

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

JOÃO PEDRO BUZZI

PROPOSTA DE UM NOVO ÍNDICE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS CONFORME AS
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Joinville

2019

JOÃO PEDRO BUZZI

PROPOSTA DE UM NOVO ÍNDICE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS CONFORME AS
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel no Curso de Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Eng. Yesid Ernesto Asaff
Mendoza

Joinville

2019

JOÃO PEDRO BUZZI

PROPOSTA DE UM NOVO ÍNDICE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS CONFORME AS
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ferroviária e Metroviária, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eng. Yesid Ernesto Asaff Mendoza
Orientador Presidente da Banca Examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Eng. Alexandre Mikowski
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Eng. Marcus Vinícius Volponi Morteau
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus avós Iza, Horst,
Edeltraut e Edgar (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao professor Yesid Asaff pela disponibilidade e dedicação em orientar este trabalho e especialmente por ter sido um coordenador de curso comprometido, que acreditou e confiou no potencial da Instituição e seus alunos para o crescimento do curso de graduação de Engenharia Ferroviária e Metroviário no cenário nacional.

Ao professor Marcus Vinícius Volponi Morteau pela contribuição no trabalho e amizade construída durante a graduação. Agradeço o apoio, tempo disponível e instruções.

A todos os professores da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial aos do curso de Engenharia Ferroviária e Metroviária, por acreditarem no mesmo e em seus graduandos.

As professoras Elisete Santos da Silva Zagheni e Janaina Renata Garcia, pelas atividades e conselhos extraclasse.

A Incasa S/A que permitiu um enorme aprendizado durante a fase final de graduação, além da compreensão de meu compromisso com este trabalho.

Ao Laboratório de Estudos Ferroviários e seus membros pelo apoio e amizade construída, em todos os momentos ao longo desta jornada.

Aos meus amigos de longa data e aos parceiros de Capim Canela Futebol e Regatas. Dividimos momentos incríveis durante este ciclo de nossas vidas.

Ao meu irmão de coração John Adílson Henschel Junior pela compreensão e auxílio mútuo durante esta caminhada. O crescimento proporcionado entre nós foi fundamental e singular.

Por fim, a minha família por toda a estrutura fornecida, fomentando no que foi possível minha opção de carreira. Ademais a educação e o amor imensuráveis. Em especial, aos meus tios de Joinville, Daniela e Henri, meus pais, Maike e Moacir e minha irmã Danielle.

“Não há dia melhor do que hoje para desistirmos de quem temos sido em prol de quem podemos nos tornar, e aprimorar a vida que temos vivido para a vida que, na verdade, desejamos. ”

(Hal Eroid)

RESUMO

A partir do início das privatizações das malhas ferroviárias brasileiras, houve a retomada de relevantes investimentos no setor, e visto que as vias férreas se tornam a serem operadas por meio de concessões, originadas das privatizações, o governo atenta-se à segurança deste modal de transporte, através do índice de segurança comunicado pelas outorgas. Atualmente, o índice de segurança utilizado pelas empresas para comunicar à ANTT seu número de acidentes possui uma normalização conforme sua malha e quantidade de trens formados. Porém, há um maior número de fatores que influenciam a perspectiva de quantos acidentes podem ocorrer em dada malha ferroviária, devido a sua criticidade advinda de tais aspectos. Junto disto, a ANTT aplica multas caso o nível de acidentes for superior às metas previamente estabelecidas. Portanto, o estudo presente propõe um novo índice de acidentes, que engloba um maior número de variáveis, proporcionando informações detalhadas, e assim, acarretando em uma maior equidade nas punições realizadas. Os fatores a serem incluídos numa nova fórmula – transporte de passageiros, zona que circunda a via, quantidade de passagens em nível e tipos de carga transportada – são avaliados e classificados. Este processo ocorre com base em normas, leis e decretos (nacionais e internacionais), com prioridade aos elementos nacionais, e publicações. Diante disto, é gerada uma nova fórmula que compreenderá todos estes elementos, surgindo uma nova parametrização para o índice de acidentes. Por fim, é realizado um estudo de caso onde ocorre a comparação e análise da alteração do índice, neste trabalho denominado novo índice de segurança.

Palavras-chave: Acidentes. Criticidade. Índice de segurança. Setor ferroviário.

ABSTRACT

Since the beginning of the privatization of the Brazilian railway networks, there has been a resumption of significant investments in the sector, and since the railroads become operational through concessions, originated from privatizations, the government is attentive to the safety of this modality transportation, through the security index reported by the grants. Currently, the safety index used by companies to communicate to ANTT their number of accidents has a normalization according to their rail extension and the number of trains formed. However, there are more factors that influence the perspective of how many accidents can occur in a given railway network due to its critical nature, which comes from the factors. In addition, ANTT applies fines if the level of accidents exceeds the previously established targets. Therefore, the present study proposes a new index of accidents, which encompasses a greater number of variables, providing detailed information, and thus, leading to greater equity in the punishments performed. The factors to be included in a new formula - transport of passengers, area surrounding the track, number of level crossings and types of cargo transported - are evaluated and classified. This process takes place on the basis of norms, laws and decrees (national and international), with priority to national elements, and publications. Given this, a new formula is generated that will comprise all these elements, resulting in a new parameterization for the accident rate. Finally, a case study is carried out where the comparison and analysis of the index change takes place, in this work called the new safety index.

Keywords: Accidents. Criticality. Railway sector. Safety index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa das concessões ferroviárias brasileiras.	19
Figura 2 – Índice de segurança geral das concessionárias de 2006 a 2014.	20
Figura 3 – Número de trens formados pela EFC.	27
Figura 4 – Número de trens formados pela EFVM.	27
Figura 5 – Determinação das distâncias que formam o triângulo de visibilidade.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concessionárias e extensões das malhas concedidas pelo governo federal.	19
Tabela 2 – Total de acidentes ferroviários divididos por causa de 2006 a 2013.....	21
Tabela 3 – Índice de acidentes por concessão em 2018.	22
Tabela 4 – Proporção em toneladas das cargas transportadas no Brasil em 2017.....	35
Tabela 5 – Grupo de mercadorias transportadas.	36
Tabela 6 – Grupo de mercadorias transportadas com peso adaptado.....	37
Tabela 7 – Dados estatísticos de acidentes (2018).	39
Tabela 8 – Cálculo fator passagem em nível.	40
Tabela 9 – Produção em subgrupos em milhares de TU (2018).	40
Tabela 10 – Cálculo fator carga para MRS.	40
Tabela 11 – Cálculo fator carga para RMS.	41
Tabela 12 – Cálculo novo índice de acidentes.	41
Tabela 13 – Calculo índice de acidentes com enfoque em passageiros.	42

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
APA – Agência Portuguesa do Ambiente
BCG – Boston Consulting Group
CBT – Código Brasileiro de Trânsito
CNT – Confederação Nacional do Transporte
CPCS – Canadian Pacific Consulting Services
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EFC – Estrada de Ferro Carajás
EFVM – Estrada de Ferro Vitória Minas
FCA – Ferrovia Centro Atlântica
FTC – Ferrovia Tereza Cristina
GTM – Gross Ton Miles
IAF – Indicador de Acidentes Ferroviários
MC – Momento de Circulação
MTM – Million Train Miles
PND – Programa Nacional de Desestatização
OAE – Obra de Arte Especial
RFFSA – Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima
RPI – Railway Performance Index
TU – Toneladas Úteis

LISTA DE SÍMBOLOS

A – Proporção de combustível transportado em relação ao total da concessionária

B – Proporção de produtos perigosos transportado em relação ao total da concessionária

C – Proporção de granéis alimentícios transportado em relação ao total da concessionária

D – Proporção de contêineres transportado em relação ao total da concessionária

E – Proporção de graneis fertilizantes transportado em relação ao total da concessionária

f_t – fator transporte de passageiros

f_p – fator perímetro

f_{pn} – fator passagem em nível

f_c – fator carga perigosa

F – Proporção de granéis de minérios transportado em relação ao total da concessionária

G – Proporção de produtos manufaturados transportado em relação ao total da concessionária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 ACIDENTE FERROVIÁRIO	15
2.1.1 Natureza	16
2.1.2 Causa	16
2.1.3 Gravidade.....	17
2.2 QUASE ACIDENTE.....	17
2.3 INCIDENTE.....	17
3 SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO	18
3.1 CONCESSÕES.....	18
3.2 ACIDENTES NA MALHA FERROVIÁRIA BRASILEIRA	20
3.3 METAS E PENALIDADES.....	21
3.4 ÍNDICE DE SEGURANÇA VIGENTE	22
4 METODOLOGIA.....	24
5 FATORES INDICATIVOS	26
5.1 TRANSPORTE DE PASSAGEIROS	26
5.2 ZONA QUE CIRCUNDA A VIA	30
5.3 PASSAGENS EM NÍVEL	32
5.4 CARGA TRANSPORTADA	35
6 ASSOCIAÇÃO DOS FATORES	38
7 ESTUDO DE CASO	39
8 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	45
ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS	49

1 INTRODUÇÃO

Por ser um país de dimensões continentais, o Brasil necessita de um sistema de transporte eficiente ao buscar desenvolvimento econômico e social. A exemplo de outros países, como Rússia, Estados Unidos e China, potências econômicas e extensos territorialmente, nota-se que é indispensável o alto investimento do Estado no setor ferroviário. Neste contexto, Clésio Andrade, presidente da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2015), declara “[...] para resolver os entraves operacionais e garantir maior competitividade econômica, deve-se aumentar os investimentos na expansão da malha e na resolução dos gargalos atuais”.

Entretanto, com a política de concessões e construções de novos trechos, como a Ferrovia Norte-Sul, existe a tendência de um progresso no setor. Porém, junto com o desenvolvimento e benefícios, apresentam-se fatores críticos na operação, especificamente os fatores ligados a segurança e prevenção de acidentes.

Por ser um sistema de transporte extremamente robusto e com altas cargas envolvidas – que por sua vez podem ser de alta periculosidade, a exemplo os combustíveis – acarreta que uma composição ferroviária terá grande quantidade de movimento, isto é, não é possível frear de maneira imediata, de modo que os acidentes deste modal podem ser de proporções gigantescas.

De acordo com a norma NBR 15868:2010 da Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), o acidente ferroviário é a ocorrência que, com a participação direta do trem ou veículo ferroviário, provoca danos a pessoas, a veículos, a instalações, a obras-de-arte, à via permanente, ao meio ambiente e, desde que ocorra paralisação do tráfego, a animais.

