UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ISABELLY COELHO EVANGELISTA

ANÁLISE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS EM PARTE DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA

JUIZ DE FORA
2022

ISABELLY COELHO EVANGELISTA

ANÁLISE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS EM PARTE DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: DSc, Bruno Milanez

JUIZ DE FORA

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Evangelista, Isabelly.
ANÁLISE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS EM PARTE DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA / Isabelly Evangelista. -- 2022.
44 p. : il.

Orientador: Bruno Milanez
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2022.

1. Acidentes Ampliados. 2. Acidentes Ferroviários. 3. Gestão de Riscos. I. Milanez, Bruno, orient. II. Título.

ISABELLY COELHO EVANGELISTA

ANÁLISE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS EM PARTE DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 11 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc. Bruno Milanez (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Clarice Breviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Roberta Cavalcanti Pereira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, minha irmã e toda a minha família, por sempre me apoiar e incentivar, independentemente de onde eles estiverem. Um agradecimento especial aos meus avós, que não estão mais neste plano, mas que sonharam junto comigo essa conquista.

Agradeço aos meus amigos, em especial à Elidiane, que tem sido minha maior apoiadora desde meus primeiros dias na UFJF, e ao Wesley, que tem me incentivado, dando suporte nos momentos de crise, nos últimos cinco anos, e que não me deixou desistir.

Aos meus colegas da empresa, pela oportunidade e confiança na realização deste trabalho.

Às professoras Clarice e Roberta, pelos ensinamentos e motivação.

Ao professor Bruno, pelos ensinamentos, orientação, apoio e acolhimento.

Agradeço a Deus e à espiritualidade amiga, pelas oportunidades e à minha protetora, Oyá, por me dar tanta força e determinação.

RESUMO

Acidentes ferroviários têm grande poder de impacto a médio e longo prazo para as vítimas, a sociedade e, ainda, para o meio ambiente. Por esse motivo, eles podem ser classificados como acidentes ampliados. Este estudo busca avaliar como uma ferramenta de análise de riscos pode auxiliar na gestão de acidentes ferroviários, identificando quais são as principais ferramentas utilizadas nas análises e os fatores envolvidos nas ocorrências. Após a revisão teórica, foi realizada uma revisão bibliográfica dos estudos sobre o tema. Em seguida, são descritas as análises realizadas, os desafios e os resultados encontrados. O sistema de gestão atual mostrou-se frágil e de difícil identificação de melhorias, então foi proposta a implantação de novos métodos que permitam à empresa identificar quais as melhores ações para reduzir a ocorrência de acidentes

Palavras-chave: Acidentes Ampliados, Acidentes Ferroviários, Gestão de Riscos.

ABSTRACT

Rail accidents have huge medium and long-term impact power for victims, society and the environment. Therefore, they can be classified as expanded accidents. This study pursues to evaluate how a risk analysis tool might assist with the management of the accidents, identifying the main tools used in the analyses and the factors involved in the occurrences. Subsequently, the theoretical review, a literature review of the studies on the subject was accomplished. Consequently, the analyses performed, the challenges encountered and the results found are described. The current management system proved to be fragile and difficult to identify improvements, then it has been proposed the implementation of new methods that permit the company to identify the best actions to reduce the occurrence of accidents

Keywords: Major Accidents; Rail Accidents; Risk Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Malha ferroviária brasileira atual 35
Figura 2 - Palavras-Chave Relacionadas a Cada Acidente 48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção de Transporte Ferroviário de Cargas, em Milhões de Toneladas Úteis (MTU) de 2010 a 2020 40
Gráfico 2 - Índice de Acidentes Ferroviários de 2010 a 2020 41
Gráfico 3 - Principais Causas de Acidentes 2010-2020 42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Acidentes Ferroviários.....38
Tabela 2 - Acidentes Ferroviários por Causa de 2010 a 2020.....41
Tabela 3 - Responsabilidade dos Acidentes entre 2020 e 2021 45
Tabela 4 - Causas dos Acidentes Ferroviários Ocorridos entre 2020 e 2021.....46
Tabela 5 - Incidência dos Dez Termos mais Frequentes.....48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- ADC – Árvore de Causas
- ANTF - Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
- ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
- ETA - Event-Tree Analysis
- FEPASA - Ferrovia Paulista S.A.
- FMEA – Análise de Modo de Falhas e seus Efeitos
- Hazop - Análise de Perigos e Operabilidade
- IR – Risco Individual
- PDCA – Plan, Do, Check, Action
- PN – Passagem em Nível
- PP – Passagem De Pedestres
- RFFSA - Rede Ferroviária Federal S.A.
- SGPK – Sistema de Gestão de Poka-Yoke
- TKU – Tonelada-Quilômetro Útil
- TU - Tonelada Útil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 24

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 24
1.2 JUSTIFICATIVA 24
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 25
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 25
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 26
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 26

2. ACIDENTES INDUSTRIAIS E GESTÃO DE RISCO 28

2.1 ACIDENTES INDUSTRIAIS 28
2.2 ACIDENTES FERROVIÁRIOS COMO ACIDENTES INDUSTRIAIS AMPLIADOS 29
2.3 GESTÃO DE RISCO 30
2.4 METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCO 31

3. O SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO 34

3.1 HISTÓRIA 34
3.2 ACIDENTES FERROVIÁRIOS 36
3.3 ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL 38
3.4 DADOS SOBRE ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL 40

4. ANÁLISE DOS ACIDENTES FERROVIÁRIOS EM PARTE DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA 43

4.1 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS 43
4.1.1 TIPO 43
4.1.2 TURNO 44
4.1.3 TRECHO FERROVIÁRIO 44
4.1.4 RESPONSABILIDADE 44
4.1.5 ATIVIDADE 44
4.1.6 CAUSA PRINCIPAL 45

4.2 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS 45
4.3 ANÁLISE DA CATEGORIZAÇÃO DOS ACIDENTES..... 47

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 50

6. REFERÊNCIAS 51

7. ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE 54

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Acidentes ferroviários podem ocorrer devido a diversos fatores: imprudência, falta de manutenção, descumprimento de procedimentos de segurança, falha operacional, falha mecânica, entre muitos outros. A segurança do modal ferroviário é de interesse de toda a sociedade, visto que, embora se apresente como um modal econômico, sustentável e bastante seguro, um acidente na malha ferroviária tem grande potencial de impacto socioambiental e financeiro (ZHANG *et al.*, 2018).

A Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) define acidente ferroviário como ocorrência com a participação direta de veículo ferroviário que provoque danos a este, ao meio ambiente, a pessoas, a bens materiais também a animais, em caso de necessidade de paralisação do tráfego. O órgão determina, ainda, que a responsabilidade pela tratativa dos acidentes é das concessionárias que detêm o direito de uso em cada trecho (ANTT, 2020).

De acordo com Abreu e Trindade (2019), a realização de estudos sobre acidentes ferroviários no Brasil é importante para a identificação de fatores que propiciem estas ocorrências, bem como para a detecção de locais críticos, que precisam de maior atenção.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com os dados do Anuário do Setor Ferroviário de 2020, da ANTT, entre 2010 e 2020 as concessionárias notificaram uma média de 857 acidentes ferroviários por ano em todo o Brasil. (ANTT, 2020). Estes acidentes são ocorrências prejudiciais a todos os envolvidos: as concessionárias, seus colaboradores, seus clientes, seus investidores e acionistas e a sociedade no entorno da ferrovia. Impactos ambientais, sofrimento físico e psicológico dos envolvidos, decorrentes dos acidentes ou de suas sequelas posteriores, a perda de carga e descumprimentos de prazos devido à parada do tráfego e demais consequências de um acidente ferroviário podem gerar despesas mais elevadas que a prevenção deles. Desta forma, se torna necessário compreender as condições e os locais que mais se relacionam (ZHANG *et al.*, 2018; ABREU E TRINDADE, 2019; PIRES, 2003).

A importância deste trabalho se dá no âmbito de compreender as condições nas quais ocorrem mais acidentes em um trecho da malha ferroviária sudeste e as principais causas destes.

Estas informações, aliadas a outros estudos, poderão ajudar os gestores, especialistas e principais agentes envolvidos em segurança ferroviária a traçar planos estratégicos para evitar ocorrências e minimizar seus impactos.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho foi realizado em uma empresa de transporte ferroviário de cargas, localizada na região Sudeste, nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, analisando acidentes registrados entre 2010 e 2020. Ele buscou compreender como o uso estruturado de uma ferramenta de análise de risco pode contribuir para o aprimoramento da gestão de acidentes ferroviários.

Para tanto, será necessário estudar as principais ferramentas de gestão de risco e seus pontos positivos e negativos.

Além disso, é importante compreender as principais características de acidentes ferroviários, a partir de uma comparação com acidentes industriais ampliados. Bem como analisar quais são os fatores envolvidos em acidentes ferroviários e como eles contribuíram para as ocorrências.

