

# Identificação de perigos e riscos em operação ferroviária com uso da técnica de análise *What If*

## *Identification of hazards and risk of railway operation with use of the technique What If*

Marco Aurélio Bezerra Diniz<sup>1</sup>\*

**Resumo:** O objetivo deste estudo é realizar a análise dos perigos e riscos relacionados à operação ferroviária identificados por meio do uso da técnica de análise de riscos *What If*. O principal ponto identificado se refere a distorção entre os índices de acidentes ferroviários registrados dentre as empresas ferroviárias atualmente em operação. Foi registrado um levantamento bibliográfico considerando as peculiaridades da área de conhecimento ferroviária bem como das técnicas de análise de riscos, buscando o alinhamento técnico. Posteriormente, foi feito o mapeamento das atividades rotineiras relacionadas a operação ferroviária para fins de uso na técnica de análise. Finalizou-se com a aplicação da técnica *What If* bem como da análise dos resultados obtidos. O estudo concluiu que a técnica é adequada para fins de utilização para identificação de riscos na operação ferroviária e deve ser sucedida por outras técnicas para um melhor detalhamento dos riscos identificados, conforme a necessidade identificada.

**Palavras-chave:** Riscos. Perigos. Operação Ferroviária. *What If*.

**Abstract:** *The purpose of this study is the analysis of the hazards and risks related to the railway operation identified through the use of the What If risk analysis technique. The main point identified refers to the distortion between the railway accident rates among the railway companies currently in operation. A bibliographic survey was recorded considering the peculiarities of the railway knowledge area as well as the techniques of risk analysis, seeking the technical alignment. Subsequently, the mapping of routine activities related to railway operation for purposes of use in the analysis technique was done. It ended with the application of the What If technique as well as the analysis of the results obtained. The study concluded that the technique is suitable for use to identify risks in the railway operation and should be succeeded by other techniques to better detail the identified risks, according to identified need.*

**Key words:** Risks. Hazards. Railway operation. *What If*.

\*Autor para correspondência.

Recebido para publicação em 20/08/2018; aprovado em 10/04/2019.

<sup>1</sup> Engenheiro civil (UFCG). E-mail: marco.bezerra@gmail.com.



## INTRODUÇÃO

O transporte como atividade é indispensável à condição humana. Desde épocas longínquas, ele se oferece como uma necessidade fundamental do homem quer seja no seu deslocamento ou na movimentação de materiais.

Entende-se por transporte a condução de bens de um ponto a outro de um circuito logístico. As principais funções do transporte na logística estão ligadas essencialmente às dimensões de tempo e necessidade de um bem em algum lugar. Isto porque o bem deve ser entregue no local em que é requerido pelo necessitante, respeitando os prazos, a fim de cumprir o objetivo central da distribuição física, que é “levar os produtos certos para os lugares certos, no momento certo e com o nível de serviço desejado, pelo menor custo possível”. (NOVAES, 2007).

A ferrovia é basicamente um tipo de transporte que realiza circuitos logísticos de longo curso e baixa velocidade. Ela oferece uma diversidade de serviços aos solicitantes, desde o transporte de granéis, como minério, cereais, soja, entre outros, até vagões especiais para produtos refrigerados e automóveis novos, que exigem cuidados e equipamentos especializados. (CHRISPIM, 2007)

O desenvolvimento do modal ferroviário no Brasil sempre esteve ligada a políticas de governo e poucas vezes relacionada com políticas de Estado. Isto, de fato, trouxe uma série de problemas causados, em sua essência, por falta de planejamento e padronização de projetos no setor. Didaticamente, as etapas do desenvolvimento ferroviário brasileiro podem ser divididas em três principais ciclos. (FREIXINHO, 2006)

O primeiro ciclo ocorreu no período de 1852 e 1900, ao qual são criadas as primeiras ferrovias tendo como fonte de financiamento, principalmente, capital privado inglês, mediante concessões do Governo, o que gerou taxas atraentes de retorno sobre o dinheiro investido. Sua principal utilização era no escoamento de produtos agrícolas, notadamente a produção cafeeira.