Com isto, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) na Resolução nº 3.696, de 14 de julho de 2011, pactua metas de segurança a serem desempenhadas pelas empresas detentoras das concessões. Além da contabilização de acidentes, as comparações entre um trecho concedido e outro, ocorre por uma unidade que tem o objetivo de relativizar estes trechos, visto que eles têm desproporções nas extensões de até 50 vezes. A unidade do indicador requerida pela Agência é dada em acidentes por Milhão de Trem Quilômetro, que engloba, além do número de acidentes, a quantidade de composições formadas e a extensão da via.

Contudo, podem existir outros fatores que indicam o quão uma empresa concessionária pode ter sido responsável, ou não, pelo número de acidentes no trecho outorgado, como a periculosidade da carga transportada, a quantidade de passagens em nível, transporte de

passageiros na linha, perímetro do entorno da via permanente, entre outros. Portanto, os índices de acidentalidade, praticados atualmente, podem não representar de maneira fiel a realidade dos dados o quanto se sabe.

Desse modo, será proposto no presente trabalho de conclusão de curso a proposta de um novo índice de segurança, a fim de retratar a real situação de segurança em que se encontram as concessionárias ferroviárias, que irá englobar outros parâmetros do que os presentemente utilizados, listados anteriormente e futuramente explanados.

A proposta será apresentada, preliminarmente, pela categorização de fatores que influenciam a probabilidade de um acidente ocorrer, seguido por uma identificação de severidade de cada parâmetro. Posteriormente, será criada uma relação numérica entre as categorias de severidade de cada parâmetro, para que seja possível sua inserção na fórmula do novo índice de segurança. Por fim, será criada uma solução matemática com a finalidade reunir todos estes fatores.

1.1 OBJETIVOS

Para nortear a resolução deste novo índice de segurança proposto, toma-se neste trabalho os seguintes objetivos.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um novo índice de segurança, baseado nas condições de traçado, via e operação, que irá auxiliar a classificar os acidentes ferroviários e indicar a criticidade das malhas concedidas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar o estado da arte sobre a normalização e atual índice de acidentes na malha ferroviária brasileira e internacional;
- Identificar e avaliar os fatores a serem incluídos na proposta de índice de segurança;
- Propor um novo índice de segurança;
- Realizar um estudo de caso aplicando o novo índice e comparar o resultado com o atualmente utilizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para prosseguir com este estudo, é de suma importância a compreensão e caracterização de uma série de conceitos, relacionados diretamente aos acidentes ferroviários. Assim, será possível determinar, quais fatores podem ser inseridos no índice de segurança proposto.

Primeiramente, é importante ressaltar que um acidente ferroviário raramente é resultado de apenas um único evento, este geralmente possui uma causa imediata, causa raiz, além de causas contribuidoras, ou até causas combinadas (dois fatores ou falhas críticas ocorrendo simultaneamente, formando uma causa raiz).

Para Health and Safety Executive (HSE, 2004), causa imediata é o mais óbvio motivo para um evento adverso ter acontecido, podendo haver mais de uma. Já a causa raiz é o evento ou falha que origina todas as demais causas que contribuem para o acidente. Ainda segundo o HSE, a causa básica se caracteriza por uma falha do sistema ou organizacional, menos visível que as demais, como falta de cautela ao procedimento ou um perigo não avaliado corretamente.

Ammerman (1998) afirma que não é totalmente correto atribuir à causa raiz a razão principal de um evento inesperado, e sugere o termo *fator causal*, propondo ainda, duas questões, que conforme seu retorno, sim ou não, caracterizam o fator causal como raiz ou contribuinte. São elas: se o fator causal não ocorresse o evento não ocorreria? A adversidade não se repetirá pelo mesmo fator causal caso for corrigido ou extinto? Se ambas questões resultam em sim, logo o fator causal é uma causa raiz. Caso resultem em não, o fator causal será um fator contribuinte.

No setor ferroviário, existem três conceitos comumente utilizados para identificar se um evento é acidente, ou não. Estes são acidente ferroviário, quase acidente e incidente, descritos nos itens 2.1 a 2.3.

2.1 ACIDENTE FERROVIÁRIO

Acidente é uma ocorrência inesperada que interfere ou interrompe o processo normal de uma atividade, ocasionando perda de tempo útil, lesões nos trabalhadores, perda materiais, danos à propriedade e ao meio ambiente (ASAFF apud VALE, 2018).

Conforme a NBR 15868:2010, acidente ferroviário é a ocorrência que, com a participação direta do trem ou veículo ferroviário, provoca danos a pessoas, veículos,

instalações, obras-de-arte, via permanente, meio ambiente e, desde que ocorra paralisação do tráfego, animais.

Ainda nesta norma, os acidentes ferroviários são classificados quanto à natureza, à gravidade e à causa. Definições estas que estão detalhadas nos itens 2.1.1 a 2.1.3.

2.1.1 Natureza

As naturezas dos acidentes ferroviários, são as maneiras que os eventos adversos – acidentes – concretizam-se, e a norma as classifica da seguinte maneira (ABNT, 2010):

- a) Abalroamento: é a colisão de veículos ferroviários ou trens, contra qualquer obstáculo, exceto outro veículo ferroviário;
- b) Atropelamento: acidente que ocorre com um trem ou veículo ferroviário com pessoas e/ou animais, resultando em lesão ou morte;
- c) Colisão: acidente ferroviário resultante de impacto entre um veículo ferroviário e um obstáculo que impeça sua livre circulação;
- d) Choque: colisão de veículos ferroviários ou trens, circulando no mesmo sentido, na mesma via, podendo um deles estar parado;
- e) Encontro: colisão de veículos ferroviários ou trens circulando em sentidos opostos na mesma via, podendo um deles estar parado;
- f) Esbarro: colisão de veículos ferroviários ou trens circulando ou manobrando em vias distintas, podendo um deles estar parado;
- g) Descarrilamento: acidente em que uma ou mais rodas do veículo ferroviário saltam do boleto do trilho;
- h) Tombamento: descarrilamento que resulte na inclinação lateral total do veículo ferroviário;
- i) Semi-tombamento (Adernamento): descarrilamento que resulte na inclinação lateral parcial do veículo ferroviário;
- j) Explosão: acidente ferroviário ocorrido por explosão em trem ou veículo ferroviário;
- k) Incêndio: acidente ferroviário ocorrido por incêndio em trem ou veículo ferroviário.

2.1.2 Causa

Apesar de diversos conceitos encontrados na literatura, a norma simplifica e define causa como origem de um acidente, se é de caráter humano ou material, e está relacionada com a ocorrência pela concretização de um risco provocando danos. Com isso, as causas estão classificadas da seguinte maneira: operação, via permanente, material rodante, sinalização, atos de vandalismo e casos fortuitos (ABNT, 2010).

2.1.3 Gravidade

A legislação para considerar um acidente ferroviário grave, ou não, está na Resolução Nº 1431, de 26 de abril de 2006, da ANTT. Esta também determina procedimentos para a comunicação de acidentes ferroviários.

O Artigo 4º desta Resolução (ANTT, 2006) considera acidente ferroviário grave aquele que envolve o transporte de passageiros, produtos perigosos ou acarrete uma das seguintes consequências: morte ou lesão corporal grave; interrupção do tráfego ferroviário por mais de 2 horas caso linha urbana de passageiros, por mais de 6 horas caso linha turística ou longo percurso de passageiros, por mais de 24 horas em linhas de carga; prejuízo superior a R\$ 2.108.194,30; dano ambiental; e outros impactos à população atingida.

2.2 QUASE ACIDENTE

É um evento adverso que não se concretizou em um acidente ferroviário, por questão de tempo ou espaço, e também não resultou em lesões pessoais ou danos materiais aos recursos ferroviários. Geralmente caracterizado pelo descumprimento de normas ou determinações da operação, como avanço de sinal, excesso de velocidade ou desrespeito a sinalização (ASAFF apud VALE, 2018).

Já a Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2008) diz que quase acidente é “uma situação de desvio às condições normais de operação (incidente) com o potencial de originar um acidente grave, mas sem concretização”.

2.3 INCIDENTE

É um evento adverso, não desejado, que não se concretizou em um acidente ferroviário, porém diminui a eficiência operacional, podendo ou não acarretar em lesões pessoais ou danos materiais aos recursos ferroviários. Geralmente são acontecimentos que fogem ao controle operacional, como seres vivos à beira da linha ou obstrução da via (ASAFF apud VALE, 2018).

A *Canadian Pacific Consulting Services* (CPCS, 2007) enuncia um incidente ferroviário como um evento adverso envolvendo movimento dos veículos que resultam em algo relatável. Porém, sem causar danos a serem relatados, conforme o limite estabelecido para acidentes ferroviários.

3 SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO

Apesar do declínio do setor ferroviário ter acontecido durante décadas, principalmente desde o governo Juscelino Kubitschek (1956-61), foi apenas no fim dos anos 1980 que o governo federal verificou que as políticas estatais não ofereciam resultados. Entre estas encontrava-se a Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA), que perdurou de 1957 a 1998, e viu as ferrovias serem sucateadas, os materiais rodantes não receberem manutenção e má administração técnico-operacional.

Com a constatação descrita acima, o governo decidiu incluir a malha ferroviária do país no Programa Nacional de Desestatização (PND) – Lei nº 9.491 de 09 de setembro de 1997 – o que significou a privatização da malha brasileira. Os benefícios são variados, e vão desde ao Estado esquivar-se dos défices financeiros, aumento da eficiência logística, desenvolvimento do setor ferroviário à expansão da malha (BRASIL, 1997).

Esta desestatização ocorre por meio da concessão de conjuntos de trechos ferroviários, onde o governo federal permanece proprietário de toda a infraestrutura e superestrutura da via permanente. A União ainda tem a incumbência de fiscalizar a administração dos bens outorgados e os serviços oferecidos pelas concessionárias. Além disso, o Estado ainda estabelece metas de produção por trecho e de segurança, que são de maior interesse neste estudo.

Já as concessionárias, que serão caracterizadas mais a diante, possuem suas obrigações, como a apresentação dos dados de produção e segurança requeridos pelo governo e permitir o tráfego mútuo e/ou o direito de passagem para outras operadoras de transporte ferroviário. Entretanto, elas têm o direito de receberem pelo serviço requisitado, não extrapolando o teto das tarifas, definido pelo governo.