Por fim, identificar qual ferramenta melhor descreve o método utilizado pela empresa estudada, avaliando possibilidades de melhorias.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é avaliar de que maneira uma ferramenta de análise de riscos pode auxiliar na gestão de acidentes ferroviários.

Os objetivos secundários são:

- Avaliar as principais ferramentas utilizadas em análises de risco, seus pontos positivos e negativos;
- Compreender o que caracteriza os acidentes ferroviários, comparando-os com acidentes industriais ampliados;
- Identificar os fatores envolvidos nas ocorrências e como eles contribuíram para tal;

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, com objetivo explicativo, visto que se utilizará de dados levantados previamente, para compreensão de fatores relacionados aos acidentes ferroviários (MIGUEL, 2010).

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica onde se buscou compreender as normas e legislações relacionadas ao tema, definir a abordagem com base em classificações importantes e identificar os estudos relevantes sobre o tema e suas conclusões principais.

Em seguida, foi realizada uma análise exploratória sobre os acidentes ocorridos entre 2010 e 2020 em parte da malha ferroviária da região sudeste, os municípios e as condições em que ocorreram. Os dados foram obtidos através do preenchimento de informações sobre acidentes pela área de segurança da empresa.

Através das análises, a pesquisa visa identificar quais os fatores associados aos acidentes e como eles contribuem para tais ocorrências. Por isso, a princípio todos os acidentes foram analisados de acordo com os tópicos a seguir:

- Ocorrência em pátios, oficinas, terminais, trecho corrido ou passagens de nível e de pedestres;
- Horário de ocorrência;
- Responsabilidade (comunidade, clientes, outras ferrovias, ou a própria empresa);
- Principal causa;
- Atividade que era executada no momento do acidente;
- Tipo de Acidente.

A partir dessa análise, foram estabelecidas análises mais profundas, que se mostraram necessárias para alcançar os objetivos deste trabalho.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo deste trabalho refere-se à introdução e descreve as definições da pesquisa e suas justificativas. Também detalha os objetivos do trabalho e a metodologia a ser utilizada.

O capítulo seguinte apresenta as definições de acidentes industriais ampliados e o motivo pelo qual os acidentes ferroviários foram classificados nesta categoria. Em seguida, trata da gestão de risco, descrevendo sua importância e algumas das ferramentas utilizadas.

O capítulo três trata sobre o sistema ferroviário brasileiro, começando por um breve resumo de sua história, seguido por uma revisão bibliográfica dos estudos sobre o tema. Também define o que é um acidente ferroviário e detalha a maneira como são classificados. Por último, são apresentados dados sobre as ocorrências no Brasil entre 2010 e 2020.

No quarto capítulo, foram descritas as análises realizadas, as dificuldades enfrentadas durante essa etapa e foram apresentados os resultados encontrados.

O quinto capítulo trata da conclusão, apresentando as considerações finais a respeito do trabalho e dos resultados apresentados no capítulo anterior.

2. ACIDENTES INDUSTRIAIS E GESTÃO DE RISCO

2.1 ACIDENTES INDUSTRIAIS

Com o advento da Revolução Industrial no século XVIII, surgiram também os acidentes industriais. Na época o emprego de novas tecnologias na produção industrial e seus consequentes acidentes já era visto como um problema que exigia intervenções técnicas e uma legislação, ainda que incipiente, para controlar e prevenir estas ocorrências (FREITAS *et al.*, 2000).

Ainda segundo Freitas *et al*. (2000), no caso das máquinas a vapor e minas de carvão, os acidentes tinham sua extensão e gravidade restritos ao espaço e tempo do evento. Isso mudou a partir do século XX, com o surgimento da indústria química. Neste período, o carvão deixou de ser a base do sistema industrial, sendo substituído pelo petróleo, o que permitiu a expansão da indústria. Por ser um setor de natureza altamente competitiva e estar aliado ao crescimento da economia em escala mundial e ao rápido avanço da tecnologia, as dimensões das plantas industriais e a complexidade dos processos produtivos também aumentaram significativamente. Este crescimento global das atividades relacionadas à produção industrial provocou um aumento no número e na gravidade de acidentes nestas atividades.

Pode-se definir acidentes industriais ampliados da seguinte maneira:

> "Eventos agudos tais como explosões, incêndios e emissões nas atividades de produção, isolados ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial para causar simultaneamente múltiplos danos, sociais, ambientais e à saúde física e mental dos seres humanos expostos." (FREITAS *et al.*, 2000, p.26)

Desta forma, os acidentes ampliados são caracterizados pela capacidade de causar grande número de óbitos, pelo seu potencial de permitir que a gravidade e a extensão dos efeitos ultrapassem seus limites geográficos e temporais – que causem câncer ou danos à vegetação e aos seres vivos daquele ambiente – além de impactar social e psicologicamente as populações expostas (FREITAS, PORTE E GOMEZ, 1995).

De acordo com estatísticas internacionais apresentadas por Freitas *et al.* (2000), tais acidentes têm maior severidade em países de economia semiperiférica e países em desenvolvimento, tais como Brasil, Índia e México. Isso se deve a fatores como urbanização acelerada, moradias inseguras e a não existência de recursos para enfrentar eventos de risco, que tornam as populações vulneráveis, aliado a sistemas sociotécnicos expostos a falhas.

Estes países passaram por processo de industrialização entre os anos de 1960 e 1980, através de grande endividamento externo, aumento na participação de multinacionais no

processo de industrialização e forte intervenção do Estado na economia. Desta forma, os acidentes ocorridos nestas localidades envolvem indústrias multinacionais, como o Bhopal, na Índia, que vitimou de forma imediata mais de 2.500 pessoas; quanto estatais, como San Juan Ixhuatepec, no México e Vila Socó, no Brasil, que resultaram em mais de 500 vítimas imediatas, todos os três ocorridos no ano de 1984. Pode-se citar, ainda, os recentes rompimentos de barragens de mineração ocorridos em Minas Gerais, nos anos de 2015 e 2019, em Mariana e Brumadinho, ambos classificados como acidentes de trabalho ampliados, que vitimaram, o primeiro, 19 e o segundo, mais de 270 pessoas, além do grave impacto ambiental resultante do deslizamento de dejetos de mineração no meio ambiente (FREITAS & SILVA, 2019; SILVA *et al.*, 2020).

Ainda segundo os autores, não por acaso, tais acidentes ocorreram em áreas periféricas aos grandes centros urbanos, atingiram populações pobres, com pouco acesso a bens e serviços e que viviam próximas às fontes de risco de acidentes ampliados.

2.2 ACIDENTES FERROVIÁRIOS COMO ACIDENTES INDUSTRIAIS AMPLIADOS

De acordo com Zhang *et al.* (2018), embora os acidentes ferroviários representem uma parcela muito pequena, se comparados aos acidentes dos outros modais de transporte, sua segurança é motivo de preocupação da sociedade, devido à severidade dos impactos humanos e financeiros, visto que muitos dos acidentes resultam em mortes ou sequelas graves aos envolvidos.

Estas ocorrências nas malhas ferroviárias têm potencial de afetar a saúde mental e física dos envolvidos, levando a óbito ou ao desenvolvimento de sequelas permanentes, ou ainda ocasionando impactos ambientais irreversíveis (ABREU; TRINDADE, 2019).

Segundo Freitas *et al.* (2000), acidentes industriais possuem como características comuns grande impacto na saúde física e mental de vítimas e demais envolvidos, bem como impactos sociais e ambientais que excedem os limites geográficos e temporais do evento. Os autores ainda defendem que as atividades de transporte e produção apresentam maior concentração de acidentes ampliados, bem como maior número de óbitos imediatos.

Deste modo, devido à capacidade de amplo impacto dos acidentes ferroviários, neste trabalho, estes serão classificados e analisados como acidentes industriais ampliados.

2.3 GESTÃO DE RISCO

Segundo Monteiro (2017), risco é a possibilidade de que ocorra um evento que possa impactar o cumprimento dos objetivos da organização. A probabilidade de ocorrência e de efeito causado pela ocorrência do evento, portanto, definem o nível do risco.

$$Nível\ do\ risco = probabilidade\ x\ efeito$$

As organizações estão expostas a uma grande variedade de riscos, que podem ser de natureza econômica, ambiental, social, operacional, regulamentar, financeiro ou imagem/reputação, e não existem recursos suficientes para lidar com todos (MONTEIRO, 2017). Desta forma, parte da estratégia de sobrevivência de uma empresa se destina a gerir seus recursos para lidar com os riscos que têm maior potencial de impactar os objetivos da organização (SIMONEI, 2018).