O segundo ciclo ocorreu entre 1901 e 1979, caracterizado pelo processo de nacionalização das ferrovias, período este em que as novas implantações passaram a serem financiadas por empréstimos estrangeiros garantidos pelo Tesouro Nacional. Este período teve como marco a criação da Rede Ferroviária Federal S.A (R.F.F.S.A) pela Lei n.º 3.115, de 1957 e da Ferrovia Paulista S.A (FE.PA.S.A.) pela Lei estadual n.º 10.410 de 1971. (COIMBRA, 1998)

Os autores Lima e Pasin (1999) acrescentam que a paralisação do setor ferroviário e a ampliação acelerada do modal rodoviário constituíram fatores determinantes para o início da terceira etapa do ciclo de desenvolvimento do setor ferroviário brasileiro, que teve como marco de início o processo de desestatização, o qual foi prenunciado pela transferência das dívidas da RFFSA para o Tesouro Nacional, através do Decreto de lei n.º 2.178, de 1984. Houve concretização desta situação, quando a RFFSA foi incluída por meio do Decreto n.º 473/92 no Programa Nacional de Desestatização (PND), que havia sido

instituído pela Lei n.º 8.031/90, de 12 de abril de 1990, bem como suas alterações posteriores.

Com a privatização das operações ferroviárias, o ativo continua pertencendo ao Estado, mas o concessionário privado detém o direito de operá-la durante o período desta concessão, condicionado ao investimento em sua modernização. Dessa forma, fatores como eficiência no transporte passaram a ser elementos cruciais no desenvolvimento mercadológico de transporte ferroviário.

Para se proteger de uma possível falta de eficiência no transporte, consequência de perigos não controlados e/ou acompanhados, as empresas necessitaram desenvolver adequadas estratégias de Gerenciamento dos Riscos envolvidos, de forma a diminuir / interromper a probabilidade de ocorrência destes eventos.

Entende-se por Perigo a situação que contém “uma fonte de energia ou de fatores fisiológicos e de comportamento/conduita que, quando não controlados, conduzem a eventos ou ocorrências prejudiciais e/ou nocivas”. (SHINAR, GURION e FLASCHER, 1991, p. 1095, apud. GRIMALDI e SIMONDS, 1984, p. 236)

Em complemento, entende-se por Risco como sendo “uma ou mais condições de uma variável que possui potencial suficiente para degradar um sistema ou plano estratégico, seja interrompendo e/ou ocasionando o desvio de metas de maneira total ou parcial, e/ou aumentando os esforços programados em termos de pessoal, equipamentos, instalações, materiais, recursos financeiros, etc.”, conforme Meyer (2007) apud Bastias (1979).

Assim, deduz-se que o perigo é uma fonte de riscos, não sendo o risco em si. O momento da mudança entre o perigo e o risco ocorre quando não houver o controle deste perigo.

Por conta desta situação, faz-se necessário o uso de ferramentas de identificação e análise destes perigos e riscos, de forma a buscar a maior efetividade no controle da situação registrada.

A análise de riscos constitui, portanto, a ferramenta adequada para o entendimento dos perigos e/ou riscos em uma determinada atividade e possível análise destes resultados encontrados. Este estudo consiste no exame sistemático dos processos e etapas, de forma a caracterizar os perigos e suas possíveis consequências. (MEYER, 2005).

Atualmente, existem diversas técnicas de análise de riscos, que podem ser utilizadas conforme a modo com que se deseja ser obtido o resultado. Uma das principais características avaliadas refere-se ao tipo de análise: Qualitativa, semi-Qualitativa e Quantitativa. As análises qualitativas resultam em dados de caráter subjetivo, cuja estratégia é compreender o comportamento de determinado grupo alvo. Na análise semi-Qualitativa, utilizam-se classificações ou faixas de índices para os itens identificados, estruturando por grupos homogêneos. Por fim, a análise Quantitativa utiliza-se de valores numéricos para a classificação das probabilidades e consequências.

Abaixo, têm-se um descritivo das principais técnicas de análise de riscos existentes, bem como suas principais vantagens e desvantagens identificadas, adaptado de Silva (2010).



Tabela 1. Principais técnicas de análise de Riscos, adaptada de Silva (2010).