3.1 CONCESSÕES

O governo federal levou até 1998, ano de extinção da RFFSA, para desestatizar todo seu contingente de vias férreas. As malhas privatizadas estão listadas abaixo, na tabela 1. Junto destas, seguem suas respectivas extensões que ilustram a enorme desproporção da dimensão dos trechos, justificando o índice de acidente, conter em sua unidade de apresentação, a distância percorrida pelos trens (acidentes por milhão de trem x quilômetro). Já a figura, 1 ilustra onde estas estão localizadas no território nacional.

Tabela 1 – Concessionárias e extensões das malhas concedidas pelo governo federal.

Região	Concessão	Extensão (km)
MA/PA	Estrada de Ferro Carajás (Vale)	978
PR	Estrada de Ferro Paraná Oeste	248
ES/MG	Estrada de Ferro Vitória Minas (Vale)	895
Centro Leste	Ferrovias Centro Atlântica (FCA)	7.223
Norte Sul	Ferrovias Norte Sul – Tramo Central	856
Norte Sul	Ferrovias Norte Sul – Tramo Norte	745
SC	Ferrovias Tereza Cristina (FTC)	163
Nordeste	Ferrovias Transnordestina – FTL	4.295
Sudeste	MRS	1.686
MS/MT	Rumo Malha Norte	735
Oeste	Rumo Malha Oeste	1.973
Paulista	Rumo Malha Paulista	2.055
Sul	Rumo Malha Sul	7.223
Total		29.075

Fonte: ANTT (2018).

Figura 1 - Mapa das concessões ferroviárias brasileiras.

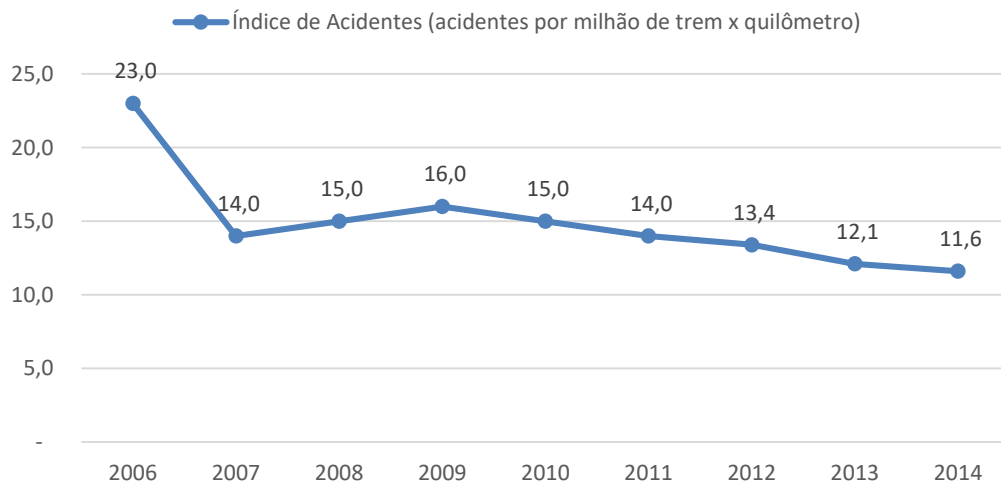


Fonte: CNT (2015).

3.2 ACIDENTES NA MALHA FERROVIÁRIA BRASILEIRA

As quantidades de toneladas de bens transportados pelas concessionárias crescem a cada ano, seja pela necessidade do mercado ou pela melhora da capacidade de transporte pelas operadoras. Apesar disso, ao invés do número de acidentes seguir a evolução da produção, este vem de maneira oposta. O que é de enorme importância para o setor, e assim firma-se como uma opção segura de transporte de mercadorias para as empresas brasileiras. A figura 2, a seguir, ilustra o declínio do índice de acidentes no período entre 2006 e 2014.

Figura 2 – Índice de segurança geral das concessionárias de 2006 a 2014.



Fonte: Adaptado CNT (2015).

Isto é resultado da adoção de variadas políticas das empresas concessionárias, que proporcionam um elevado, e crescente, investimento a cada ano na manutenibilidade de seu material rodante, adoção de tecnologias de controle e monitoramento de via, sistema operacional sofisticado e treinamentos. Além de campanhas nas regiões de passagem em nível, visto que uma significativa parte de acidentes é provocada por terceiros, como é possível observar na tabela 2.

Tabela 2 – Total de acidentes ferroviários divididos por causa de 2006 a 2013.

Causas	Porcentagem	Total de acidentes
Falha Humana	9,21%	805
Material Rodante	14,68%	1283
Interferência de Terceiros	15,94%	1393
Via Permanente	37,94%	3315
Infraestrutura	0,03%	3
Atos de Vandalismo	0,30%	26
Sinalização, Telecomunicação e Eletrotécnica	0,41%	36
Outras Causas	21,48%	1877
Total	100,00%	8738

Fonte: ANTT (2014).

3.3 METAS E PENALIDADES

Visto que empresas privadas utilizam da malha federal, em forma de outorga, a União tem o dever de fiscalizar e avaliar o bom funcionamento dos serviços fornecidos pelas organizações. Assim, pode-se garantir segurança e bom uso da malha.

Portanto, o Estado delega à ANTT realizar estas atividades – aplicar as metas de produção e de segurança – e ela, por meio de resoluções, formaliza ditas metas. Primeiramente, a Resolução Nº 3696/2011 “Aprova o Regulamento para Pactuar as Metas de Produção por Trecho e as Metas de Segurança para as Concessionárias de Serviço Público de Transporte Ferroviário de Cargas”. Com nosso foco em segurança, pode-se também observar a Resolução que define metas de segurança como a “quantidade máxima de ocorrências de acidentes, ponderado por milhão de trem x quilômetro, admitido em cada concessão”.

Com isso, também cabe a ANTT aplicar as penalidades às concessionárias, e isto está protocolado na Resolução Nº 288, de 2003, que “Regulamenta a aplicação de penalidades em face do descumprimento das Metas de Produção e de Redução de Acidentes, no âmbito dos Contratos de Concessão de Transporte Ferroviário de Cargas”.

Segundo a mesma Resolução citada acima, as penas aplicadas são, advertência, caso haja apenas uma inadimplência simples (não cumprir metas de produção ou de redução de acidentes) em um intervalo de seis anos, e multa pecuniária, caso há reincidência neste período. Caso a inadimplência seja dupla (não cumprir metas de produção e de redução de acidentes) não há advertência e a base de cálculo para a multa é mais severa.

Os valores das multas, quando são aplicadas as penalidades pecuniárias, são calculados com base em uma fórmula disponível nesta última Resolução, e levam em consideração a meta pactuada, a produção realizada pela concessionária, receita e se há casos de reincidências.

3.4 ÍNDICE DE SEGURANÇA VIGENTE

Como já exibido anteriormente, o índice de segurança atualmente utilizado no Brasil – também encontrado com o nome de indicador de acidentes ferroviários (IAF) ou índice de acidentes, empregados por ANTT e Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), respectivamente – possui a unidade de acidentes por milhão de trens quilômetro, onde trens representam o número de composições formadas e quilômetro a extensão percorrida por estes no trecho.

$$\text{índice de segurança} = \frac{\text{acidentes}}{\text{trens} \cdot \text{quilômetro}} 10^6 \quad (1)$$

Abaixo, na tabela 3, seguem os índices de acidentes de 2018 das concessões ferroviárias brasileiras, e suas respectivas metas. É possível notar uma grande disparidade entre os números entre as empresas.

Tabela 3 – Índice de acidentes por concessão em 2018.

Concessão	Índice de acidentes	Meta para o Índice de acidentes
Estrada de Ferro Carajás (Vale)	1,81	5,10
Estrada de Ferro Paraná Oeste	12,40	23,33
Estrada de Ferro Vitória Minas (Vale)	2,38	4,57
Ferrovias Centro Atlântica (FCA)	24,67	24,60
Ferrovias Norte Sul – Tramo Central	0,00	0,00
Ferrovias Norte Sul – Tramo Norte	7,44	0,00
Ferrovias Tereza Cristina (FTC)	29,58	31,81
Ferrovias Transnordestina – FTL	62,43	69,77
MRS	7,39	8,98
Rumo Malha Norte	2,77	5,40
Rumo Malha Oeste	22,64	21,50
Rumo Malha Paulista	15,11	16,24
Rumo Malha Sul	19,02	16,00

Fonte: Adaptado ANTT (2019)

As agências de segurança ferroviária na União Europeia também utilizam deste mesmo índice. Altera-se apenas a ordem de grandeza quando necessário, de milhão para bilhão, ou até 100 bilhões, isso é reflexo de uma maior segurança que existe em sua malha ferroviária.

No Canadá, a pequena diferença se dá na unidade de medida da extensão da malha, *accidents per million train miles (MTM)*, ou seja, acidentes por milhão de trens milhas. Porém, um estudo realizado pela CPCS, em 2007, com o objetivo de examinar a situação da segurança

ferroviária no país, propôs que se utilize mais fatores na normalização dos índices de acidentes. Sua recomendação é empregar a unidade de *accidents per gross ton miles (GTM)*, isto é, acidentes por tonelada bruta milha.

Entretanto, ao operar com a base de cálculo somente em peso distância, abre-se uma incerteza, visto que os commodities transportados possuem as mais variadas densidades. A exemplo do minério de ferro possuir 2800 kg/m^3 e a soja cerca de 800 kg/m^3 , proporcionando uma certa ilusão dos fatos.

Possuir um índice de segurança, que compactue todos os fatores que podem influenciar um acidente, e indique o nível de risco de acidentes que uma malha concedida possui, traz uma maior credibilidade a quem analisa e toma as providências necessárias, isto é, a ANTT. Além disso, torna este balanço muito mais confiável e justo para as operadoras das ferrovias.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo são descritos os procedimentos adotados durante a produção deste trabalho de conclusão de curso, visto que serve como fundamento para sua adequada estruturação.

O procedimento para a obtenção das informações, tanto qualitativas como quantitativas, foi a busca de referências como livros, normas, leis, decretos, anuários (relatórios), etc.

Desse modo, esta monografia é classificada como uma pesquisa de caráter exploratório. Visto que apesar de ser um modo de transporte centenário, o setor ferroviário – principalmente o Nacional – requer mais pesquisas e apreciação. Dito isto, a escassez de alusões e dados faz com que esta monografia necessite compilar uma elevada quantidade de referências para que os objetivos do trabalho sejam alcançados.

Os principais objetivos da pesquisa exploratória são fornecer maiores informações sobre dado assunto a ser estudado, auxiliar na delimitação do tema de pesquisa; assistir na definição dos objetivos e a concepção dos princípios adotados, ou encontrar uma nova perspectiva sobre o assunto (ANDRADE, 2002).