Segundo Simonei (2018), embora o gerenciamento corporativo de riscos seja uma prática rotineira desde a origem das empresas, o assunto só começou a ganhar relevância a partir do século XX, como consequência da globalização e do aumento da complexidade das organizações. Ainda de acordo com o autor, devido à preocupação de bancos com relação a operações não registradas em balanço, problemas de empréstimos, negociações fraudulentas em bolsas de valores, falsificação de contas, entre outros problemas, desde a década de 1980 foi desenvolvido um método de avaliação de riscos em operações financeiras, o *Value-at-Risk* (Var). Por fim, ele ainda alerta para o fato de que o tratamento de riscos não financeiros é bem mais complexo, possuindo mensuração subjetiva. Por este motivo, para mensurar riscos não financeiros, é necessário manter controles internos e combinar técnicas qualitativas e quantitativas.

Desta maneira, permanece ativa a busca por padrões de gerenciamento de riscos. Assim, modelos alinhados às boas práticas têm sido desenvolvidos de modo a inserir novos conceitos para a avaliação e controle de riscos, atendendo às exigências de mercado e dos órgãos regulamentadores.

De acordo com Carpenter (1995), o gerenciamento de riscos pode ser definido como uma ferramenta que, utilizando os resultados da avaliação de riscos, possui o objetivo de reduzir as possibilidades e consequências da ocorrência do evento. A etapa de análise de riscos é central na gestão dos mesmos e possui uma estrutura básica, independente da área de aplicação (AVEN, 2015).

Ainda conforme proposto por Aven (2015) este processo se dividiria em três etapas:

- Planejamento: etapa em que o problema é definido, informações são coletadas, o trabalho é organizado e o método de análise é selecionado;
- Avaliação de Risco: onde os riscos, ameaças e oportunidades são identificados e são analisadas as causas e as consequências;
- Tratamento do Risco, em que são comparadas as alternativas, é realizada a identificação e avaliação das medidas e segue com a decisão tomada.

Dessa forma, este trabalho se caracteriza como etapa de planejamento, em que o problema é definido e o trabalho organizado.

2.4 METODOLOGIAS DE GESTÃO DE ACIDENTES

Marhavilas *et al.* (2011) explicam que a metodologia de análise de risco deve ser definida após a identificação do risco, a definição dos resultados que se espera obter e a coleta de informações. Dessa forma é possível avaliar se a técnica utilizada será quantitativa, qualitativa ou, ainda, se será uma técnica híbrida (semiquantitativa e qualitativo-quantitativa).

Os autores ainda explicam que nas técnicas quantitativas, o risco pode ser analisado como uma quantidade e, portanto, poderá ser expresso através de relação matemática, baseada, entre outros fatores, no histórico de ocorrências reais. Por outro lado, as técnicas qualitativas se baseiam em processos de estimativa analítica. Ainda, as técnicas híbridas combinam algumas características das técnicas quantitativas e qualitativas e são ajustadas para cada caso e, por isso, consideradas de mais alta complexidade (MARHAVILAS *et al.*, 2011).

Dentro da literatura sobre avalição de risco uma ampla gama de ferramentas tem sido proposta. Entre as mais comumente usadas podem-se listar: Risco Social, *Event-Tree Analysis* (ETA), Análise de Modo de Falhas e seus Efeitos (FMEA), Análise de Perigos e Operabilidade (Hazop), Análise Histórica de Eventos.

Segundo Erkut *et al.* (2007), Risco Social ou Risco Individual (IR) é uma técnica quantitativa, que avalia a probabilidade de letalidade para uma pessoa que esteja sem proteção no entorno do local do acidente. A maneira mais simples de expressar este risco é multiplicar a probabilidade de impacto por indivíduo pela quantidade de pessoas que se encontram na zona que será afetada pelo possível acidente. A metodologia pode ser utilizada para avaliar qual o impacto que um possível acidente na ferrovia acarretará sobre a população e o meio ambiente do entorno.

Andrews (2000), descreve a *Event-Tree Analysis* (ETA) como uma técnica híbrida, normalmente usada para identificar as consequências de um possível acidente. Sua primeira aplicação foi em indústrias químicas, de óleo e gás e de transporte. Comumente, em uma análise de riscos, pode-se combinar a frequência de acidentes com as consequências do desfecho do mesmo (geralmente expressa em óbitos). A técnica pode ser utilizada para identificar todas as causas de um acidente, bem como seu impacto sobre a vítima, e ainda sobre companhia.

Pezzatto *et al.* (2018) explicam que a Análise de Modo de Falhas e seus Efeitos (FMEA) é uma ferramenta indutiva e tem como objetivo a identificação e análise das falhas e seus efeitos e, dessa forma, reduzir a probabilidade de ocorrência. Quando usada, deve-se analisar cada falha, seus efeitos e causas; em seguida, o risco de cada uma é calculado de maneira individual. Este método pode ser utilizado para analisar o risco de ocorrência de falhas na ferrovia e sua probabilidade de resultar em um acidente e, posteriormente, definir as medidas para que sejam evitadas.

A técnica Análise de Perigos e Operabilidade (Hazop) utiliza palavras de referência (sim, não, elevado, etc.) para um grupo de parâmetros (fluxo, composição, etc.) de modo que os indivíduos envolvidos identifiquem riscos em potencial para a operabilidade dos sistemas (MARTINS; NATACCI, 2009). Pode ser uma ferramenta muito útil para a padronização dos procedimentos realizados pelos trabalhadores da ferrovia.

Segundo Martins e Natacci (2009), a Análise Histórica de Eventos permite evidenciar potenciais riscos, bem como estimar a frequência de eventos que se deseja estudar. Deve-se analisar a aplicabilidade e a relevância dos dados, bem como qualidade, exatidão, tamanho e tratamento estatístico da amostra de dados. A análise histórica também é relevante, visto que permite analisar pontos críticos e definir ações de prevenção nestes locais.

Além dessas ferramentas, pode-se citar outras, usadas para compreender causas e consequências dos acidentes, como a Árvore de Causas e o Diagrama de *Ishikawa*, além de evitar que falhas aconteçam, como é o caso do *Poka-Yoke*. Essas ferramentas são utilizadas na com o objetivo de compreender e reduzir as ocorrências, como parte da gestão dos riscos avaliados.

A Árvore de Causas (ADC) é muito utilizada ao analisar acidentes de trabalho e, portanto, pode ser muito útil, principalmente, para analisar acidentes cuja causa envolva o maquinista ou demais colaboradores da ferrovia. A ADC identifica os fatores do acidente e constrói a árvore estabelecendo as relações existentes entre eles (BINDER; ALMEIDA, 1997).

Kaoru Ishikawa desenvolveu o Diagrama de Causa e Efeito, que representa as relações entre um problema e todas as suas possíveis causas. Após a definição de todas as possíveis causas diretas, deve-se refletir sobre os motivos para que cada possibilidade aconteça, gerando-se, dessa forma, ramificações que levam às causas fundamentais do problema (CARPINETTI, 2016). A metodologia pode ser útil ao tentar entender a causa raiz de cada acidente e, assim, definir ações para evitá-los.

Vidor e Saurin (2011) explicam que *poka-yoke* significa “a prova de erros” e é uma metodologia que nasceu na *Toyota Motors Company*, em sua busca pela redução dos defeitos de produção. Ainda segundo os autores, os sistemas de gestão de *poka-yoke* (SGPK) devem estar relacionados com os ciclos de melhoria contínua e devem conter etapas de planejamento, implementação, manutenção e descontinuidade do uso da ferramenta. Definindo-se os acidentes ferroviários como falhas ou erros, pode-se utilizar o SGPK para minimizar suas ocorrências.

Seja qual for a ferramenta empregada na análise de riscos, Martins e Natacci (2009) escrevem que é necessário viabilizar a rastreabilidade dos dados e dos resultados obtidos, referenciando-se todos os documentos que forem utilizados como base para o estudo.

3. O SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO

3.1 HISTÓRIA

Analisando brevemente o histórico do sistema ferroviário brasileiro, percebe-se que, desde 1922 sua extensão não apresentou mudanças significativas, permanecendo com aproximadamente 29 mil quilômetros. Na década de 1950 ocorreu a unificação das estradas de ferro da União, dando início às atividades da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) e, na década de 1970, o mesmo ocorreu com as estradas de ferro do estado de São Paulo, criando-se a Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA). Ambas as estatais, em 1992, foram incluídas no Programa Nacional de Desestatização, que permitiu que as permissões de utilização das malhas ferroviárias fossem concedidas à iniciativa privada pelo período de 30 anos, podendo ser prorrogado pelo mesmo período (ANTT, 2020).

O objetivo dos contratos de concessão era atrair investimentos para a modernização e manutenção da malha ferroviária, aumentando a participação e a qualidade do serviço prestado. Para aumentar a atração das empresas, não foram estabelecidas regras sobre como os investimentos deveriam ser feitos, de modo que as concessionárias permaneceram livres para definir como seriam os investimentos durante sua administração (SOUSA; PRATES; 1997).

