,4	14086,9	15444,199	4	203,061	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1396	0,461	0,064	2	5,274	0,123
C61	0,701	Rua Reinaldo Schafemberg de Quadros	Luz intermitente	34,4	35,5	10777,7	430,8	11278,4	12365,095	4	185,342	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1274	0,461	0,059	0	5,636	0,031
C62	0,541	Avenida Senador Souza Neves	Luz intermitente	25,2	247,5	13525,4	1141,3	14939,4	16378,839	4	208,019	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1430	0,461	0,066	1	5,181	0,079
C63	0,75	Rua Francisco Alves Guimarães	Luz intermitente	61,9	214,3	10958,8	731	11966	13118,947	4	189,901	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	2	1,200	-	1	0,1306	0,461	0,060	0	5,538	0,032
C64	0,45	Av. Presidente Afonso Camargo	Luz intermitente	213,1	1160,7	20956,1	2400,5	24730,4	27113,220	4	255,848	0,0003351	4	1,411	25	15,534	1	1,211	6	2,492	-	1	0,3651	0,461	0,168	0	2,409	0,055
D1	102,115	Av. Camilo di Lellis	Luz intermitente	1955,9	339,2	29607,2	4307,2	36209,5	39698,353	27,62	661,507	0,0003351	27,62	1,747	33	20,505	1	1,211	6	2,492	-	1	1,1692	0,461	0,538	3	0,820	0,313
D2	100,4	Rua Uganda	Luz intermitente	262,4	1002,6	19855	1172,2	22292,2	24440,095	27,62	542,043	0,0003351	27,62	1,747	33	20,505	1	1,211	4	1,729	-	1	0,6649	0,461	0,306	5	1,399	0,427
D2-1	99,935	Rua Marrocos	Passivo	7,6	0	183,3	57,3	248,2	272,115	27,62	55,075	0,0006938	27,62	2,408	33	20,505	1,171	1	-	1	2	0,551	0,0593	0,677	0,040	4	9,145	0,217
D3	99,235	Rodovia PR-415	Passivo	1435,7	835,3	27896,5	3440,9	33608,4	36846,632	27,62	338,581	0,0006938	27,62	2,408	33	20,505	1,171	1	-	1	1	1	0,6625	0,677	0,448	2	1,403	0,310
D3-1	98,365	Rua Ernesto Wandembruck	Passivo	0	0	140,9	34,4	175,3	192,190	27,62	48,426	0,0006938	27,62	2,408	33	20,505	1,171	1	-	1	2	0,551	0,0522	0,677	0,035	3	9,787	0,161

APÊNDICE II
Categorização dos acidentes por nível de gravidade

Cod.	dtrhu	ms(mph)	NA (DOT)	MS	TT	Msca	FA	CA	IA	PA
A1	2	9,321	0,060	0,108	0,909	0,465	0,0009	0,014	0,0134	0,045
A2	2	24,855	0,061	0,040	0,909	0,332	0,0025	0,019	0,0162	0,042
A3	2	24,855	0,026	0,040	0,909	0,332	0,0011	0,008	0,0070	0,018
A4	2	24,855	0,067	0,040	0,909	0,332	0,0028	0,021	0,0180	0,047
A5	2	24,855	0,068	0,040	0,909	0,332	0,0028	0,021	0,0182	0,047
A6	2	24,855	0,171	0,040	0,909	0,332	0,0071	0,053	0,0456	0,118
A7	2	24,855	0,025	0,040	0,909	0,332	0,0010	0,008	0,0067	0,017
C1	4	15,534	0,034	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,009	0,0084	0,025
C2	4	15,534	0,103	0,065	0,869	0,390	0,0028	0,028	0,0256	0,075
C3	4	15,534	0,085	0,065	0,869	0,390	0,0023	0,023	0,0210	0,062
C4	4	15,534	0,012	0,065	0,869	0,390	0,0003	0,003	0,0031	0,009
C5	4	15,534	0,007	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0017	0,005
C6	4	15,534	0,006	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0014	0,004