Desta maneira, o trabalho propõe criar um novo índice de segurança, baseado nas condições de traçado, via e operação, e este irá auxiliar a classificar os acidentes ferroviários. Em uma primeira fase serão definidos e discutidos todos os fatores que podem influenciar ao nível de complexidade de operação do sistema ferroviário em uma concessão.

Diante disto, estes fatores devem ser discriminados a fim de serem passíveis de relativização, ou seja, para permitir sua inserção no índice de segurança. Entre os fatores estudados se encontram: transporte, ou não de produtos perigosos; transporte, ou não de passageiros; via permanente em perímetro urbano ou rural e número de passagens nível.

A exigência de um índice de acidentes dentro do limite estabelecido pela ANTT, além de motivar a execução desta monografia, auxiliou na seleção dos fatores a serem estudados com o intuito de serem inseridos no novo índice de segurança.

Portanto os fatores foram definidos através de uma análise, tanto quantitativa dos números de causas de acidentes ferroviários, como qualitativa, com base em relatos na literatura sobre a influência de diferentes aspectos em um evento adverso, tornando a natureza dos dados classificada como mista.

Isto porque os dados resultantes da pesquisa qualitativa não devem ser considerados como verdade absoluta, deste modo, indica-se também a utilização de pesquisas quantitativas de modo que complemente a etapa qualitativa (HUNT apud STEFFEN, 2012).

Para realizar essa classificação dos fatores, busca-se especificações, e justificativas para sua inclusão, na literatura, este é um comum caso para cargas perigosas e transporte de passageiros. Em alternativa, para evitar que determinados itens fiquem a critério do autor, somente, poderá haver decisões baseadas em conhecimento heurístico.

Com os parâmetros obtidos de diferentes referências, se faz necessário normalizá-los a uma mesma base matemática, a fim de que tenham a intervenção adequada no índice de acidentes posteriormente proposto. Para isto, são utilizadas ferramentas matemáticas simples, como média ponderada ou proporção em porcentagem, para cada caso conforme necessidade de moldá-los a uma mesma ordem de grandeza, a serem inseridos no quociente do novo índice de acidentes, como a proporcionalidade entre categorias de transporte, inversão de pesos conforme sua periculosidade no caso de cargas, etc.

Junto de todos aspectos julgados relevantes, é criado o novo índice de segurança, tomando o atual índice como base, para que estes possam ser incluídos, e deste modo, que o índice de acidentes entre as mais variadas concessões sejam normalizados de maneira mais satisfatória.

Por fim, é realizado um estudo de caso a fim de checar a real influência dos fatores sobre o índice de acidentes vigente, além de validar e exemplificar a então proposta deste trabalho.

5 FATORES INDICATIVOS

Primeiramente, vale ressaltar que os dois fatores utilizados atualmente são de extrema importância, e serão mantidos em uma futura unidade proposta. Tanto a distância percorrida pelos trens, quanto o número total destes – que em soma ilustra a extensão total percorrida pela concessionária (trens x quilômetros) – proporcionam elevada credibilidade e realidade ao índice de acidentes.

Ademais, estes fatores serão mantidos de forma integral, isto é, o novo índice continuará a utilizar seus números absolutos. Enquanto que, os demais fatores serão incluídos no quociente da equação já utilizada.

A manutenção da extensão percorrida e do número de trens formados é muito importante, por variados fatores. Primeiramente, considerando que quanto maior este fator, menor o índice, portando faz-se justiça, visto que a concessionária esteve mais exposta a ocorrências adversas, seja de sua responsabilidade ou não.

Outro ponto, pelo mesmo motivo do anterior, mantém-se o incentivo ao crescimento da produção e utilização de toda a malha, compreendendo que, segundo Amora (2019), cerca de dois terços dos 29 mil quilômetros de ferrovia no Brasil são inutilizados ou subutilizados, ou seja, mesmo que este País necessite de mais vias, conexões entre as mesmas e estrutura, uma considerável parte do existente é menosprezada.

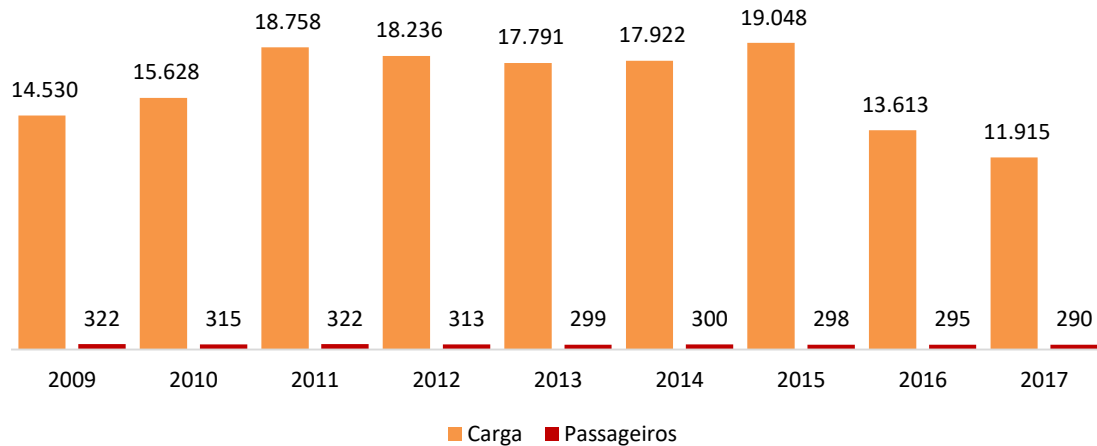
Portanto para retratar a situação de operação e segurança em que se encontram as estradas de ferro brasileiras, as seções 5.1 a 5.4, a seguir, abordam os fatores anteriormente citados e destinam-se a explicar seus conceitos e a inteirar sua influência sobre a operação, os acidentes e suas consequências.

5.1 TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

O transporte de passageiros – que já esteve majoritariamente presente nas linhas ferroviárias de longa extensão no País – nos dias de hoje, resume-se a duas concessões que o praticam. A Vale é a única empresa que disponibiliza este serviço, nas malhas Vitória Minas e Carajás.

O volume de trens de carga em comparação ao número dos de passageiros é espantosa, como expõem os dados nas figuras a seguir.

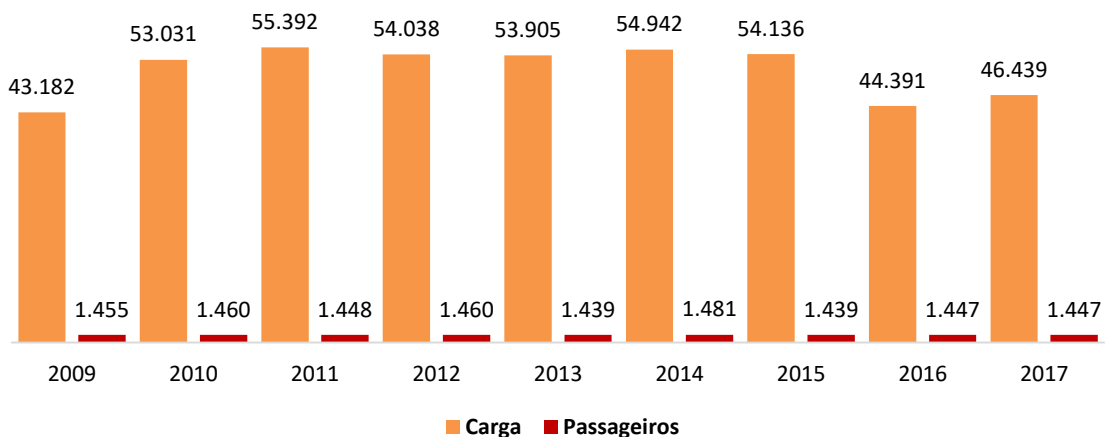
Figura 3 – Número de trens formados pela EFC.



Fonte: Anuário CNT do Transporte (2018).

Na Estrada de Ferro Carajás (EFC), figura 3, em média de cada 55 trens que circulam, apenas 1 é de passageiro. Já proporção de carga para passageiro na Estrada de Ferro Vitória Minas (EVM), figura 3, é de 35 para 1.

Figura 4 – Número de trens formados pela EFVM.



Fonte: Anuário CNT do Transporte (2018).

Contudo, apesar da discricção deste meio de mobilidade urbana, este possui um elevado impacto na operação ferroviária. Primeiramente, não há dano em estruturas ou cargas que podem ser equiparados a um dano físico a um indivíduo, seja este colaborador, passageiro ou pedestre.

Portanto um acidente que tenha vítimas, além de ser considerado grave, conforme o item 2.1.3, impacta com a imagem social que a concessionária e o meio de transporte ferroviário possuem.

Com isto, os trens de passageiros têm prioridade de circulação sob os trens de carga, conforme o Artigo 34 do decreto nº 1.832, de 4 de março de 1996, exceto trens de socorro. Promovendo um maior conforto aos passageiros, visto que as viagens são relativamente longas, ao observar na tabela 1 que os trechos EFC e EFVM, possuem 978 e 895 quilômetros, respectivamente.

Ainda que a pior situação adversa seja um acidente com passageiros, há situações, como acidentes exclusivamente com cargas ou falhas logísticas, que fazem com que os passageiros sejam influenciados indiretamente, ficando paralisados na via permanente.

Os contratos de concessões também dispõem de uma obrigação às concessionárias em relação à permissão de transporte de passageiros por outros operadores ferroviários. Por exemplo no contrato entre União e Rumo Malha Sul, Capítulo 9.1, Das Obrigações da Concessionária, o item XX assegura, “a qualquer operador ferroviário, durante a vigência do presente contrato, a passagem de até dois pares de trens de passageiros por dia em trechos com densidade anual de tráfego mínima de 1.500.000 TKU/km” (ANTT, 2019).

O que tende a incentivar e garantir a permissão ao transporte de passageiros, contudo não há efeito notável até então.

No ano de 2017, apenas as malhas Rumo Malha Oeste, Estrada de Ferro Paraná Oeste, Ferrovia Tereza Cristina e Ferrovia Transnordestina Logística não atingiram a densidade de tráfego mínima (CNT, 2018).

Visto a responsabilidade de possuir transporte de passageiros na via, a concessionária que promove, ou permite o mesmo a demais operadoras ferroviárias, tem maior responsabilidade na prevenção e ocorrências destes eventos adversos. Com isso, seu índice de acidentes deve ser acentuado caso possua tráfego de passageiros, a fim de atingir um menor número de acidentes em sua via permanente.