Entretanto, foram definidas duas metas para o acompanhamento da qualidade do serviço prestado: cada concessionária deveria ter aumentado o volume transportado, bem como reduzir os acidentes, de acordo com as especificidades de cada malha e o desempenho operacional projetado. Desta forma, para fiscalizar as concessionárias e resolver qualquer problema de caráter administrativo que pudesse haver entre elas, Estado e a população, foi criada a ANTT (CERBINO *et al.*, 2019).

A seguir, na Figura 1, é possível visualizar a malha ferroviária brasileira atual, de acordo com a concessionária responsável, além de projetos em desenvolvimento no ano de 2021. Estes projetos, localizados principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país, têm como objetivo a expansão da malha ferroviária brasileira, dessa forma, caso os problemas relacionados à segurança ferroviária não sejam solucionados, há a tendência de aumento no número de acidentes.

Figura 1 - Malha ferroviária brasileira atual

Fonte: ANTF, 2021

Após análise do mapa, nota-se que a maioria das ferrovias ainda se concentra nas regiões sul e sudeste. Esse é um reflexo da história das ferrovias no Brasil, criadas durante o reinado de Dom Pedro II, com o intuito de ligar o interior, produtor de café, aos portos, no litoral. Percebe-se, também, que este interesse não foi alterado ao longo dos anos, permanecendo a preocupação maior com a exportação, em detrimento da integração nacional.

No dia 23 de dezembro de 2021 foi publicado no Diário Oficial da União, o Marco Legal das Ferrovias, uma nova legislação para o modal ferroviário, que permite mudanças acerca da exploração do serviço, o trânsito e o transporte ferroviários e as atividades desempenhadas pelas administradoras e pelos operadores independentes (DOU, 2021).

A nova lei busca modernizar o setor através da atração de novos investimentos. A legislação vigente até então permitia que os investimentos na malha ferroviária ocorressem

apenas através do governo federal. Atualmente existe permissão para que tais investimentos, e seus respectivos riscos associados, possam ser de responsabilidade privada. Tal qual ocorre na exploração de infraestrutura de setores como telecomunicações, energia elétrica, portuário e aeroportuário, poderão ser autorizadas, ainda, a construção de novas ferrovias, bem como a exploração de trechos sem operação, devolvidos, desativados ou ociosos (DOU, 2021).

3.2 ACIDENTES FERROVIÁRIOS

Para Abreu e Trindade (2019), o modal ferroviário é bastante econômico, sustentável e seguro, entretanto, o grande potencial de gravidade dos acidentes na malha ferroviária traz a necessidade de estudos sobre este tema. Os autores realizaram um estudo de revisão bibliográfica sobre quais os artigos mais relevantes sobre acidentes envolvendo atropelamentos de pedestres nas linhas férreas. Eles concluíram que, entre 2011 e 2019, houve um crescimento do interesse pelos temas envolvendo acidentes na malha ferroviária. No entanto, ainda há necessidade de realização de novos trabalhos sobre o assunto, principalmente com foco no Brasil, com mapeamento das regiões críticas que carecem de análise, além da identificação dos fatores que propiciam os acidentes. O resultado da pesquisa dos autores pode ser classificado em dois tipos: estudos que analisam os atropelamentos, suas causas e principais fatores envolvidos; e estudos de caráter comparativo, em que foram realizadas análises comparando o Brasil com os Estados Unidos ou União Europeia.

Dentre os estudos que analisam apenas os atropelamentos, se destacam os de Cina *et al.* (1994), Silla e Luoma (2012) e Hedelin *et al.* (1996), todos baseados em experiências internacionais. Já entre os acidentes comparativos, tem-se os trabalhos de Beraldo (2008) e Miguel (2020).

Cina *et al.* (1994) mapearam os acidentes e as mortes envolvendo atropelamentos ferroviários durante o período de 1982 a 1992 na Carolina do Sul, Estados Unidos. Concluíram que a maioria das vítimas eram jovens saudáveis do sexo masculino e que 80% dos casos analisados envolviam transeuntes com elevado teor alcoólico no sangue. Os autores concluíram que a realização de análise toxicológica é fundamental na discriminação da lesão autoprovocada de forma intencional da incapacitação induzida pelo álcool, que, no entendimento deles, resulta em morte acidental. A importância desta análise se faz, uma vez que a correta determinação da causa do acidente é condição *sine qua non* para a definição de ações preventiva.

Silla e Luoma (2012) mapearam as mortes decorrentes de atropelamentos ferroviários na Finlândia, entre 2005 e 2009. Os resultados mostraram que a maioria das vítimas era do sexo masculino, com faixa etária de 20 a 29 anos e intoxicadas por álcool, medicamentos e/ou drogas. Resultado semelhante ao apontado por Cina *et al.* (1994).

Outro estudo que também aponta o álcool como fator predominante de atropelamentos ferroviários resultantes em mortes é o de Hedelin *et al.* (1996), que mapearam acidentes na Suécia. Os autores concluíram, ainda, que a maioria dos atropelamentos ocorre em área urbana e suburbana, com elevada densidade populacional.

Beraldo (2008) realizou análise das ocorrências de acidentes ferroviários dentro da visão da ANTT, que será explicada mais à frente neste capítulo, ocorridos em área ferroviária da Vale, incluindo a Estrada de Ferro Carajás, a Estrada de Ferro Vitória-Minas e a Ferrovia Centro-Atlântica. O estudo se concentrou no período entre 2005 e 2007 e analisou a quantidade e o fator de ocorrências ferroviárias por milhão de trem-quilômetro. O autor, após comparação, concluiu que as ferrovias estudadas apresentam desempenho dos índices de segurança operacional inferior aos índices apresentados por ferrovias estadunidenses.

Miguel (2020) realizou um estudo comparativo entre a segurança ferroviária brasileira e a europeia. O autor mostra que mesmo as ferrovias mais seguras do país apresentam índices de acidentes duas vezes mais altos que as ferrovias da União Europeia. O trabalho conclui que se faz necessário que haja um órgão independente para realizar a apuração dos acidentes ferroviários e que o Sistema de Gestão de Segurança europeu é um instrumento eficaz para o gerenciamento de riscos e pode servir de modelo para o desenvolvimento de uma diretriz nacional.

Pires (2003) analisou a influência que os acidentes em Passagens de Nível (PNs), nos anos de 1999 a 2001, tiveram sobre a qualidade do serviço e suas implicações nos custos envolvidos. Foram analisadas as PNs sob responsabilidade da Concessionária Rumo Logística Malha Sul, que detém a concessão de 42% do total deste tipo de passagem no Brasil. O autor concluiu que os acidentes têm relação direta com possíveis insucessos do modal ferroviário, devido ao tempo que as locomotivas permanecem paradas, a perdas de mercadoria e não cumprimento de contratos. Estes fatores afetam a qualidade e a confiabilidade do serviço prestado. Entretanto, o autor também concluiu que o transporte ferroviário, embora ainda necessite de altos investimentos, ficou mais atraente e seguro aos clientes, após a concessão ao setor privado.

Ferreira (2020) realizou um estudo sobre os acidentes envolvendo meios de transporte no Brasil e seus impactos socioeconômicos. Segundo o autor, em 2017, o Brasil ocupava o terceiro lugar no *ranking* de países com mais mortes nestes tipos de acidentes. O modal ferroviário, no entanto, representou menos de 1% de todos os óbitos, confirmando a concepção de ser uma opção com menor número de acidentes, quando comparado aos demais.

Nota-se uma diferença no foco das pesquisas nacionais, quando comparadas com aquelas internacionais. Devido ao grande uso do modal para transporte de passageiros em outros países, as pesquisas se concentram muitas vezes em compreender as causas principais para a ocorrência dos acidentes e seus impactos socioambientais. Já no Brasil, o foco está no transporte de cargas e, com isso, as bases de dados são mais voltadas para o cumprimento de normas reguladoras e as pesquisas se concentram nos impactos econômicos, bem como na busca de ferramentas que facilitem para que as empresas possam evitá-los.

3.3 ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL

Segundo Abreu e Trindade (2019), a principal causa de óbitos em acidentes ferroviários no mundo são os atropelamentos e resultam em grandes impactos sociais e financeiros. No entanto, existem ainda poucos trabalhos que tratam sobre este assunto (ABREU; TRINDADE, 2019).

No Brasil, os acidentes ocorridos na malha ferroviária são classificados pela ANTT de acordo com as normas vigentes. Além disso, todos passam por investigação e são reportados à Agência. Conforme estabelece a Resolução ANTT nº 5.902/2020, acidentes ferroviários são ocorrências com participação direta de veículo ferroviário que provoquem danos a este, a pessoas, a bem materiais, ao meio ambiente e, desde que ocorra paralisação do tráfego, a animais. Os principais acidentes ferroviários são classificados quanto ao tipo, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de Acidentes Ferroviários

Acidente	**Descrição**
Atropelamento	choque entre veículo ferroviário e ser humano ou animal que esteja na linha férrea por distração ou intenção
Colisão	colisão de veículo ferroviário contra obstáculo à sua livre circulação.