Técnica de Análise de Riscos	Tipo de Análise	Forma de Análise	Principais Resultados	Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<b>Diagrama de Causa e Efeito</b>	Qualitativa	Identifica as causas do Problema a partir da análise do Processo.	Não Propõem resultados ou recomendações.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Direciona os itens para a identificação das causas;</li><li>- Fácil utilização;</li><li>- Visão Ampla das variáveis que interferem no bom andamento da atividade.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Conhecimento Prévio do processo a ser analisado.</li><li>- Para cada análise, deve percorrer todo o fluxo do processo.</li></ul>
<b>Árvores de Falhas e Efeitos (FTA)</b>	Qualitativa/ Quantitativa	Técnica dedutiva para identificar, a partir de uma ocorrência, as possíveis causas para a falha.	Ajuda a adaptar a partir dos fatos identificados.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fácil aplicação;</li><li>- Método bem aceito e padronizado;</li><li>- Pode ser usado para sistemas complexos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Necessidade de amplo conhecimento do processo;</li><li>- Dificuldade de efetuar a checagem dos passos e dados gerados;</li></ul>
<b>Hazard Operation Process (HAZOP)</b>	Qualitativa/ Quantitativa	Identifica as causas através de “Palavras-chave”.	Propõem ações de correção de forma a mitigar a probabilidade de ocorrência do risco.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fácil aplicação;</li><li>- Método bem aceito e padronizado;</li><li>- Não necessita de modelos matemáticos;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Consumo de tempo;</li><li>- Equipe multidisciplinar treinada;</li><li>- Conhecimento do processo;</li></ul>
<b>What-IF</b>	Qualitativa	Identifica os riscos a partir de perguntas contendo “e se...?”	Propõem recomendações a partir das respostas às questões formuladas.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Método de fácil aplicação;</li><li>- Adaptativa, podendo usar para projetos ou operações;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Questionamentos devem ser alinhados ao processo;</li><li>- Necessita de equipe conhecedora do processo;</li><li>- Pode necessitar de apoio de outras técnicas para a conclusão da análise.</li></ul>
<b>Análise Preliminar de Perigos (APP)</b>	Qualitativa/ Quantitativa	Identifica os perigos / riscos de forma inicial;	Propõem ações de prevenção e/ou eliminação do perigo/risco;	<ul style="list-style-type: none"><li>- Necessidade de análise prévia dos dados;</li><li>- Gera classificação dos perigos/riscos identificados;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Estudo prévio, podendo gerar informações generalistas;</li><li>- Requer maior tempo para a execução de todo o método;</li></ul>
<b>Modos de Falhas e Efeitos - FMEA</b>	Qualitativa/ Quantitativa	Realiza uma análise das possíveis falhas que podem ocorrer e seus efeitos.	Propõem ações de prevenção e/ou eliminação do perigo/risco;	<ul style="list-style-type: none"><li>- Método de fácil aplicação;</li><li>- Técnica padronizada;</li><li>- Pode analisar subsistemas;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pode analisar falhas não perigosas;</li><li>- Técnica muito demorada;</li><li>- Não considera combinação de falhas;</li></ul>

Dentre as técnicas apresentadas anteriormente, a técnica qualitativa *What If* foi considerada a mais adequada para o estudo da operação ferroviária. O principal fator considerado foi a facilidade de adaptação, se estruturando aos padrões de estudo conforme a modelagem necessitada. Além disto, pelo fato de haver poucos estudos relacionados

à operação ferroviária, considerou-se que pode ser utilizada como ponto de partida para a utilização de outras técnicas mais aprofundadas de gestão de riscos conforme as necessidades técnicas solicitadas.

Atualmente, segundo o relatório executivo do Anuário do Setor Ferroviário (ANTT, 2018), os índices de



acidentes ferroviários tiveram redução de aproximadamente 85% na última década. Porém, ainda há discrepância entre as empresas do ramo ferroviário, havendo cenários de até 2.800% dentre estas empresas.

Para os acidentes e incidentes que tiveram a ocorrência registrada, cabe a análise dos fatores já registrados nos índices de acidentes ferroviários na empresa em análise. Para os incidentes e acidentes que apresentam fragilidades, porém não houve o evento em si, faz-se necessário o desenvolvimento de uma técnica de análise de riscos para a identificação desta fragilidade, de modo a atuar preventivamente.

Portanto, a proposta deste trabalho é o desenvolvimento e análise de perigos e riscos por meio da técnica de análise *What If*, de forma a identificar possíveis cenários acidentais e/ou incidentais que não tiveram a ocorrência registrada. Além disto, as bases bibliográficas consultadas não identificaram nenhum estudo similar, registrando-se apenas a análise localizada de alguma fase da Operação Ferroviária com técnicas de análises de riscos diferentes. Por fim, fatores secundários como a falta de respaldo legal dos órgãos fiscalizadores bem como o desestímulo de uma política preventiva de controle de acidentes e incidentes pactuam para esta necessidade.

Como temática deste artigo, o objeto de estudo foi identificação e análise dos perigos e riscos na operação ferroviária, representada pela análise de uma ferrovia na condição de operação. Para tanto, foi utilizada a técnica de riscos *What If* para a identificação dos perigos e riscos envolvidos buscando a identificação de situações de ineditismo das fragilidades.

## MÉTODOS

O estudo abordou o uso do método de análise de risco *What If*, avaliando os resultados obtidos. Este estudo serviu de parâmetro para a atualização do documento intitulado “ROF – Regulamento de Operação Ferroviária” da companhia ferroviária em análise, situação que se encontra fora do escopo deste trabalho.