A empresa de consultoria Norte Americana *Boston Consulting Group (BCG)*, desenvolveu o Índice Europeu de Desempenho Ferroviário (*European Railway Performance Index - RPI*), a fim de fornecer uma ferramenta que medisse a performance para discutir ações de melhoria a serem tomadas no setor ferroviário (BCG, 2015).

Ele é constituído por três fatores base: intensidade de uso, qualidade de serviço e segurança.

O item segurança já está incluso no índice de acidentes, no dado de entrada como número de acidentes. Já a qualidade do serviço não é analisada nesta pesquisa.

Porém, é de grande valia a intensidade de uso entre carga e transporte de passageiros. Esta é calculada com base no número de passageiros e nas toneladas de carga transportadas, com as seguintes equações:

$$\text{volume de passageiros} = \frac{\text{número de passageiros} * \text{quilômetros percorridos}}{\text{população do país}} \quad (2)$$

$$\text{volume de carga} = \frac{\text{toneladas de carga} * \text{quilômetros percorridos}}{\text{população do país}} \quad (3)$$

Os fatores levam em consideração a população do país porque o índice é utilizado para relativizar a performance entre os países europeus. Contudo, visto que a presente monografia propõe a relativização para as concessionárias brasileiras, a população é a uma constante, logo, pode ser desconsiderada.

$$\text{volume de passageiros} = \text{número de passageiros} * \text{quilômetros percorridos} \quad (4)$$

$$\text{volume de carga} = \text{toneladas de carga} * \text{quilômetros percorridos} \quad (5)$$

Vale ressaltar que ambos dados necessários para a equação acima, são disponibilizados pelas concessionárias, portanto, já são habitualmente captados pelas mesmas, facilitando a aplicação do fator.

Deste modo, para verificar a intensidade de utilização de cada categoria de transporte, passageiros e carga, é proposto o primeiro componente a ser incluído no novo índice de acidentes, o *fator transporte* [f_t]. Este aclara o quão a via férrea foi empregada para cada classe de transporte.

$$f_t = \frac{\text{volume de carga}}{\text{volume de passageiros} + \text{volume de carga}} \quad (6)$$

Com esta equação, quanto maior o número de passageiros, menor o *fator transporte* [f_t]. Visto que este estará no quociente da equação final, o fator irá elevar o índice de acidentes conforme aumenta-se o número de trens de passageiros formados.

5.2 ZONA QUE CIRCUNDA A VIA

Por possuírem trajetos extensos, as ferrovias também encontram os mais variados cenários em sua volta. Mais especificamente, encontra-se com regularidade vias permanentes adentrando centros urbanos, rumo aos portos, após terem boa parte de sua rota em áreas rurais.

Contudo, há elevadas variações na extensão da concessão em que a ferrovia está em meio urbano e/ou rural entre as outorgas, razão pela qual este parâmetro é analisado com o intuito de ser inserido no proposto fator.

Nas cidades, os números de passagens em nível – analisado na seção 5.3 – bem como o fluxo de pedestres e a concentração de veículos rodoviários são extremamente elevados em relação a regiões afastadas do perímetro urbano, onde há casos em que a via férrea tem dezenas, ou até centenas, de quilômetros cercada por densa vegetação e sem passagens em nível.

Ademais, as ferrovias – estejam em zona urbana ou rural – possuem uma faixa de domínio a ser respeitada. Faixa de domínio é uma área lateral à via, em ambos os lados, que se encontra paralelamente por toda a mesma, e que deve estar livre de edificações, fluxos de pessoas e veículos, salvo exceções definidas pela concessora e concessionária.

O item III, do Art. 4, da Lei nº 6.766, de 1979, alterada pela Lei nº 10.932, de 2004 determina que “ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica”.

Porém, os centros urbanos historicamente surgiram e cresceram – de modo desordenado – em torno das vias férreas, e é comum as faixas de domínio possuírem edificações, indústrias, comércio e residências.

Desde o início da implantação das estradas de ferro no País, houve uma tendência à ocupação urbana em torno das estações ferroviárias. Essa fixação, decorreu da atividade de movimento de cargas e de passageiros, provocando o surgimento de entrepostos, de armazéns e de comércio de um modo geral, o que, concomitantemente, estimulou o desenvolvimento de parte das cidades, em função da conseqüente construção de moradias. Tais habitações inicialmente eram destinadas a funcionários envolvidos com os processos associados às ferrovias, assentamentos estes que, em princípio, não comprometiam a sua operacionalidade (MOREIRA, 2009, p. 55).

Apesar do início das urbanizações terem ocorrido nas proximidades das vias férreas, ainda nos dias de hoje, o êxodo rural e a existência majoritária de famílias de baixa renda, resultam em áreas de domínio público ocupadas por estas que ignoram, inclusive por força maior, os perigos de permanecerem em áreas de risco.

De acordo com os Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas, elaborado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o Comitê de Planejamento da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF) verificou 434 pontos de invasões na faixa de domínio nas malhas concedidas à iniciativa privada – envolvendo a moradia de milhares de famílias – com base em dados de 2007. Porém, este número inclina-se a ser ainda maior.

Também segundo Moreira (2009), faixas de domínio ocupadas reduzem drasticamente a segurança e a eficiência operacional para o sistema de transporte, visto que a velocidade média das composições ferroviárias são limitadas de cerca de 40 km/h para 5 km/h ao adentrarem em perímetros densamente ocupados, em especial, faixas de domínio apossadas. A baixa velocidade também permite que ocorram atos de vandalismo ou até furtos de cargas.

Isto influi que se aumenta a probabilidade de um acidente ocorrer devido a possibilidade de invasões à via, como um cruzamento sobre a mesma em um ponto sem passagem em nível, edificações que prejudicam a visão do maquinista e de demais colaboradores das concessionárias, além de terceiros que podem estar prestando serviços no entorno da ferrovia.

Apesar de, segundo o Artigo 12 do decreto nº 1.832, de 4 de março de 1996, ser de responsabilidade da concessionária a proteção, instalação de cercas, orientação e fiscalização para não ocupação das faixas de domínio, não cabe a ela realizar a retomada de posse das áreas já ocupadas pela população, e sim à União. Portanto a empresa que conquista a outorga para utilização da malha ferroviária, não tem a responsabilidade sobre a situação que se encontra as margens de determinada via férrea.

Como dito anteriormente, a possibilidade de ocorrer um acidente em uma zona urbana é mais acentuada. Segundo a Pesquisa CNT (2015), cerca 53,5% dos acidentes ocorridos em 2014 nas malhas brasileiras foram em decorrência da interferência de terceiros, e estes, em predominância, estão diretamente ligados à invasão da faixa de domínio.

O Balanço Anual dos Acidentes Ferroviários, de 2015, da MRS relata que dentre o número total de eventos adversos que ocorreram em sua malha, 68% foram registrados em locais em que não há permissão de circulação de pedestres, ilustrando as influências das invasões e imprudência da população.

Em entrevista concedida em 2014, ao *Fantástico*, o então presidente da Agência Nacional de Transportes Ferroviários (ANTF), Rodrigo Otaviano Vilaça, relata que “as pessoas estão convivendo mais com o trem. Ele está passando mais. São quase 200 mil famílias que moram nas margens de ferrovia brasileira”.

Com isto, evidencia-se que a organização que possui maior extensão em um perímetro rural deve, em teoria, ter um índice menor de acidentes, comparada a empresas com maiores trechos urbanos. Portanto, busca-se criar este item a ser inserido no índice, a fim de que a concessionária possa discriminar o quanto ela possui de extensão urbana e rural, obtendo maior equidade em comparação às suas concorrentes e perante a lei de penalização por índice de acidentes excedidos.

De modo a propor o *fator perímetro* [f_p], neste é utilizado o mesmo princípio de proporcionalidade da seção 5.1. Dessa maneira, conforme a expressão matemática a seguir, quanto maior a zona urbana de uma concessão ferroviária, maior o fator, sendo assim, menor a elevação no novo índice de acidentes.

$$f_p = \frac{\text{quilômetros zona urbana}}{\text{quilômetros zona rural} + \text{quilômetros zona urbana}} \quad (7)$$

É válido salientar que as delimitações de zonas rurais e perímetros urbanos são definidos pelas legislações municipais de cada localidade, portanto, não cabe às concessionárias estipularem os quilômetros rurais e urbanos de suas malhas para seu conveniente interesse. Estas delimitações são fornecidas pelo município em forma de mapas, cabe a concessionária realizar a intersecção do mapa de sua malha com o provido pelo município e estipular a quantidade de quilômetros em cada zona.

5.3 PASSAGENS EM NÍVEL

Segundo o Código Brasileiro de Trânsito (CBT), Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, passagens em nível são “todo cruzamento de nível entre uma via e uma linha férrea ou trilho de bonde com pista própria”.

Devido à falta de planejamento, tanto da construção das ferrovias nas décadas passadas, e do crescimento habitacional desordenado em torno da via permanente, há um elevado número de passagens de nível no Brasil. Segundo a MRS (2019), por exemplo, a própria possui 1.123 passagens em nível nos seus 1.686 quilômetros de via permanente, dispondo esta extensão, uma considerável parte em perímetro urbano, com elevadíssima densidade populacional, comum no sudeste brasileiro.

O Deputado Federal Pedro Uczai, em seu Projeto de Lei nº 6.337, de 09 de setembro de 2013 – que detalha as ocasiões em que se recebe multa gravíssima ao conduzir erroneamente

um veículo rodoviário ao cruzar a passagem em nível – relata a existência de cerca de 12.300 passagens em nível no Brasil, das quais 2.659 são consideradas críticas. Também, segundo Uczai “mais de 60% dos acidentes envolvendo trens acontecem nesses cruzamentos e têm como principal causa à imprudência de motoristas e pedestres”.

Visto que a concessão se baseia na permissão da exploração de uma estrutura da União, a via férrea foi planejada e promovida pela mesma, portanto foi no projeto inicial que ficaram determinadas o número de obras de artes especiais (OAE) e passagens em nível. As obras de arte especiais são “toda e qualquer estrutura como pontes, viadutos ferroviários, passagens superiores, passagens inferiores e passarelas [...]” (DNIT, 2015).

As OAEs permitem que possa haver intersecção entre ferrovia e rodovia, ou cursos d’água, em diferentes níveis, sem prejudicar a logística de ambos meios. Portanto, quanto maior o número destas, menor a interferência que um setor de transporte causa no outro, também ocasionando na diminuição dos riscos de acidentes, ou efeitos adversos. Em contrapartida, as obras de arte especiais são imensamente onerosas, o que as leva a serem utilizadas apenas em casos extremos.