Abalroamento	choque entre veículo ferroviário e veículo de locomoção terrestre não ferroviário (carros, caminhões etc.).
Choque	colisão de veículos ferroviários circulando no mesmo sentido, na mesma via, um deles pode estar parado.
Encontro	colisão de veículos ferroviários circulando em sentidos opostos na mesma via, um deles pode estar parado.
Esbarro	choque entre veículos ferroviários, circulando ou manobrando em vias distintas, um deles pode estar parado.
Descarrilamento	quando ocorre a saída de uma ou mais rodas de veículo ferroviário de cima do boleto dos trilhos.
Tombamento	quando ocorre inclinação lateral total do veículo ferroviário em relação à posição normal do veículo no eixo ferroviário.
Adernamento	quando ocorre a inclinação lateral parcial do veículo ferroviário em relação à posição normal do veículo no eixo ferroviário, esta inclinação deverá ser menor que 45°.

Fonte: ANTT, 2020

De acordo com a ANTT (2020), os acidentes ferroviários também são classificados quanto à causa, que pode ser humana (interferência de terceiros sobre a infraestrutura ou a operação da ferrovia, falha humana ou falha de gestão), ou ainda, causa física (defeito em componentes do veículo ferroviário ou da via permanente, ou quando há falha no acionamento ou no funcionamento de sistemas que controlam o fluxo dos veículos ferroviários).

Conforme a Resolução nº 5.902/2020, a ANTT (2020) classifica o acidente como grave quando envolver óbito ou hospitalização por mais de 24 horas, degradação ambiental, interrupção do tráfego por tempo demasiado ou prejuízos financeiros em valores acima de

R$ 2.220.000. Qualquer acidente que envolva transporte de passageiros ou de produtos perigosos também é considerado grave. Os demais acidentes são classificados como não graves.

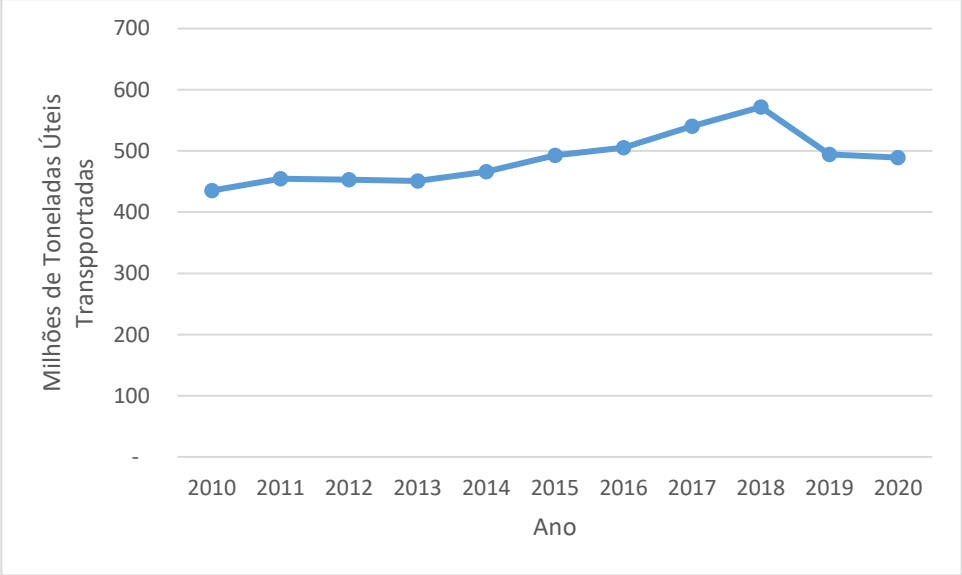
Ainda de acordo com a Resolução de 2020, na ocorrência de acidentes, a concessionária tem um prazo de até 48 horas para registrá-la no sistema informatizado da ANTT. Além disso, a apuração das causas do acidente deve começar imediatamente após a ocorrência e é de responsabilidade da concessionária responsável pelo trecho. A apuração deverá ser concluída e enviada à ANTT em um prazo de até 30 dias após o fato e a concessionária deverá manter cadastro com os documentos por um prazo de cinco anos.

Ainda segundo a ANTT (2020), entre outras coisas, na comunicação, a empresa deve fornecer uma série de dados, entre eles: data, hora e local da ocorrência, incluindo município, trecho ferroviário e a posição quilométrica do local exato; a classificação por causa, natureza e gravidade prováveis; quantidade de pessoas envolvidas, de feridos e de óbitos, quando for o caso; se houve vazamento de produto e perda de carga; se houve degradação da qualidade ambiental ou poluição; e relatório fotográfico.

3.4 DADOS SOBRE ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL

Nos últimos anos a quantidade de carga transportada nas ferrovias brasileiras está em crescimento, como pode ser visualizado no Gráfico 1.

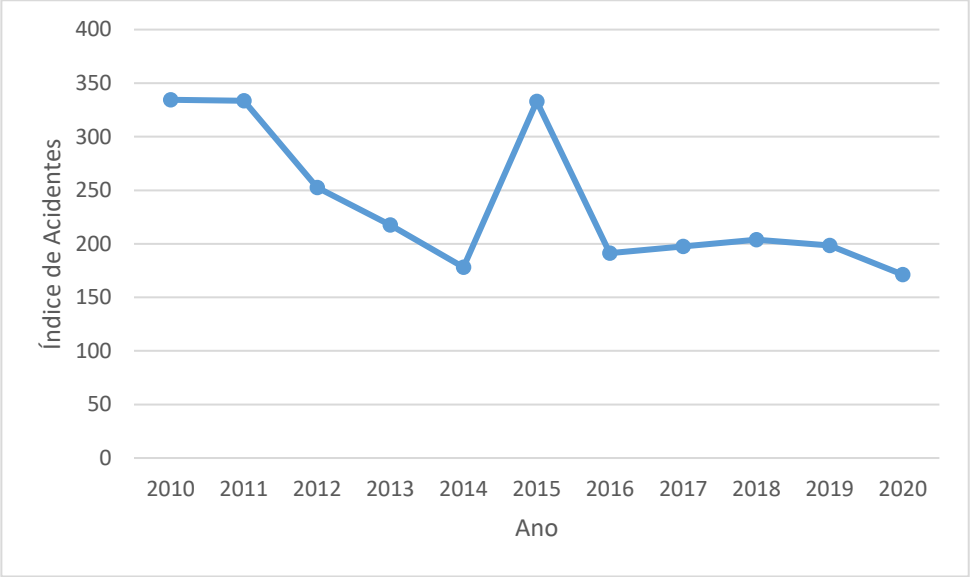
Gráfico 1 - Produção de Transporte Ferroviário de Cargas, em Milhões de Toneladas Úteis (MTU) de 2010 a 2020



Fonte: ANTT, 2020

Entretanto, os acidentes tiveram um comportamento oposto. Com exceção de um pico no ano de 2015, devido a questões específicas em um trecho concedido à Rumo Logística Malha Sul, o índice de acidentes, calculado pela quantidade de acidentes por milhão de trem vezes quilômetro, apresentou queda. O Gráfico 2 mostra como se comportou o índice de acidentes ferroviários entre 2010 e 2020.

Gráfico 2 - Índice de Acidentes Ferroviários de 2010 a 2020



Fonte: Adaptado ANTT, 2020

Nota-se, através do Gráfico 2, que houve uma redução significativa no índice de acidentes na primeira metade do gráfico. Entretanto, de 2016 a 2020 parece haver uma estagnação dessa redução. Mostrando que as empresas parecem ter chegado a um patamar difícil de ser superado.

As principais causas destes acidentes, segundo a ANTT (2020), foram problemas relacionados à via permanente, interferência de terceiros e casos fortuitos ou de força maior. A Tabela 2 ilustra as causas dos acidentes ferroviários no período compreendido entre 2010 e 2020.