O trabalho foi realizado em uma empresa do ramo ferroviário estabelecida em estados da região Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, classificada como empresa de médio porte, contando com quantitativo de 300 funcionários diretos e cerca de 600 funcionários indiretos. Por solicitação da direção da empresa em análise, houve solicitação de sigilo na divulgação de sua identificação.

O estudo utilizou conceitos da perspectiva holística de análise da segurança do trabalho, conforme conceituado por Barsano e Barbosa (2014). Nesta proposta de visão da segurança do trabalho o risco é formado pela ação simultânea de perigos, gerando a ocorrência do acidente.

Para fins de facilitação da análise dos perigos identificados, utilizou-se a classificação proposta por Gold (1998), que apresenta agrupamento dos principais perigos relacionados à segurança viária. Para o estudo apresentado, estes perigos recebem a terminologia de fatores

contribuintes. Abaixo estão descritos os quatro principais fatores contribuintes frequentemente relacionados e que serão utilizados neste estudo:

- Fatores Humanos: Fatores vinculados ao comportamento das pessoas envolvidas no acidente.
- Fatores Relativos aos veículos: Fatores relacionados à inadequação no estado operacional dos veículos envolvidos no acidente.
- Fatores relativos à Via Permanente/Meio Ambiente e Ambiente Construído: Fatores com vínculos nas características da via, da sinalização e meio ambiente relacionado ao acidente.
- Fatores Institucionais/Sociais: Fatores relacionados a características a regulamentação, fiscalização e gestão externa, que possam ter relação com o acidente.

Para a classificação dos riscos identificados, utilizou-se a concepção existente na Norma Regulamentadora NR-09 (Brasil, 2017) com adaptações, de forma a considerar os seguintes riscos:

- Riscos físicos: as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom (Brasil, 2017).
- Riscos Químicos: as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão (Brasil, 2017).
- Riscos biológicos: as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros (Brasil, 2017).
- Riscos de acidentes: são todos os fatores que colocam em perigo o trabalhador ou afetam sua integridade física ou moral. São considerados como riscos geradores de acidentes: arranjo físico deficiente, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, eletricidade, incêndio ou explosão, animais peçonhentos, armazenamento inadequado dentre outros (Fiocruz, 2012).
- Riscos de Imagem: Refere-se aos fatores que geram uma percepção desfavorável da imagem da empresa perante o mercado, sejam clientes, contrapartes, acionistas ou órgãos reguladores (adaptado de Banco Central do Brasil, 2008).

O instrumento utilizado para o desenvolvimento da técnica *What If* foi a estruturação de um questionário e suas respectivas respostas, conforme modelo apresentado na tabela 1, extraído a partir de um modelo proposto por Muniz (2014) com adaptações. O levantamento foi feito durante o exercício da atividade, em horário de expediente normal de trabalho.



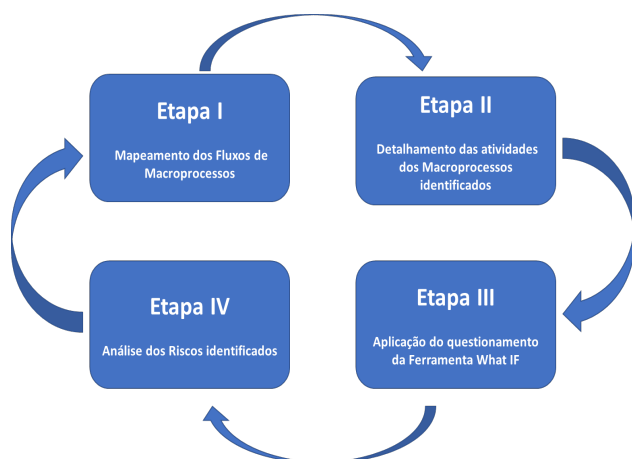
**Tabela 2.** Modelo de pesquisa de perigos e riscos envolvidos adaptado de Muniz (2014).

Técnica de Análise <i>What If</i> - Gerenciamento de Riscos					
Atividade	Teste de Hipótese "e se...?"	Causa / Perigo	Fator Contribuinte	Consequência	Tipo de Risco

Para a aplicação do referido questionário, os procedimentos preliminares utilizados para a elaboração desta pesquisa foi o desenvolvimento de grupo de trabalho, composto por 8 (oito) integrantes. Além disto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca da operação ferroviária bem como aos riscos identificados por meio das análises de acidentes e incidentes registrados.

Para fins de facilitação didática quanto a rotina proposta para a aplicação de técnica de análise *What If*, dividiu-se metodologicamente o processo em 4 etapas, de forma a facilitar o acompanhamento do trabalho, como pode ser observado na figura 1.