C7	4	15,534	0,007	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0018	0,005
C8	4	15,534	0,033	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,009	0,0082	0,024
C9	4	15,534	0,016	0,065	0,869	0,390	0,0004	0,004	0,0040	0,012
C10	4	15,534	0,093	0,065	0,869	0,390	0,0026	0,026	0,0231	0,068
C11	4	15,534	0,082	0,065	0,869	0,390	0,0023	0,023	0,0204	0,060
C12	4	15,534	0,012	0,065	0,869	0,390	0,0003	0,003	0,0029	0,009
C13	4	15,534	0,052	0,065	0,869	0,390	0,0014	0,014	0,0129	0,038
C14	4	15,534	0,009	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0022	0,006
C15	4	15,534	0,090	0,065	0,869	0,390	0,0025	0,025	0,0223	0,065
C16	4	15,534	0,031	0,065	0,869	0,390	0,0008	0,009	0,0077	0,022
C17	4	15,534	0,021	0,065	0,869	0,390	0,0006	0,006	0,0052	0,015
C18	4	15,534	0,007	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0018	0,005
C19	4	15,534	0,007	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0018	0,005
C20	4	15,534	0,005	0,065	0,869	0,390	0,0001	0,001	0,0013	0,004
C21	4	15,534	0,040	0,065	0,869	0,390	0,0011	0,011	0,0100	0,029
C22	4	15,534	0,018	0,065	0,869	0,390	0,0005	0,005	0,0045	0,013
C23	4	15,534	0,006	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0014	0,004
C24	4	15,534	0,008	0,065	0,869	0,390	0,0002	0,002	0,0021	0,006
C25	4	15,534	0,020	0,065	0,869	0,390	0,0005	0,005	0,0049	0,014
C26	4	15,534	0,076	0,065	0,869	0,390	0,0021	0,021	0,0187	0,055
C26-1	4	15,534	0,005	0,065	0,869	0,390	0,0001	0,001	0,0012	0,004
C27	4	15,534	0,035	0,065	0,869	0,390	0,0010	0,010	0,0086	0,025
C27-1	4	15,534	0,011	0,065	0,869	0,390	0,0003	0,003	0,0028	0,008
C27-2	4	15,534	0,047	0,065	0,869	0,390	0,0013	0,013	0,0117	0,034
C28	4	15,534	0,074	0,065	0,869	0,390	0,0020	0,020	0,0182	0,053
C29	4	15,534	0,015	0,065	0,869	0,390	0,0004	0,004	0,0036	0,011
C30	4	15,534	0,015	0,065	0,869	0,390	0,0004	0,004	0,0036	0,011
C31	4	15,534	0,054	0,065	0,869	0,390	0,0015	0,015	0,0135	0,039
C32	4	15,534	0,029	0,065	0,869	0,390	0,0008	0,008	0,0072	0,021
C34	4	15,534	0,055	0,065	0,869	0,390	0,0015	0,015	0,0136	0,040
C35	4	15,534	0,052	0,065	0,869	0,390	0,0014	0,014	0,0128	0,037
C36	4	15,534	0,018	0,065	0,869	0,390	0,0005	0,005	0,0044	0,013
C37	4	15,534	0,060	0,065	0,869	0,390	0,0017	0,017	0,0150	0,044
C38	4	15,534	0,040	0,065	0,869	0,390	0,0011	0,011	0,0100	0,029
C39	4	15,534	0,048	0,065	0,869	0,390	0,0013	0,013	0,0118	0,034
C40	4	15,534	0,098	0,065	0,869	0,390	0,0027	0,027	0,0244	0,071
C41	4	15,534	0,010	0,065	0,869	0,390	0,0003	0,003	0,0026	0,008
C42	4	15,534	0,035	0,065	0,869	0,390	0,0010	0,010	0,0086	0,025
C43	4	15,534	0,081	0,065	0,869	0,390	0,0022	0,022	0,0201	0,059
C44	4	15,534	0,106	0,065	0,869	0,390	0,0029	0,029	0,0263	0,077
C45	4	15,534	0,032	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,009	0,0080	0,024
C46	4	15,534	0,050	0,065	0,869	0,390	0,0014	0,014	0,0123	0,036