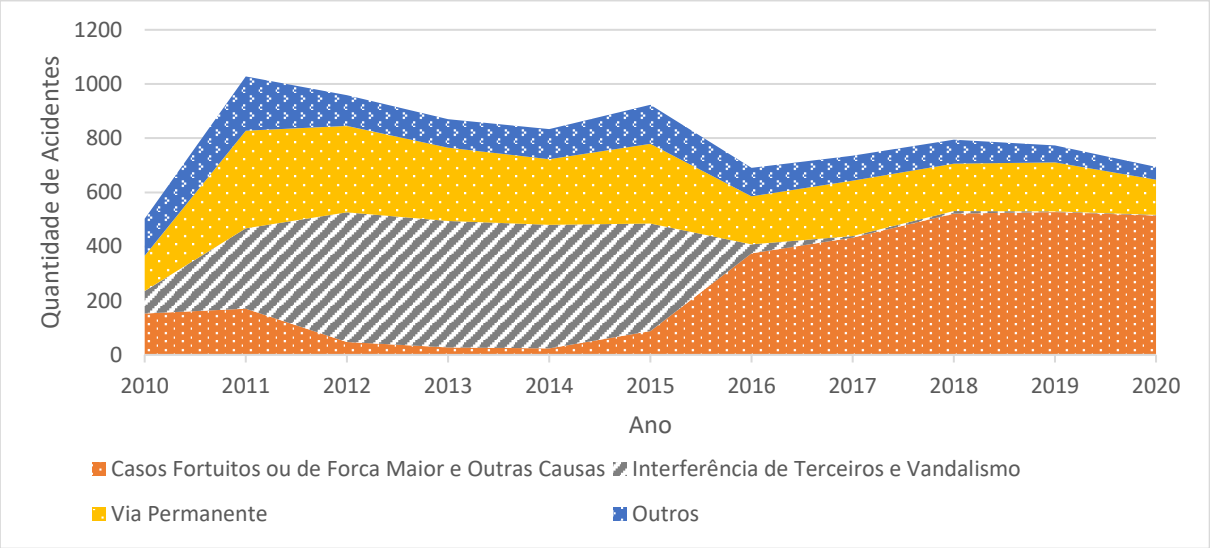
Tabela 2 - Acidentes Ferroviários por Causa de 2010 a 2020

Causa	**Total de Acidentes**	**Porcentagem**
Casos fortuitos ou de força maior e outras causas	2.883	33%
Via permanente	2.484	28%
Interferência de terceiros e vandalismo	2.230	25%
Material rodante	695	8%
Falha humana	476	5%
Sinalização tele. Eletro	19	0%
Infraestrutura	17	0%
Total	**8.804**	**100%**

Fonte: Adaptado ANTT, 2020

Também foi possível perceber que os casos fortuitos ou de força maior e outras causas apresentou crescimento considerável no período analisado, enquanto interferências de terceiros apresentou uma queda de proporção semelhante. Mostrando que vale à pena analisar se tal classificação tem sido usada de maneira correta pelas concessionárias. Via permanente apresentou um pico em 2011, mas voltou a apresentar, em 2020, mesmo índice de 2010.

Gráfico 3 - Principais Causas de Acidentes 2010-2020



Fonte: Adaptado ANTT, 202

Dessa maneira, conclui-se que, embora a quantidade de carga transportada nos últimos anos tenha aumentado, o índice dos acidentes apresentou queda e tem se mostrado praticamente estável desde 2016. E também que as principais causas de acidentes são casos fortuitos ou de causa maior, via permanente e interferência de terceiros e vandalismo. Com isso, algumas análises fazem-se necessárias, como a maneira como a classificação é utilizada pelas concessionárias e o motivo para a estagnação do índice de acidentes.

4. ANÁLISE DOS ACIDENTES FERROVIÁRIOS EM PARTE DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA

A partir da coleta dos dados no setor de meio ambiente e segurança da empresa que detém o direito de uso da região estudada, os acidentes foram analisados a fim de compreender quais os principais fatores relacionados às ocorrências, as localidades de maior incidência, os setores responsáveis e as causas principais que mais se destacam nas ocorrências.

4.1 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS

Para que fosse possível começar as análises, os dados precisavam respeitar certa padronização. Dessa forma, a primeira etapa consistiu em avaliar quais informações seriam úteis, buscar informações que faltavam e padronizar os termos utilizados na base de dados. Para isso, foi necessário estudar a descrição de cada acidente ocorrido no período entre 2010 e 2020. Assim, os acidentes foram classificados de acordo com os seguintes critérios:

- **Tipo**: descarrilamento; colisão; choque de trens; abalroamento; atropelamento de pessoas; tombamento.
- **Turno:** madrugada; manhã; tarde; noite.
- **Trecho Ferroviário:** oficina; pátio; terminal; trecho corrido; passagem de nível; passagem de pedestres.
- **Responsabilidade:** concessionária; outra ferrovia; cliente; comunidade.
- **Atividade:** manobra; formação; manutenção; circulação; carga/descarga.
- **Causa Principal:** álcool / drogas; caso fortuito; deficiência na linha; erro humano; falha de gestão; falha operacional; homicídio; imprudência; lesão autoprovocada; vandalismo.

Nesta etapa foi percebida uma grande variação na coleta de dados ao longo dos anos. A descrição de diversos acidentes estava incompleta, fazendo com que muitos dados fossem perdidos, tais como causa principal, responsabilidade e atividade, principalmente dos acidentes mais antigos.

4.1.1 TIPO

O tipo de acidente seguiu a classificação da ANTT, conforme Tabela 1 apresentada no Capítulo 3 deste trabalho.

4.1.2 TURNO

De modo a avaliar se o horário e a luminosidade natural interferiam na quantidade dos acidentes, os turnos foram classificados da seguinte maneira:

- **Madrugada**: iniciando à 0 hora e 1 minuto e terminando às 6 horas;
- **Manhã**: iniciando às 6 horas e 1 minuto e terminando às 12 horas;
- **Tarde**: iniciando às 12 horas e 1 minuto e terminando às 18 horas;
- **Noite**: iniciando às 18horas e 1 minuto e terminando à 0 hora.

4.1.3 TRECHO FERROVIÁRIO

De modo a avaliar se o tipo de trecho ferroviário interferia na ocorrência de acidentes, estes foram classificados em oficinas; pátios de manobra ou de espera para entrar nas oficinas e nos terminais, terminal de carga e descarga; trecho corrido; passagens de nível, locais em que veículos rodoviários e pedestres transitam diretamente sobre a ferrovia; passagens de pedestres, locais em que apenas pedestres transitam sobre a ferrovia.

4.1.4 RESPONSABILIDADE

Na avaliação quanto à responsabilidade do acidente, foi usada a seguinte classificação:

- **Concessionária**: quando a responsabilidade recai sobre a empresa que detém a concessão do trecho;
- **Outra Ferrovia**: quando o responsável é outra empresa ferroviária, que transita pelo trecho sob responsabilidade da concessionária em questão;
- **Cliente**: quando um cliente da empresa acaba por causar um acidente;
- **Comunidade**: quando o acidente é provocado pela comunidade externa à ferrovia.

4.1.5 ATIVIDADE

Foi analisado, ainda, qual atividade era realizada quando o acidente ocorreu. As atividades podem ser classificadas em manobra; formação, processo em que a composição é formada ou desfeita; manutenção de equipamento ferroviário; circulação; processo de carga e descarga dos vagões.

4.1.6 CAUSA PRINCIPAL

A causa principal do acidente pode variar entre álcool / drogas; caso fortuito; deficiência na linha; erro humano; falha de gestão; falha operacional; homicídio; imprudência; lesão autoprovocada; vandalismo.

4.2 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Devido à falta de muitos dados, optou-se por estudar os acidentes dos últimos dois anos, ou seja, 2020 e 2021, de modo a obter dados mais próximos à realidade atual e minimizar os erros de análise.

As informações sobre os acidentes ocorridos entre 2020 e 2021 foram classificadas, ainda, quanto à gravidade, de acordo com as normas da ANTT apresentadas no Capítulo 3.

Ocorreram, no período mencionado, 252 acidentes e, inicialmente, foi realizada uma análise quanto à responsabilidade destes. Em seguida, avaliaram-se as causas de tais acidentes. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 3 - Responsabilidade dos Acidentes entre 2020 e 2021

Responsabilidade	**Total de Acidentes**	**Porcentagem**
Comunidade	202	80%
Concessionária	36	14%
Outra Ferrovia	12	5%
Cliente	2	1%
Total	**252**	**100%**

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela empresa, 2022

Conforme os dados apresentados, é possível perceber que não houve ocorrência de acidente causado por clientes, no entanto, 80% de todos os acidentes ocorridos no período são imputados à comunidade externa à ferrovia. Para detalhar essa informação, foram analisadas as causas, conforme Tabela 4.