**Figura 1.** Etapas da técnica de Análise *What If*.



Na etapa I (mapeamento dos fluxos de macroprocessos) foi realizado o levantamento referente aos fluxos dos macroprocessos existentes na operação ferroviária, bem como a interpretação dos limites de cada uma desses macroprocessos. Esta fase faz-se importante pelo fato de determinar as características do escopo a ser avaliado, mesmo que ainda de forma ampla, porém necessária para o correto dimensionamento do trabalho.

A etapa II (Detalhamento das atividades dos macroprocessos considerados) buscou detalhar os macroprocessos registrados na etapa I, proporcionando um melhor aperfeiçoamento possível do escopo a ser avaliado. Esta fase apresenta-se necessária pelo fato de mostrar as atividades a serem avaliadas na aplicação do questionário da Técnica *What If*.

Para a etapa III (aplicação do questionamento da ferramenta *What If*) foi realizada a perguntas da técnica

*What If* propriamente dita, por meio do desenvolvimento do questionário apresentado na tabela 1. Na prática, estes questionários permitem inserir as possíveis perguntas e respostas, que devem surgir no decorrer da discussão. As atividades identificadas nos processos mapeados na etapa II serviram de base para os questionamentos, tanto as perguntas quanto as respostas, permitindo registrar os possíveis perigos bem como riscos que possam ser identificados.

Finalmente, na etapa IV (análise dos riscos identificados) foi realizada uma interpretação e análise dos riscos identificados. Trata-se de uma leitura crítica sobre as informações geradas.

Após as coletas, os dados foram tabulados e analisados por meio de gráficos e tabelas dinâmicas. Esta forma de apresentação dos resultados facilitou a ilustração e demonstração da realidade de cada macroprocesso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme previsto na metodologia do trabalho, o estudo foi iniciado com a formação do grupo de trabalho, composto por 8 integrantes, sendo 4 engenheiros Seniores, 2 engenheiros Plenos, 1 Engenheiro Júnior e 1 técnico Sênior. A idade média dos profissionais foi de 42,25 anos (s=9,10) com extremos de 27 e 52 anos. Os profissionais possuíam uma média de 15 anos de experiência profissional (s=9,00) com limites de 3 anos e 28 anos.

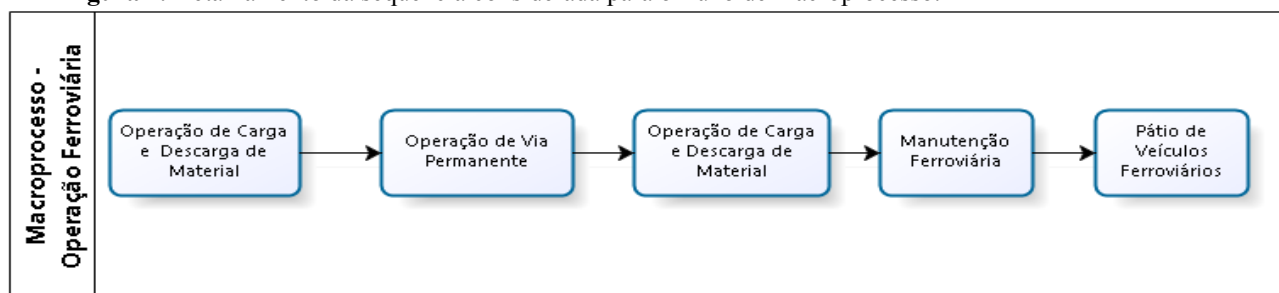
Na primeira reunião do grupo de trabalho, foram definidas todas as características do trabalho: os critérios dos questionamentos, o sigilo das informações geradas e a máxima relação dos perigos identificados com a realidade profissional. Além disto, foi apresentado a pesquisa bibliográfica acerca da operação ferroviária bem como os riscos já identificados na análise dos acidentes e incidentes registrados.

Após esta fase preliminar, iniciou-se a proposta de trabalho propriamente dita, dividida nas 4 etapas, conforme previsto na metodologia prevista.

No desenvolvimento da etapa I (mapeamento dos macroprocessos) foi realizado o estudo dos processos em alto nível, considerando o escopo de forma mais ampla possível. Foi consenso do grupo os macroprocessos identificados, porém não sendo unanimidade a definição dos limites de macroprocessos. A figura 2 apresenta o processo identificado e definido pela equipe de profissionais.



**Figura 2.** Detalhamento da sequência considerada para o fluxo de macroprocesso.



Foi considerado adequado os macroprocessos identificados, conforme a literatura consultada. Conforme Fleury, Wanke e Figueiredo (2000), a atividade de transporte é constituída pelas seguintes tarefas: carregamento na origem, viagem origem-destino, descarregamento no destino e viagem destino-origem. Esta ideia foi confirmada pelo resultado obtido nesta etapa, com a adaptação das etapas de manutenção ferroviária e pátios de veículos ferroviários, que possuem especificidades próprias do modal ferroviário.