Visto que, devido ao custo, é dada prioridade a construções de passagens em nível, ao invés de OAEs, o número das travessias em um mesmo nível entre rodovia e ferrovia é excessivamente elevado. Logo, a concessionária ao assumir a estrutura para exploração, não tem a responsabilidade pelo número construído das mesmas, apesar de existir uma discussão alongada de quem é responsável por reduzir este número, organizações privadas ou governo, incorporando túneis e viadutos.

Fato é que, a concessionária deve realizar a manutenção da estrutura que utiliza, isto inclui as passagens em nível, e esta deve possuir um campo de visão, chamado triângulo de visibilidade, totalmente limpo, com as dimensões definidas por uma tabela, exibida na figura abaixo:

Figura 5 – Determinação das distâncias que formam o triângulo de visibilidade.

Distância de Visibilidade Requerida para as Combinações das Velocidades dos Veículos Ferroviários e Rodoviários													
Velocidade do Trem (Km/h)	Velocidade do Veículo (km/h)												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	Distâncias ao Longo da Ferrovia (m)												
10	31	34	22	19	18	18	18	19	20	22	23	24	26
20	61	68	44	37	35	35	37	39	41	43	45	48	52
30	92	102	66	56	53	53	55	58	61	65	68	73	78
40	122	136	88	75	70	70	73	77	82	87	91	97	104
50	153	170	110	93	88	88	92	96	102	108	113	121	130
60	183	204	132	112	105	106	110	116	122	130	136	146	156
70	214	238	154	131	123	123	128	135	143	152	159	170	182
80	244	272	176	149	140	141	147	154	163	173	182	194	208
90	275	306	198	168	150	158	165	174	183	195	204	218	234
100	306	340	220	187	175	176	183	193	204	217	227	243	260
110	336	374	242	205	193	194	202	212	224	238	250	267	286
120	367	408	264	224	210	211	220	231	245	260	272	291	312
140	428	476	308	261	245	246	257	270	285	303	318	340	364
	Distâncias ao Longo da Rodovia (m)												
	6	14	24	36	50	68	90	115	143	175	207	247	292

Fonte: DNIT (2015).

Vale ressaltar que este triângulo é requisito apenas para passagens em nível passivas, ou seja, sem cancelas, sinalização ótica e acústica, as quais compreendem majoritariamente os cruzamentos em todo o Brasil. As passagens em nível ativas, raramente são encontradas, por terem um custo considerável de implantação em relação a sinalização comum – placas e sinalização horizontal – maior custo de operação, além do motivo anteriormente citado: discussão de responsabilidade de implantação entre União e concessionárias.

Para a categorização de criticidade de uma passagem em nível, existe a norma ABNT NBR 7613:2019, que faz ponderações sobre os cruzamentos rodoferroviários, estas são:

- Grau de Importância (Gi): faz uma relação entre o fluxo de veículos rodoviários e ferroviários além de características físicas do cruzamento e define se a proteção deve ser ativa ou passiva;
- Momento de Circulação (MC): este é semelhante ao Grau de Importância, porém faz considerações sobre o fluxo durante as 14 horas do dia, e determina o tipo de sinalização rodoviária a ser utilizado.

Estes fatores auxiliam na definição do tipo e nível de sinalização necessária no cruzamento.

Com isto, como dito previamente, a concessionária deve conviver e assumir os riscos dos cruzamentos em mesmo plano geométrico. Logo, quanto maior este número, mais exposta

ela está a acidentes. Desse modo, a componente do novo fator de acidentes desta seção propõe que quanto mais passagens em nível a concessão possua, maior a amortização de seu índice de acidentes.

O número de passagens em nível, porém, deve ser normatizado em relação à extensão da malha, visto a grande variação entre as dimensões das outorgas. Portanto o *fator passagem em nível* [f_{pn}], toma a seguinte forma:

$$f_{pn} = \frac{\text{quantidade de passagens em nível}}{\text{extensão total da malha}} \quad (8)$$

Por exemplo, a MRS possui 1.123 passagens em nível em seus 1.686 quilômetros, ou seja, o fator passagem em nível de 0,67 PNs por quilômetro.

5.4 CARGA TRANSPORTADA

No Brasil, há uma evidente predominância de um tipo de produto transportado. Alavancado pelas exportações da Vale, o minério de ferro desponta com ampla vantagem sobre as demais mercadorias, em toneladas.

Tabela 4 – Proporção em toneladas das cargas transportadas no Brasil em 2017.

Produto	Quantidade
Minério de Ferro	77.28%
Soja e Farelo de Soja	5.57%
Extração Vegetal e Celulose	3.81%
Produção Agrícola	3.37%
Indústria Siderúrgica	2.41%
Granéis Minerais	1.99%
Carvão e Coque	1.92%
Combustíveis, Derivados do Petróleo e Álcool	1.65%
Contêiner	0.68%
Carga Geral – Não Containerizada	0.52%
Cimento	0.48%
Indústria Cimenteira e Construção Civil	0.21%
Adbos e Fertilizantes	0.11%
Total	100%

Fonte: Adaptado Anuário CNT do Transporte (2018).

Estes dados expõem a escassez de transporte de produtos da indústria secundária, como os produtos manufaturados e de maior valor agregado, por dois motivos majoritários. Primeiramente, a baixa produção de produtos de elevado valor agregado, dando preferência à

exportação das matérias primas. Além disso, os bens que possuem valor agregado, são transportados quase que integralmente por caminhões.

Contudo, há cargas transportadas em que existe uma maior periculosidade em relação às outras, toma-se os combustíveis como um exemplo natural. Este tipo de produto exige um maior nível de confiabilidade e responsabilidade da operação e do material rodante que realiza o transporte.

Como mencionado na seção 2.1.3, um acidente ferroviário com produtos perigosos é considerado grave. Também segundo o Artigo 32, do Regulamento do Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos, nas situações em que os acidentes possam afetar “mananciais, áreas de proteção ambiental, reservas e estações ecológicas ou aglomerados urbanos”, cabe a concessionária, junto aos órgãos competentes, providenciar o adequado isolamento e vigilância da área atingida, ao menos até que os riscos à saúde de pessoas e animais, ao patrimônio e ao meio ambiente possam ser eliminados.

Beraldo (2008), realizou uma abordagem quantitativa da gravidade de eventos ferroviários adversos. Seu principal objetivo foi classificar a criticidade individual de cada acidente na concessão da Vale, conforme parâmetros de danos, imobilização de linha, impactos no meio ambiente e custos.

Contudo, o que nos traz relevância de seu estudo é uma classificação do produto conforme sua agressividade ao contato com o meio ambiente, e seu respectivo peso a ser inserido na fórmula da Vale que Beraldo propõe. Os grupos de mercadorias e os pesos mencionados estão listados na tabela 4.

Os valores foram definidos e validados pelo respectivo autor, representantes e gestores da Vale em reunião. Nesta também é definida a classificação de cada produto conforme seu grupo, que se encontra no Anexo A.

Tabela 5 – Grupo de mercadorias transportadas.

Grupo de Mercadorias	Peso
Combustível	5
Produto Perigoso	5
Granel – Alimentícios	3
Contêiner	3
Granel – Fertilizante	2
Granel – Minério	1
Produto Manufaturado	1
Produto Inerte	0
Sem vazamento	0

Fonte: Beraldo (2008).

É importante atentar-se, que a Vale – participante na definição dos pesos acima – possui, praticamente todo seu grupo de mercadorias classificado como “minério”. Com isso, seria de grande valia, que estes valores fossem futuramente revisados por diferentes profissionais, inclusive de outras concessionárias ferroviárias.

Portanto, para utilizar os citados pesos, é necessário ajustá-los à uma mesma base numérica da futura equação proposta no presente trabalho, logo, estes são adaptados – visto que irão adentrar à equação em seu quociente – da seguinte maneira, tomando seu inverso:

$$Peso\ adaptado = \frac{1}{Peso\ (Beraldo,2008)} \quad (9)$$

O grupo de mercadoria “Produto Inerte” não é empregue adiante, compreendendo que este não possui influência sob uma possível contaminação, da mesma forma para o item “Sem vazamento”. Com isto, a nova relação mercadoria x peso ilustra-se da segue desta maneira:

Tabela 6 – Grupo de mercadorias transportadas com peso adaptado.

Grupo de Mercadorias	Peso adaptado	Quantidade proporcional produto transportado [% TU]
Combustível	0,20	A
Produto Perigoso	0,20	B
Granel – Alimentícios	0,60	C
Contêiner	0,60	D
Granel – Fertilizante	0,80	E
Granel – Minério	1,00	F
Produto Manufaturado	1,00	G
Quantidade total de carga transportada [TU]		100%

Fonte: Autor (2019).

O conceito deste fator, é multiplicar o peso adaptado pela quantidade proporcional de mercadoria transportada pela concessionária, ou seja, uma média ponderada dos produtos transportados com base nos pesos da tabela 5.

Com isto o *fator carga* [f_c], toma a seguinte forma:

$$f_c = A * 0,20 + B * 0,20 + C * 0,60 + D * 0,60 + E * 0,80 + F + G \quad (10)$$

Observa-se, que o *fator carga* terá seu valor entre 0,20 e 1. Conforme a quantidade das variadas cargas transportadas. Para este caso também se ressalta, que a coleta da quantidade transportada, em toneladas úteis, de cada grupo de produto já é habito das empresas.

6 ASSOCIAÇÃO DOS FATORES

A partir do índice de segurança vigente, deseja-se criar, como definido no objetivo desta monografia, um novo índice de segurança, que incorpore mais elementos – aqui intitulados como fatores – recém citados e explanados.

Como também mencionado, o novo índice mantém o dado de entrada trens x quilômetros, bem como continuam em números absolutos. Vale ressaltar que este valor traz alta confiabilidade e autenticidade ao índice de acidentes, também são dados já comumente coletados pelas concessionárias, portanto, não requer nenhum novo esforço para obtê-lo.

Relembrando, o índice atualmente utilizado pela ANTT, concessionárias brasileiras, e majoritariamente em todo o mundo é a equação 1.

O índice proposto mantém como base a estrutura da equação atualmente utilizada pelas concessionárias e a ANTT. Com isso, são incluídos fatores quocientes na equação 1, a fim de modificá-la relativizando-a em função dos fatores apresentados anteriormente. Portanto, a equação 1 toma a seguinte forma:

$$\text{ novo índice de segurança} = \frac{\text{acidentes}}{\text{trenos} * \text{quilômetro} * f_t * f_p * f_{pn} * f_c} 10^6 \quad (11)$$

Os fatores de acidentalidade, são as equações 6, 7, 8 e 10.