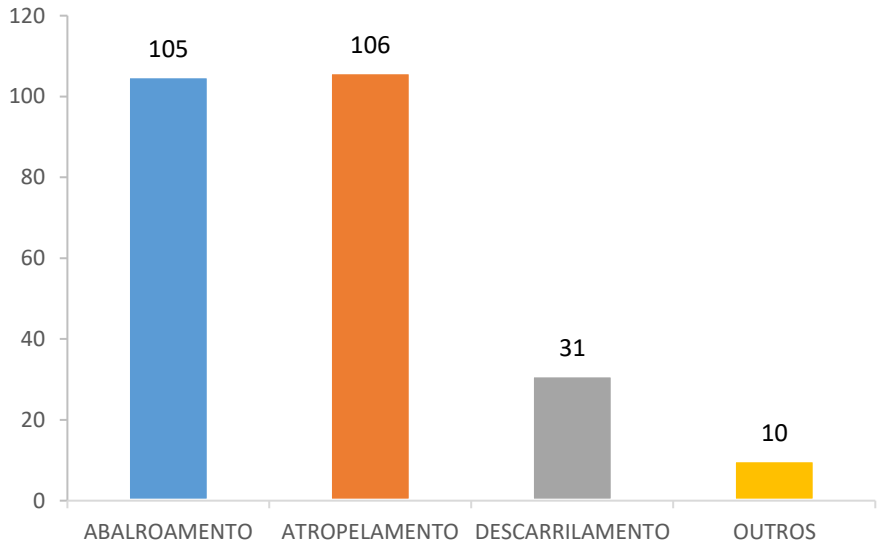
Tabela 4 - Causas dos Acidentes Ferroviários Ocorridos entre 2020 e 2021

Causa	Total de Acidentes	Porcentagem
Imprudência da vítima	150	60%
Álcool / drogas	35	14%
Erro humano	22	9%
Lesão autoprovocada	16	6%
Falha operacional	10	4%
Falha de gestão	10	4%
Deficiência na linha	5	2%
Vandalismo	2	1%
Homicídio	1	0%
Caso fortuito	1	0%
Total	**252**	**100%**

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela empresa, 2022

Dos 252 acidentes analisados, 106 (42%) representam atropelamento de pessoas, 105 abalroamentos (42%) e 37 (15%) descarrilamentos, colisão, choque e tombamento de trens representam, juntos, 2% de todas as ocorrências, como pode ser visualizado no Gráfico 4.

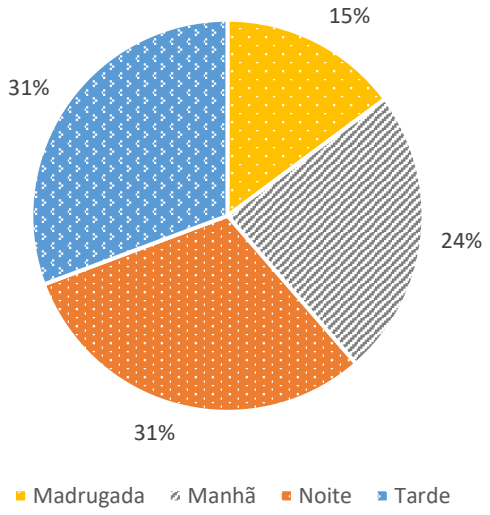
Gráfico 4 - Quantidade de Acidentes por Tipo



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela empresa, 2022

Quanto ao turno, 78 (31%) ocorreram no turno da noite, 77 (31%) ocorrências foram à tarde, 60 (24%) de manhã e 37 (15%) de madrugada, como mostra o gráfico 5.

Gráfico 5 - Horário dos Acidentes



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela empresa, 2022

Em relação ao local dos acidentes, 127 (50%) de todos os registros se deram em passagens de nível ou de pedestres, seguidos por 75 (30%) em trecho corrido, 36 (17%) em pátios, enquanto oficinas e terminais representam, juntos, os 3% restantes.

Quanto à atividade, 216 (86%) ocorreram durante atividade de circulação das composições, 21 (8%) se deram durante manobras e 15 (6%) em processos de manutenção, carga e descarga ou formação dos trens

Conclui-se, portanto, que a maioria dos acidentes ocorreram durante atividade de circulação dos trens, em locais de trânsito da comunidade pelo leito ferroviário, entre meio dia e meia noite.

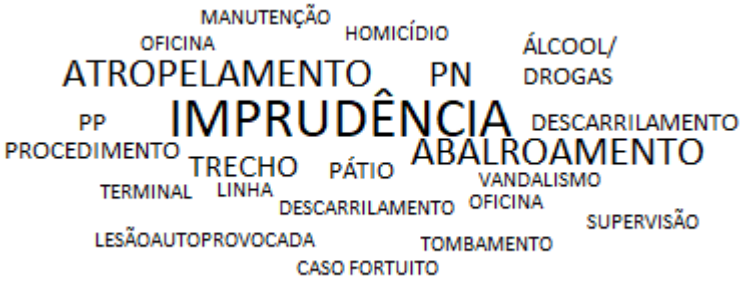
4.3 ANÁLISE DA CATEGORIZAÇÃO DOS ACIDENTES

Através das análises descritas no tópico anterior, percebe-se uma tendência a responsabilizar a vítima pelo acidente. Entretanto, de acordo com as normas estabelecidas no Programa Nacional de Desestatização, na década de 1990, as concessionárias deveriam cumprir duas metas de acompanhamento da qualidade do serviço: aumentar o volume de carga transportado e reduzir a quantidade de acidente. (CERBINO *et al*., 2019). Dessa forma, define-se como sendo responsabilidade das empresas evitar os acidentes. Nesse sentido, do ponto de vista da gestão do risco, simplesmente atribuir a culpa à vítima desresponsabiliza a empresa pelos acidentes. Esse tipo de procedimento reduz a necessidade de mudanças operacionais ou

investimentos em segurança, ao mesmo tempo, inviabiliza a identificação de novas ações que precisam ser tomadas para garantir uma redução maior da taxa de acidentes.

De forma a facilitar a avalição, foi realizada ainda uma análise sobre as palavras-chave de cada ocorrência, a fim de verificar a incidência de termos que estão relacionados com tal prática de culpabilização da vítima, que resultou na nuvem de palavras mostrada a seguir.

Figura 2 - Palavras-Chave Relacionadas a Cada Acidente



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela empresa, 2022

Foi possível notar a elevada incidência de alguns termos, conforme mostra a tabela a seguir, com as dez palavras que mais aparecem nos dados.

Tabela 5 - Incidência dos Dez Termos mais Frequentes

Termo	**Incidência**	**Porcentagem**
Imprudência	150	21%
Atropelamento	106	15%
Abalroamento	105	15%
Passagem em Nível (PN)	100	14%
Trecho	76	11%
Pátio	43	6%
Descarrilamento	39	6%
Álcool / drogas	35	5%
Passagem de Pedestres (PP)	27	4%
Procedimento	21	3%
Total	**702**	**100%**

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela empresa, 2022

Percebe-se que os quatro termos que mais se repetem, estão associados às vítimas e representam cerca de 65% dos dados. Os termos que vinculam a responsabilidade dos acidentes às vítimas são Imprudência, Atropelamento, Abalroamento, Passagem em Nível, Álcool / drogas e Passagem de Pedestres. Estes totalizam aproximadamente 74% das informações analisadas. Apenas um termo na tabela responsabiliza a empresa e representa cerca de 3% (Procedimento). Essa avaliação reforça a análise anterior de uma sistemática transferência da responsabilidade pelo atropelamento da empresa para a vítima.

4.4 ANÁLISE DA FERRAMENTA UTILIZADA PELA EMPRESA

Do ponto de vista das ferramentas de avaliação, foi identificado que a empresa responsável pelo trecho estudado utiliza um sistema próprio de gestão de riscos. Esse sistema não segue exatamente uma única ferramenta e inclui elementos de Árvore de Causas (ADC), Diagrama de Causa e Efeito e Análise Histórica de Eventos.

O sistema utilizado revelou-se frágil, permitindo grande variação nos dados registrados e, consequentemente, gerando grande variação nos resultados. Essa variação acarreta erros de análise e na dificuldade de sugerir melhorias na gestão de acidentes por parte da empresa. Sugere-se sua reestruturação, incluindo elementos da Gestão *Poka-Yoke* aliado à Análise de Modo de Falhas e seus Efeitos (FMEA). Acredita-se que tais ferramentas poderão ser mais eficazes em garantir que a empresa identifique seu papel nos acidentes e, assim, consiga identificar quais as melhores ações para reduzir suas ocorrências.

As ferramentas, a princípio, devem ser aplicadas de forma a tratar os acidentes que envolvam a comunidade externa à ferrovia, visto que estes representaram cerca de 80% de todas as ocorrências dos últimos dois anos. Assim, assumindo a responsabilidade sobre a ocorrência e seu impedimento, a empresa será capaz de controlar, de forma mais eficaz a quantidade de acidentes ocorridos no trecho analisado e, portanto, apresentará índice de desempenho melhor nos próximos anos, conquistando maior confiança dos órgãos reguladores, de seus clientes e da população em geral.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de avaliar de que maneira uma ferramenta de análise de riscos poderia auxiliar na gestão de acidentes ferroviários, foi realizada uma revisão sobre acidentes ferroviários e acidentes ampliados, permitindo classificação das ocorrências envolvendo trens. Além disso, foi realizada revisão bibliográfica sobre os estudos já realizados com o mesmo tema, de modo a compreender melhor o assunto; em seguida, foram realizadas as análises dos dados obtidos junto à empresa.

Conforme estabelecido na década de 1990, a responsabilidade sobre a ocorrência de acidentes ferroviários é atribuída às empresas que detém a concessão de cada trecho. Embora tenha sido observada uma redução no índice dos acidentes ocorridos desde 2010, observa-se, também, uma forte tendência a isentar os verdadeiros responsáveis.