Tratando sobre a etapa II do trabalho, etapa de detalhamento dos macroprocessos identificados, foram registradas 43 atividades no total. O primeiro macroprocesso, “Operação de Carga e Descarga de Material” teve o registro de 8 atividades estruturadas de forma sequencial, considerando as etapas de Carga de material e Descarga de material dentro do mesmo macroprocesso. O segundo macroprocesso, “Operação de Via Permanente” teve o registro de 9 atividades sequenciais. O terceiro Macroprocesso, “Manutenção Ferroviária” registrou 14 tarefas sequenciais, tendo análise diferenciada entre manutenção de material rodante e material de via permanente. Por fim, no quarto Macroprocesso, “Pátio de Veículos ferroviários”, houve o registro de 10 tarefas sequenciadas.

Não houve análise crítica dos resultados obtidos nesta etapa, visto que não foi localizada nenhuma literatura referente ao tema. Algumas atividades foram registradas de

forma genérica, visto que pode haver características diferentes nos trechos da ferrovia em análise. Com isto, em uma mesma atividade pode ter diversos questionamentos, atendendo todas as especificidades.

Na etapa III do trabalho, etapa de aplicação do questionário da Ferramenta *What If*, iniciou-se o registro das perguntas utilizando as atividades definidas na etapa anterior. Nessa etapa, foi utilizada a classificação dos perigos bem como dos riscos identificados.

Para o macroprocesso “Operação de carga e Descarga de Material” foram registradas 15 perguntas, bem como identificados 30 perigos classificados nos Fatores Contribuintes, finalizando a análise com 24 riscos registrados. Para o macroprocesso “Operação de via Permanente”, houve o registro de 36 perguntas, com a identificação de 36 perigos classificados nos fatores contribuintes, totalizando 36 riscos identificados. Para o macroprocesso “Manutenção ferroviária”, foram registradas 63 perguntas, gerando 73 perigos classificados, além da identificação de 79 ocorrências de riscos. Por fim, no macroprocesso “Pátios de Veículos Ferroviários”, foram registradas 25 perguntas, gerando 17 perigos classificados, bem como a identificação de 13 ocorrências de riscos.

Desta forma, foi finalizada a etapa III do trabalho registrando 139 perguntas, 156 perigos considerados nos grupos de fatores contribuintes e, finalizando, a identificação de 152 riscos. Na tabela 3, segue o resumo dos dados apresentados acima.

**Tabela 3.** Detalhamento dos macroprocessos avaliados, identificando a quantidade de perguntas, fatores contribuintes e riscos identificados.

Macroprocesso	Quantidade perguntas “E se...?”	Perigos registrados em Fatores Contribuintes	Riscos Identificados
Carga e Descarga de Material	15	30	24
Operação Ferroviária	36	36	36
Manutenção Ferroviária	63	73	79
Pátio Ferroviário	25	17	13
<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>156</b>	<b>152</b>

Em sequência ao trabalho, foi realizada a etapa IV do trabalho, referente á análise dos perigos registrados nos fatores contribuintes e riscos identificados. Tratou-se de uma fase considerada pelo grupo como crucial para o resultado do trabalho. Inicialmente, avaliou-se os principais aspectos dos geradores dos fatores contribuintes,

entendendo a origem do fator contribuinte de maneira mais enfática possível.

A tabela 4 apresenta a relação identificada entre os macroprocessos estudados e os fatores contribuintes considerados.



**Tabela 4.** Fatores Contribuintes identificados e Macroprocessos correspondentes.

<b>Fator Contribuinte</b> <b>Macroprocesso</b>	<b>Fator Humano</b>	<b>Fator Veículo / Material Rodante</b>	<b>Fator Via Permanente</b>	<b>Fator Institucional / Social</b>	<b>Total</b>
Carga e Descarga de Material	11	7	10	2	<b>30</b>
Operação Ferroviária	8	21	5	2	<b>36</b>
Manutenção Ferroviária	17	31	21	4	<b>73</b>
Pátio Ferroviário	11	1	4	1	<b>17</b>
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>9</b>	

A interpretação dos dados referentes aos fatores humanos apresentou média = 11,75 (s=3,77) representando 30,13% do total de fatores identificados. Para este cenário não foram identificados picos expressivos, tendo como a principal peculiaridade identificada refere-se à capacitação dos profissionais e condições de trabalho dos profissionais do ramo ferroviário.