Diante disto, os quatro fatores estudados nesta monografia, junto do antigo índice de acidentes, formam o novo índice de segurança de acidentes ferroviários. Este a ser aplicado anualmente pelas concessionárias em suas malhas, a fim de avaliar seu desempenho em relação à segurança propiciada aos colaboradores, à população, ao meio ambiente e à imagem do setor ferroviário que carece de apreciação.

A unidade resultante da fórmula, apenas sofre influência do fator passagem em nível, visto que os demais são adimensionais (baseados em proporções). Contudo, não se pode ignorar os fatores adimensionais, que não englobam visualmente a unidade.

$$\left[\frac{\text{acidentes} * \text{extensão total da malha}}{\text{trenos} * \text{quilômetro} * \text{passagem em nível}} 10^6 \right]$$

7 ESTUDO DE CASO

Com o intuito de ilustrar este novo índice, é realizado o emprego da fórmula anteriormente proposta nas operadoras MRS e Rumo Malha Sul (RMS) conforme desempenho de 2018. Estas foram selecionadas devido a disponibilidade dos dados necessários para os cálculos dos fatores.

Primeiramente, abaixo seguem os índices de acidentes conforme a normatização atualmente aplicada pelas concessionárias.

Tabela 7 – Dados estatísticos de acidentes (2018).

	MRS	RMS
Número de acidentes	107	217
Índice de segurança	7,39	19,02
Meta de segurança	8,98	16,00

Fonte: Adaptado ANTT (2019).

Para utilizar do novo índice, são necessários dados que solucionam os fatores propostos na seção 5. Estes são: quantidade de carga transportada por grupo de mercadoria, volume de transporte de passageiros e carga (caso não haja transporte de passageiros, matematicamente o fator é unitário, e não influencia o índice), extensão total da outorga, a extensão da malha em perímetro urbano e número de passagens de nível.

Dentre as informações necessárias, apenas os dados e fontes dos dois últimos itens ainda não foram citados neste trabalho. O fator perímetro será considerado unitário no estudo de caso deste trabalho, devido à elevada quantidade de dados que necessitariam serem compilados. Vale ressaltar que as concessionárias podem obter este fator – o que demanda certo tempo, porém é necessário realizá-lo apenas uma vez desde que não haja novos trechos construídos – a partir de dados disponibilizados por cada município em que a via férrea o transpassa.

Já os números de passagens em nível foram obtidos em pesquisa e informações de colaboradores das empresas em questão.

A MRS, como relata em seu balanço estatístico, possui 1.123 cruzamentos, já a concessionária Rumo Malha Sul possui 4.293 passagens em nível, segundo dados da Rumo (2019).

Com isto, conforme equação 8, o fator passagem em nível toma os seguintes valores:

Tabela 8 – Cálculo fator passagem em nível.

	MRS	RMS
Número de PNs	1.123	4.293
Extensão da malha	1.686	7.223
Fator passagem em nível (f_{pn})	0,6660	0,5943

Fonte: Autor (2019).

Para o cálculo do fator carga, são utilizados dados divulgados no Anuário Estatístico da ANTT. As cargas transportadas estão classificadas em subgrupos, conforme a tabela a seguir:

Tabela 9 – Produção em subgrupos em milhares de TU (2018).

Produto	MRS	RMS
Minério de Ferro	115.962	0
Aubos e Fertilizantes	220	1.021
Extração Vegetal e Celulose	806	911
Produção Agrícola	579	1.170
Açúcar	2.422	2.783
Soja e Farelo de Soja	1.313	11.273
Carvão/Coque	3.539	0
Cimento	1.428	720
Granéis Minerais	996	0
Ind. Cimenteira e Const. Civil	258	288
Ind. Siderúrgica	7.818	0
Comb., Deriv. Do Petr. E Álcool	50	3.314
Carga Geral – Não Containerizada	18	2
Contêiner	1.202	1.036

Fonte: Adaptado ANTT (2019).

Logo, estes dados são classificados conforme seus grupos, como mencionado na tabela 5 e auxílio do Anexo A, resultando nas distribuições das tabelas seguintes, juntos dos cálculos que se utilizam da equação, 10, proposta para o fator carga:

Tabela 10 – Cálculo fator carga para MRS.

Grupo	Criticidade	Quantidade Transportada (milhares TU, 2018)		Quantidade Transportada	Crit. x Qtde
Combustível	0,20	50	A	0,04%	0,0001
Produto Perigoso	0,20	0	B	0,00%	0,0000
Granel – Alimentícios	0,60	4.313	C	3,16%	0,0189
Contêiner	0,60	1.202	D	0,88%	0,0053
Granel – Fertilizante	0,80	220	E	0,16%	0,0013
Granel – Minério	1,00	120.498	F	88,21%	0,8821
Produto Manufaturado	1,00	10.328	G	7,56%	0,0756
Fator Carga Perigosa (f_c)				100%	0,9833

Fonte: Autor (2019).

Tabela 11 – Cálculo fator carga para RMS.

Grupo	Criticidade	Quantidade Transportada (milhares TU, 2018)		Quantidade Transportada	Crit. x Qtde
Combustível	0,20	3.314	A	14,72%	0,0294
Produto Perigoso	0,20	0	B	0,00%	0,0000
Granel – Alimentícios	0,60	15.226	C	67,62%	0,4057
Contêiner	0,60	1.036	D	4,59%	0,0276
Granel – Fertilizante	0,80	1.021	E	4,53%	0,0363
Granel – Minério	1,00	0	F	0,00%	0,0000
Produto Manufaturado	1,00	1.921	G	8,53%	0,0853
Fator Carga Perigosa (f_c)				100%	0,5843

Fonte: Autor (2019).

Para o cálculo do novo índice de segurança, proposto nesta monografia, faz-se uso da fórmula anteriormente apresentada. Devido à disposição do vigente índice de acidentes de 2018, que já contempla o número de acidentes, trens formados e extensão percorrida, basta realizar sua divisão pelos fatores recém calculados, obtendo o novo índice de acidentes.

$$\text{novo índice de segurança} = \frac{\text{acidentes}}{\text{trens} * \text{quilômetro} * f_t * f_p * f_{pn} * f_c} 10^6$$

Tabela 12 – Cálculo novo índice de acidentes.

Componente	MRS	RMS
Índice de acidentes vigente	7,39	19,02
Fator transporte (f _t)	1	1
Fator perímetro (f _p)	1	1
Fator passagem em nível (f _{pn})	0,6660	0,5943
Fator carga (f _c)	0,9833	0,5843
Novo índice de acidentes	11,28	54,76

Fonte: Autor (2019).

Diante destes novos números, é possível realizar uma análise comparativa entre os mesmos. Primeiramente, nota-se que o índice de acidentes da Rumo Malha Sul já era 2,57 vezes maior que a MRS, em virtude de possuir aproximadamente o dobro da quantidade de acidentes, 217 e 107 acidentes, respectivamente.

Outro dado que implica em um menor índice, é a quantidade de carga transportada, em que sugere que houve um maior número de trens formados, o que acarreta em uma diminuição do índice de segurança.

Após os cálculos com o índice de segurança proposto, verificou-se que a RMS passa ter um índice 4,85 vezes maior que a MRS, ou seja, a disparidade aumentou em quase 90%. Tal fato se deve a influência dos novos fatores, principalmente em relação a carga transportada.

Observando a carga transportada, a malha que opera no sul do País tem uma considerável quantidade de seu produto classificado como alimentício (67,62%), o qual possui uma maior criticidade na possibilidade de danos ou contaminações, expressado no peso que possui. Em oposto à MRS, em que 88,21% de sua carga são minérios e possui influência nula sobre o fator.

Outra razão, é a desigualdade na proporção de passagens em nível em relação a extensão total da malha que a concessionária possui. Por ter um fator passagem em nível menor, a RMS, conseqüentemente deveria possuir um baixo número de acidentes, visto que, em tese, há uma maior facilidade em administrar e atender-se aos seus cruzamentos rodoferroviários, o que não é perceptível conforme os dados acima.

Contudo, é válido ressaltar que este estudo apenas teve o intuito de demonstrar a aplicação da fórmula e como os fatores influenciam seu resultado. Este, não reflete como irá variar o novo índice de segurança, também devido à escassez de dados para o fator perímetro.

Como o fator transporte de passageiros foi unitário no estudo acima, e, portanto, não mostrou sua influência, realiza-se um estudo de sensibilidade com os dados da Vale, de 2017, visto que esta detém as duas únicas concessões que realizam o transporte de passageiros em suas linhas. Utilizando as equações 4, 5 e 6, seguem os cálculos:

Tabela 13 – Cálculo índice de acidentes com enfoque em passageiros.

Componente	EFC	EFVM
Índice de acidentes vigente	2,67	2,16
Volume passageiros	149340262	273526874
Volume carga	154434227e+3	336178833e+2
Fator transporte (f _t)	0,9990	0,9919
Novo índice de acidentes	2,6725	2,1775

Fonte: Autor (2019).

Nota-se que a influência do fator foi extremamente baixa (menos de 1%), isto se deve ao número reduzido de volume de passageiros, como ilustraram as figuras 3 e 4.

8 CONCLUSÃO

Esta monografia permitiu uma observação do cenário ferroviário, sendo o atual quadro justificado por decisões tomadas em gestões governamentais passadas. Além do mais, o atual cenário deixa eminente a necessidade de investimentos, não apenas em infraestrutura, porém conjuntamente com conhecimento do setor pelos administradores estatais.

A revisão da classificação dos acidentes ferroviários, em seus termos de natureza, causa e gravidade, junto do índice de acidentes atualmente utilizado, oportuniza a realização da variação proposta no mesmo, uma vez que, há crescentemente um maior número de fatores que o influencia.

Com isso, foram compreendidos, analisados e adaptados matematicamente os fatores transporte passageiros, zona que circunda a via, passagem em nível e carga transportada. Portanto, estes foram incorporados à formulação até então utilizada pelas concessionárias e ANTT, formando o proposto novo índice de acidentes.

A fim de demonstrar a aplicação deste novo índice, foram coletados dados e aplicados nas fórmulas criadas para os apresentados fatores. Como resultado, verificou-se um aumento na já existente disparidade entre as duas concessionárias analisadas, dado aumento provém da influência dos fatores, em que a diferença do tipo de carga foi extremamente relevante, bem como o número de passagens em nível por quilômetro de malha.