C47	4	15,534	0,085	0,065	0,869	0,390	0,0023	0,023	0,0211	0,062
C48	4	15,534	0,375	0,065	0,869	0,390	0,0103	0,103	0,0927	0,272
C49	4	15,534	0,119	0,065	0,869	0,390	0,0033	0,033	0,0295	0,086
C50	4	15,534	0,134	0,065	0,869	0,390	0,0037	0,037	0,0332	0,097
C52	4	15,534	0,061	0,065	0,869	0,390	0,0017	0,017	0,0152	0,044

C53	4	15,534	0,085	0,065	0,869	0,390	0,0023	0,023	0,0211	0,062
C54	4	15,534	0,024	0,065	0,869	0,390	0,0007	0,007	0,0059	0,017
C55	4	15,534	0,035	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,010	0,0086	0,025
C56	4	15,534	0,032	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,009	0,0079	0,023
C57	4	15,534	0,041	0,065	0,869	0,390	0,0011	0,011	0,0102	0,030
C58	4	15,534	0,092	0,065	0,869	0,390	0,0025	0,025	0,0226	0,066
C59	4	15,534	0,051	0,065	0,869	0,390	0,0014	0,014	0,0126	0,037
C60	4	15,534	0,123	0,065	0,869	0,390	0,0034	0,034	0,0303	0,089
C61	4	15,534	0,031	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,009	0,0077	0,023
C62	4	15,534	0,079	0,065	0,869	0,390	0,0022	0,022	0,0195	0,057
C63	4	15,534	0,032	0,065	0,869	0,390	0,0009	0,009	0,0078	0,023
C64	4	15,534	0,055	0,065	0,869	0,390	0,0015	0,015	0,0135	0,040
D1	27,62	20,505	0,313	0,049	0,746	0,355	0,0130	0,092	0,0791	0,221
D2	27,62	20,505	0,427	0,049	0,746	0,355	0,0177	0,126	0,1078	0,301
D2-1	27,62	20,505	0,217	0,049	0,746	0,355	0,0090	0,064	0,0549	0,153
D3	27,62	20,505	0,310	0,049	0,746	0,355	0,0129	0,091	0,0782	0,219
D3-1	27,62	20,505	0,161	0,049	0,746	0,355	0,0067	0,047	0,0406	0,113
D4	27,62	20,505	0,044	0,049	0,746	0,355	0,0018	0,013	0,0112	0,031
D5	27,62	20,505	0,045	0,049	0,746	0,355	0,0019	0,013	0,0113	0,032
D6	27,62	20,505	0,288	0,049	0,746	0,355	0,0120	0,085	0,0728	0,203
E1	31,62	20,505	0,578	0,049	0,738	0,355	0,0243	0,170	0,1459	0,408
E2	31,62	26,719	1,319	0,038	0,738	0,324	0,0712	0,413	0,3421	0,906
E3	31,62	26,719	0,358	0,038	0,738	0,324	0,0193	0,112	0,0928	0,246
E4	31,62	26,719	1,379	0,038	0,738	0,324	0,0745	0,432	0,3578	0,947
E5	31,62	26,719	0,902	0,038	0,738	0,324	0,0487	0,283	0,2341	0,620
E6	31,62	28,583	0,448	0,035	0,738	0,317	0,0258	0,143	0,1169	0,305
E7	31,62	28,583	0,115	0,035	0,738	0,317	0,0066	0,037	0,0299	0,078
E8	18,86	28,583	0,097	0,035	0,771	0,317	0,0054	0,031	0,0255	0,066
E9	18,86	28,583	0,509	0,035	0,771	0,317	0,0281	0,162	0,1340	0,347
E10	18,86	9,321	0,017	0,108	0,771	0,465	0,0003	0,004	0,0038	0,013
E10-1	18,86	11,185	0,018	0,090	0,771	0,437	0,0004	0,005	0,0042	0,013
E11	18,86	9,321	0,018	0,108	0,771	0,465	0,0003	0,004	0,0041	0,014
E12	18,86	11,185	0,022	0,090	0,771	0,437	0,0005	0,006	0,0050	0,016
E13	18,86	38,525	0,020	0,026	0,771	0,286	0,0014	0,007	0,0053	0,013
E13-1	18,86	38,525	0,061	0,026	0,771	0,286	0,0045	0,021	0,0165	0,040
E14	18,86	20,505	0,026	0,049	0,771	0,355	0,0010	0,008	0,0065	0,018
			11,478				0,50	3,42	2,92	8,06