Em geral, pelo nicho mercadológico muito específico, o fator capacitação de profissionais tem sido influenciado pela dificuldade na manutenção de escolas profissionais. Como solução intermediária, algumas empresas desenvolvem universidades corporativas para formação destes profissionais, porém não se trata do caso da empresa em análise.

Para as condições de trabalho dos profissionais, considerou-se que fatores relacionados ao ambiente de trabalho podem ser relacionados a perigos relacionados a falhas humanas. Ambientes com alto nível de estresse, condições de trabalho inadequadas, horários e turnos de trabalho estendidos de forma cotidiana geram problemas relacionados a desatenção rotineira, sonolência, erros na tomada de decisões, ou até mesmo o descumprimento de procedimentos operacionais previstos. Estes resultados corroboram com os estudos de Queiros et al (2017), onde foi feita o estudo da influência do fator humano na segurança ferroviária.

Por fim, foi entendido que este fator contribuinte pode gerar impacto em situações subsequentes. Parte dos problemas considerados as condições de trabalho são advindas da baixa disponibilidade de profissionais capacitados no mercado. Algumas empresas optam pela criação de universidades corporativas de forma a suprir estas dificuldades de entrada de novos profissionais entrantes. Esta capacitação fica sempre condicionada à necessidade interna, tendo geralmente um efeito reativo à necessidade.

Na análise dos fatores contribuintes relativos a veículos, os resultados encontrados tiveram uma média = 15,00 (s=13,56) representando um percentual de 38,46% do total de fatores identificados. Nesta avaliação, houve pico de ocorrência relacionada ao macroprocesso manutenção ferroviária. Houve entendimento de que este fator é gerado pela dificuldade de atualização técnica adequada, fazendo

com a equipe técnica desenvolva o conhecimento de forma empírica, podendo gerar atrasos na liberação de material rodante.

Prosseguindo com a análise dos fatores contribuintes relativos à via permanente, os resultados encontrados tiveram uma média = 10,00 (s=7,78) tendo o percentual de 25,64% do total dos fatores identificados. Nesta análise, os resultados foram muito próximos ao fator relativo a veículo, tratando-se do impacto da formação de pessoal especializado. Observa-se da análise dos fatores contribuintes relacionados à via permanente, uma forte tendência de vinculação com operação ferroviária e manutenção ferroviária, na área de via permanente.

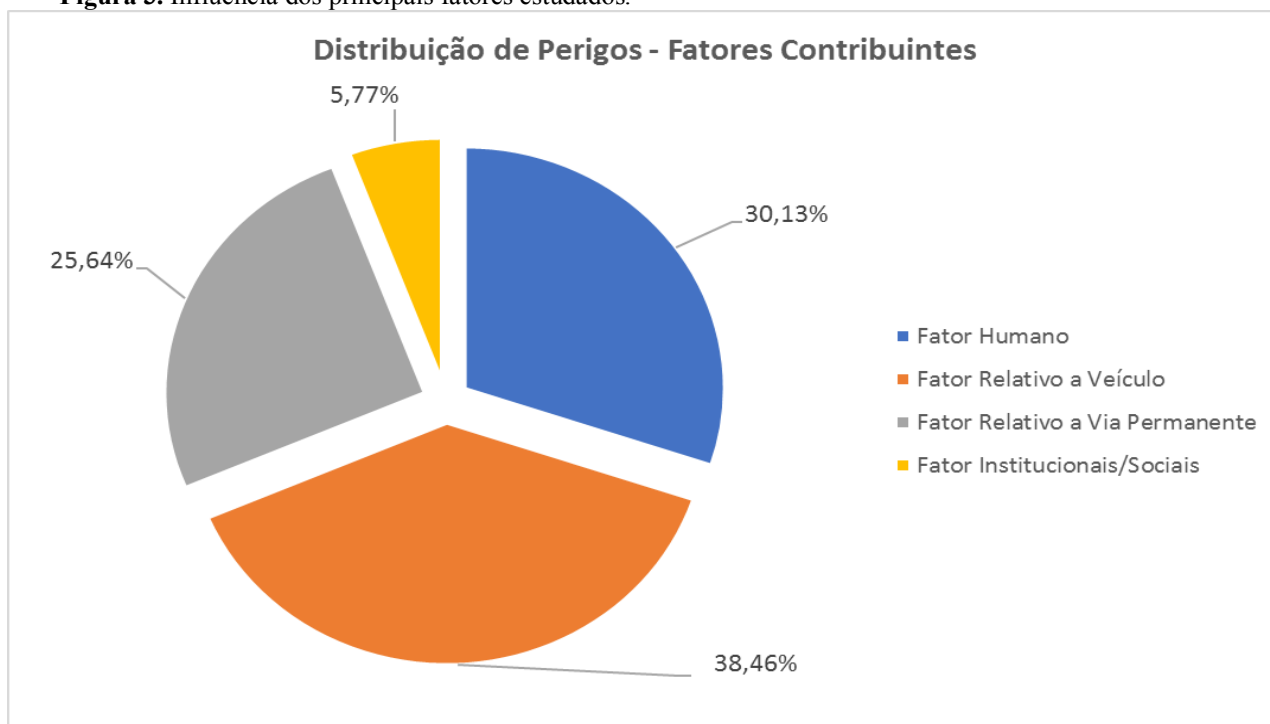
Este fator contribuinte teve basicamente a análise relacionada a dois temas principais: a manutenção dos itens referente à via permanente e ao funcionamento dos sistemas de sinalização ferroviária. Tratando dos itens de manutenção da via permanente, foram considerados os serviços de limpeza dos itens do sistema de drenagem, da capina da faixa de domínio da ferrovia, bem como os serviços de manutenção dos itens ferroviários, como dormentes, trilhos e acessórios. Já na relação do funcionamento dos sistemas de sinalização ferroviária, foi feita a consideração do funcionamento dos blocos de controle, do funcionamento dos AMVs e pátios de cruzamento.