Sabe-se, ainda, que o prazo de 30 anos de concessão das ferrovias está terminando, e existe uma movimentação para que esta seja prorrogada, conforme permitido pelo Plano Nacional de Desestatização. Dessa forma, torna-se ainda mais grave que as vítimas sejam caracterizadas como agentes responsáveis pelos acidentes.

Importante ressaltar, ainda, que os dados analisados se referem ao período de pandemia de COVID-19, quando houve lockdowns e buscou-se o isolamento social. De maneira geral, a população esteve mais reservada, saindo apenas para atividades essenciais, o que pode ter interferido nos resultados encontrados. Há a possibilidade de que a quantidade de acidentes seja maior em períodos regulares, quando não há a necessidade de grandes medidas de distanciamento.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, V. H. S. e TRINDADE, D. Q. L.; **Um Estudo Cientométrico E Sistemático Sobre Acidentes De Pedestres Em Vias Ferroviárias**. Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, p. 3593-3604, ANPET, 2019. Balneário Camboriú, SC.

ANDREWS, J. D.; DUNNETT, S. J. **Event-Tree Analysis Using Binary Decision Diagrams**. Reliability, IEEE Transactions on, v. 49, n. 2, p. 230–238, 2000.

ANTF **Mapa Ferroviário**. Disponível em: <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>. Acessado em 29 de maio de 2021.

ANTT (2020) **Histórico Das Ferrovias**. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/historico-das-ferrovias>. Acessado em 21 de maio de 2021.

_____ (2020), **Resolução 5.902**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.902-de-21-de-julho-de-2020-268193971>. Acessado em 14 de abril de 2021.

_____ (2021), **Anuário do Setor Ferroviário**. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/anuario-do-setor-ferroviario>. Acessado em 02 de junho de 2021.

AVEN, T. **Risk Analysis**. 1. ed. [s.l.] Jonhn Wiley, 2008a. v. 1

BERALDO, Rodrigo Belchior (2008). **Uma Abordagem Quantitativa Para A Definição Da Criticidade De Ocorrências Ferroviárias Na Vale**. Rio de Janeiro – J, 99 p. Monografia (Especialização em Transporte Ferroviário de Carga) – Instituto Militar de Engenharia.

BINDER, Maria Cecília Pereira; ALMEIDA, Ildeberto Muniz de. **Estudo De Caso De Dois Acidentes Do Trabalho Investigados Com O Método De Árvore De Causas**. Cad. Saúde Públ, Rio de Janeiro, p. 749-760, out-dez 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/hqZRZbwhqTYmTYMPV84gQCq/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 2 out. 2021.

CARPENTER, R. A. **Risk Assessment. Impact Assessment**, v. 13, n. 2, p. 153–187, 1995.

CERBINO, F. S.; SERACO, I. P.; DONATO, M. e RATTON Neto, H. X.; **Diagnóstico Do Setor Ferroviário Brasileiro Frente Às Expectativas Com A Renovação Antecipada Das Concessões**. Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, p. 2146-2157, ANPET, 2019. Balneário Camboriú, SC.

CINA, S.J., Koelpin, J., NICHOLS, C., Conradi, S. (1994). **A Decade Of Train-Pedestrian Fatalities: The Charleston Experience. Journal Of Forensic Sciences**, v. 39, n. 3, p. 668–673.

DOU (2021), **Resolução 5.902**. Disponível em: < https://www.in.gov.br/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.065-de-30-de-agosto-de-2021-341649416>. Acessado em 10 de novembro de 2021.

DOU (2021), Lei Nº 14.273. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2021/lei-14273-23-dezembro-2021-792156-norma-pl.html>. Acessado em 12 de agosto de 2022.

ERKUT, E.; TJANDRA, S. A.; VERTER, V. Chapter 9 **Hazardous Materials Transportation**. In: Handbooks in Operations Research and Management Science. [s.l: s.n.]. v. 14p. 539– 621.

FERREIRA, Paulo César Pêgas. **Impactos Socioeconômicos Dos Acidentes De Transporte No Brasil No Período De 2007 A 2018**. Setembro de 2020. Nota Técnica nº75 IPEA. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/200911_impactos_socioeconomico.PDF>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

FONSECA, Augusto V. M. da; MIYAKE, Dario Ikuo. **Uma Análise Sobre O Ciclo PDCA Como Um Método Para Solução De Problemas Da Qualidade**. Fortaleza, 2006.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; MINAYO-GOMEZ, C. **Acidentes Químicos Ampliados: Um Desafio Para A Saúde Pública**. Revista de Saúde Pública, 21:503-514, 1995.

FREITAS, Carlos Machado de; PORTO, Marcelo Firpo de Souza; MACHADO, Jorge Mesquita Huet. **Acidentes Industriais Ampliados: Desafios E Perspectivas Para O Controle E A Prevenção**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000.

FREITAS, Carlos Machado de; SILVA, Mariano Andrade da (2019). **Acidentes De Trabalho Que Se Tornaram Desastres: Os Casos Dos Rompimentos Em Barragens De Mineração No Brasil**. Revista Brasileira De Medicina Do Trabalho, 2019. p. 21-29.

HEDELIN, A., BJORNSTIG, U., BRISMAR, B. (1996). **Trams: A Risk Factor For Pedestrians**. Accid. Anal. Prev., v. 28, p. 733−738.

MARHAVILAS, P. K.; KOULOURIOTIS, D.; GEMENI, V. **Risk Analysis And Assessment Methodologies In The Work Sites: On A Review, Classification And Comparative Study Of The Scientific Literature Of The Period 2000–2009**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 24, n. 5, p. 477–523, 2011.

MARTINS, M. R.; NATACCI, F. B. **Metodologia Para Análise Preliminar De Riscos De Um Navio De Transporte De Gás Natural Comprimido**. In: Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária, 2009, Montevideo. XXI Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, 2009. p. 1-15.

MENEZES, Felipe Morais. **MASP: Metodologia de Análise e Solução de Problemas**. Porto Alegre, 2013.

MIGUEL, D. A. A.; **Acidentes Ferroviários No Brasil: Análise Comparativa Com A União Europeia**. Anais do 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, 2020.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MONTEIRO, M. S. **A Importância Da Gestão De Riscos**. Belém: CONACI, 2017.

PEREIRA, Antônio Fernando de A. Navarro; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. **Os Acidentes Industriais E Suas Consequências**. 4 th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, Donostia - San Sebastián, 8 set. 2010. Disponível em: <http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/HEALTH_AND_OCCUPATIONAL_SECURITY_MANAGEMENT_AND_ERGONOMICS//652-661.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

PEZZATTO, Alan. T.; AFFONSO, Ligia. M. F.; LOZADA, Gisele.; AL., et. **Sistema De Controle Da Qualidade**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. 9788595026155. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026155/>. Acesso em: 02 out. 2021.

PIRES, Douglas Soares. **Identificação Dos Acidentes No Modal Ferroviário De Cargas Num Ramal De Santa Catarina – Uma Abordagem Logística**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

RIBEIRO, CARPINETTI, Luiz. C. **Gestão da Qualidade - Conceitos e Técnicas**, 3ª edição. São Paulo: Grupo GEN, 2016. 9788597006438. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597006438/. Acesso em: 03 out. 2021.

SILLA, A.; LUOMA, J. (2012). **Main Characteristics Of Train–Pedestrian Fatalities On Finnish Railroads**. Accid. Anal. Prev., v. 45, p. 61 –66.

SILVA, Mariano Andrade da; FREITAS, Carlos Machado de; XAVIER, Diego Ricardo; ROMÃO, Anselmo Rocha. **Sobreposição De Riscos E Impactos No Desastre Da Vale Em Brumadinho**. Ciência e Cultura vol.72 no.2. São Paulo abr./jun. 2020.

SIMONEI, F. **Gerenciamento De Riscos**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 97. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023352/>. Acesso em: 12 de julho 2021.

SOUSA, R. A.; PRATES, H. F.; **O Processo de Desestatização da RFFSA: Principais Aspectos E Primeiros Resultados** (1997). Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/13817>. Acessado em 11 de julho de 2021.

VIDOR, Gabriel.; SAURIN, Tarcísio Abreu; **Conceitos e Características De Sistemas Poka-Yokes: Uma Revisão De Literatura**. Revista Científica Eletrônica De Engenharia De Produção, ABEPRO, 2011.

ZHANG, M.; KHATTAK, A. J.; LIU, J.; CLARKE, D. (2018). **A Comparative Study Of Rail-Pedestrian Trespassing Crash Injury Severity Between Highway-Rail Grade Crossings And Non-Crossings**. Accid. Anal. Prev., v. 117, p. 427–438.

7. ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 19 de agosto de 2022.

Isabelly Coelho Evangelista	201649053
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
Evangelista	113.469.106-85
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.