Inicialmente, as concessionárias podem recusar a este novo índice, uma vez que à primeira vista, o índice sobe com a adição dos novos fatores (nos casos de quocientes menores que uma unidade). Porém, ressalta-se que é de bom grado uma atualização em toda a legislação de aplicação de penalidades, com a revisão dos limites anteriormente estabelecidos.

Se faz necessário destacar a longa duração dos contratos deste setor, entre 20 e 30 anos, com isso, deve haver uma discussão entre a Agência Nacional de Transportes Terrestres e as empresas operadoras para determinar o momento da implementação – alteração do contrato vigente ou somente em novo contrato – deste novo método de indicação de responsabilidades de acidentes. Inclusive, há prorrogações de contratos antecipadas a serem consolidadas, em que tópicos como este devem ser revistos, ademais uma maior severidade em fiscalizações e exigências para investimentos.

Como sugestões de futuros trabalhos, instiga-se a verificação e análise de mais variáveis que influem em um acidente ferroviário, a fim de serem acrescentados em dado índice de segurança.

Também se estimula a aplicar o índice recém concebido às malhas ferroviárias brasileiras com a total quantidade de dados necessária para realizar o cálculo de todos os fatores, e comparar os resultados dos índices obtidos com os atualmente utilizados. Junto de uma reformulação dos atuais limites de penalidades e multas operadas nos dias de hoje.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Anuário Estatístico**, 2019. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Anuario_Estatistico.html>. Acesso em 30 mai. 2019.

_____. **Concessões ferroviárias**, 2018. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Concessoes_Ferrovias.html>. Acesso em 08 nov. 2018.

_____. **Edital e Contratos**, 2019. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/America_Latina_Logistica_Malha_Sul_SA.html>. Acesso em 04 abri. 2019.

_____. **Relatório 01/2014 ANTT**, de 12 de maio de 2014. Acidentes ferroviários ocorridos no subsistema ferroviário federal no ano de 2013. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/versao_final_relatorio_012014gerofsufer_1.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2018.

_____. **Resolução N° 3.696**, de 14 de julho de 2011. Aprova o Regulamento para pactuar as metas de produção por trecho e metas de segurança para as concessionárias de serviço público de transporte ferroviário de cargas. Disponível em: <http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/4696/Resolucao_n_3696.html>. Acesso em: 18 set. 2018.

_____. **Resolução N° 288**, de 10 de setembro de 2003. Regulamenta a aplicação de penalidades em face do descumprimento das Metas de Produção e de Redução de Acidentes, no âmbito dos Contratos de Concessão de Transporte Ferroviário de Cargas. Disponível em: <http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/1288/Resolucao_n_288.html>. Acesso em: 07 nov. 2018.

_____. **Resolução N° 1431**, de 26 de abril de 2006. Estabelece procedimentos para a comunicação de acidentes ferroviários à ANTT pelas concessionárias e autorizadas de serviço público de transporte ferroviário. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/102804-acidentes-ferroviarios-estabelece-procedimentos-para-a-comunicacao-de-acidentes-ferroviarios-u-antt-pelas-concessionarias-e-autorizadas-de-servico-publico-de-transporte-ferroviario.html>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Requisitos do sistema de gestão de segurança para a prevenção de acidentes graves**, 2018. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/_cms/view/page_doc.php?id=464>. Acesso em: 08 nov. 2018.

AMMERMAN, M. **The root cause analysis handbook**. New York: Productivity Press, 1998.

AMORA, D. **Análise: Muita retórica, pouco trem**. Disponível em: <<http://www.agenciainfra.com/blog/analise-muita-retorica-pouco-trem/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

ANDRADE, M. M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ASAFF, Y. E. **Conceitos e fundamentos**. 217 slides color. Disponível em: <<https://moodle.ufsc.br/course/view.php?id=91449>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15868**: Acidente ferroviário - Classificação, comunicações e relatório. Rio de Janeiro, 2010. 14 p.

_____. **NBR 7613**: Via férrea – Travessia rodoviária – Determinação do grau de importância e momento de circulação. Rio de Janeiro, 2019. 20 p.

BABBIE, E. **The practice of social research**. 4ª ed. Belmont, Wadsworth Publ., 1986.

BCG. **The 2015 European Railway Performance Index**. Disponível em: <<https://www.bcg.com/publications/2015/rail-transportation-hubs-cost-efficiency-2015-european-railway-performance-index.aspx>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

BERALDO, R. B. **Uma abordagem quantitativa para a definição da criticidade de ocorrências ferroviárias na Vale**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 99 f, 2008.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto N° 1.832**, de 04 de março de 1996. Regulamento dos Transportes Ferroviários. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1832.htm#art3>. Acesso em: 20 abr. 2019.

_____. Casa Civil. **Decreto N° 98.973**, de 21 de fevereiro de 1990. Regulamento do Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d98973.htm>. Acesso em 16 mai. 2019.

_____. Casa Civil. **Lei N° 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Parcelamento do Solo Urbano. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm>. Acesso em: 20 abr. 2019.

_____. Casa Civil. **Lei N° 9.491**, de 09 de setembro de 1990. Programa Nacional de Desestatização. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9491.htm>. Acesso em: 07 nov. 2018.

_____. Casa Civil. **Lei N° 9.503**, de 23 de setembro de 1997. Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503.htm>. Acesso em: 20 abr. 2019.

_____. Casa Civil. **Lei N° 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Parcelamento do Solo Urbano. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm>. Acesso em: 20 abr. 2019.

_____. Congresso. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei da Câmara N° 6.337**, de 2013. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=C4760093445D>

2B62DBAC6D042848F065.proposicoesWebExterno1?codteor=1144966&filename=Avulso+-PL+6337/2013>. Acesso em: 06 mai. 2019.

CANADIAN PACIFIC CONSULTING SERVICES. **The state of rail safety in Canada.** Canada, 2007. Disponível em: <<https://www.tc.gc.ca/media/documents/railsafety/CPCS.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Anuário CNT dos Transportes.** Brasília: CNT, 2018. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

_____. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2015.** Brasília: CNT, 2015. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-cnt-ferrovias>>. Acesso em: 18 set. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Projeto de passagem em nível.** 2015. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/sala-de-imprensa/isf-221-projeto-de-passagem-em-nivel.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

_____. **Projeto de Obras de Arte Especiais.** 2015. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-216-projeto-de-oe.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

GLOBO. **Câmeras registram imprudência de vítimas de linhas de trem no Brasil.** 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2014/02/cameras-registram-imprudencia-de-vitimas-de-linhas-de-trem-no-brasil.html>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Investigating accidents and incidents.** Norwich: HSE, 2004. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/hsg245.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2018.

MOREIRA, L. S. **Transportes no Brasil – A Interpretação Regulatória para os “gargalos” Ferroviários.** 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Departamento de Ciências Jurídicas, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2009.

MRS. **Balanco anual dos acidentes ferroviários.** Disponível em: <<https://www.mrs.com.br/post-newsletter/balanco-anual-dos-acidentes-ferroviarios>>. Acesso em 16 mai. 2019.

PIOVESAN, A. TEMPORINI, E. R. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Rev. Saúde Pública [online]**. 1995, vol. 29, n. 4, p. 318-325. ISSN 0034-8910.

RUMO. **PNs Malha Sul Sinalização.** 2019. Disponível em <<https://drive.google.com/open?id=1HY9TfDQsYvv1QaMHZPWocxwoLa1hyCko>>. Acesso em 30 mai. 2019.

SOARES, A. **Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas - DNIT.** 2016. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/parametros-indicadores-de-intervencoes-em-areas-urbanas-pn/parametros-indicadores-de-intervencoes-em-areas-urbanas.pdf/view>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

STEFFEN, G. S. **Interação consumidor-funcionário no varejo de confecção sob a perspectiva da classe média**. Dissertação (Mestrado em Administração e Negócios) – Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, PUCRS. Porto Alegre, 2012. 128 f.

ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS

Produto	Classificação para gravidade
Açúcar ensacado	Granel – Alimentícios
Açúcar granel	Granel – Alimentícios
Álcool	Combustível
Antracito	Granel – Minério
Areia	Granel – Minério
Arroz	Granel – Alimentícios
Bauxita	Granel – Minério
Bebidas	Produto manufaturado
Bentonita	Granel – Minério
Biodiesel	Combustível
Bobinas	Produto manufaturado
Bolas de moinho	Granel – Minério
Cal	Granel – Minério
Calcário	Granel – Minério
Carvão	Granel – Minério
Cátodo de cobre	Produto manufaturado
Cátodo de níquel	Produto manufaturado
Celulose	Produto manufaturado
Cimento	Produto manufaturado
Clinker	Granel – Minério
CNTR 20CH	Contêiner
CNTR 20VZ	Contêiner
Concentrado de Cobre	Granel – Minério
Concentrado de Zinco	Granel – Minério
Coque	Granel – Minério
Diesel	Combustível
Dunito	Granel – Minério
Enxofre	Granel - Fertilizante
Escória	Granel – Minério
Farelo	Granel – Alimentícios
Ferro Gusa	Granel – Minério
Ferro liga	Produto manufaturado
Ferro níquel	Produto manufaturado
Ferro níquel – Bag	Produto manufaturado
Fertilizantes	Granel - Fertilizante
Finos de liga	Granel – Minério
Fio máquina	Produto manufaturado
Fluoreto de cálcio	Granel - Fertilizante
Fluorita	Granel - Fertilizante
Fosfato seco	Granel - Fertilizante
Fosfato úmido	Granel - Fertilizante
Gasolina	Combustível
Granito	Produto manufaturado
Ilmenita	Granel – Minério
LAB	Produto Perigoso
Lama de Aciara	Granel – Minério
LAS	Produto Perigoso
Lingoteira	Produto manufaturado
Magnesita	Granel – Minério

Produto	Classificação para gravidade
Milho	Granel – Alimentícios
Minério de Quartzo	Granel – Minério
Minério de Ferro	Granel – Minério
Minério de Cobre	Granel – Minério
Minério de Cromo	Granel – Minério
Minério de Manganês	Granel – Minério
Minério hematita	Granel – Minério
Óleo combustível	Combustível
Óleo vegetal	Combustível
Peças off-shore	Produto manufaturado
Perfil de aço	Produto manufaturado
Peróxido de hidrogênio	Produto Perigoso
Placa de aço	Produto manufaturado
QAV (querosene)	Produto Perigoso
Soja	Granel – Alimentícios
Sucata	Produto manufaturado
Sulfato de Amônio	Produto Perigoso
Toretas	Produto Inerte
Ureia	Granel – Fertilizante