Referente às análises dos fatores contribuintes relacionados às condições institucionais/sociais, os resultados encontrados tiveram uma média de 2,25 (s=1,25) apresentando um percentual de 5,77% do total de fatores contribuintes identificados (figura 3). Esta avaliação apresentou pequena relevância, visto as especificidades do modal ferroviário. A principal característica deste modal refere-se à logística de longa distância, muitas vezes atravessando zonas rurais e de pouco contato humano.

No estudo em análise, os fatores contribuintes relacionados às condições institucionais/sociais ocorrem nas proximidades dos centros urbanos, em geral, com a população residente nas proximidades da via permanente. Muitas vezes, esta população já advém de invasões de faixas de domínio da ferrovia. Outras ocorrências consideradas, refere-se com travessias em passagens de nível nos mesmos centros urbanos.



**Figura 3.** Influência dos principais fatores estudados.



Iniciando a análise dos riscos identificados, o risco de acidentes foi apontado com maior relevância, representando 98 registros, tendo uma média = 24,5 ocorrências (s=11,27) e representando 67,12% do total dos riscos identificados (tabela 5). Pela própria peculiaridade da análise, entende-se como sendo natural esse quantitativo para este tipo de risco. Todos os fatores contribuintes apresentaram contribuição para este tipo de risco, sem exceções.

No macroprocesso “Carga e Descarga de material” foram considerados possibilidades de tombamento de cargas, falhas no dimensionamento dos cabos de içamento e etc. Tratam-se geralmente de ocorrências de falhas de procedimentos operacionais. No macroprocesso “operação ferroviária” todas as ocorrências de fatores contribuintes de via permanente geram riscos de acidentes, basicamente relacionados a sinalização ferroviária. No macroprocesso “manutenção ferroviária” e “pátio ferroviário” foram registrados riscos gerados, igualmente ao primeiro macroprocesso, por conta da ocorrência de falhas em procedimentos operacionais.

A análise de riscos físicos foi realizada em conjunto com os riscos químicos. Para os riscos físicos, houve 20 ocorrências, representando 11% do total de riscos identificados. Para os riscos químicos, 22 ocorrências, totalizando 12% do total de riscos identificados. Estes riscos possuem fatores contribuintes praticamente iguais. Basicamente, referem-se ao funcionamento da área de manutenção ferroviária.

A incidência de riscos químicos refere-se a serviços que podem envolver lavagem de peças de material rodante com o uso de substâncias químicas. Também foi identificado a incidência deste risco nos serviços de capinagem química e na formação de fumos nos processos de soldagem de trilhos.

Já nos registros de riscos físicos foi identificada nos serviços que apresentavam calor, ocorrências de vibrações e ruídos. Para a ocorrência de calor no macroprocesso de “manutenção ferroviária”, os serviços que envolvam soldagens de trilhos, montagem de trilhos longos soldados (TLS) e etc. Além disto, ocorrem os mesmos fenômenos para os serviços de manutenção de material rodante, foram identificados as vibrações e ruídos.

**Tabela 5.** Quantidade de riscos identificados em função das tarefas avaliadas.

Risco identificado Macroprocesso	Riscos de Acidentes	Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos de Imagem	Total
Carga e Descarga de Material	21	0	0	0	3	24
Operação Ferroviária	33	0	0	0	3	36
Manutenção Ferroviária	35	20	22	0	2	79
Pátio Ferroviário	12	0	0	0	1	13
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	

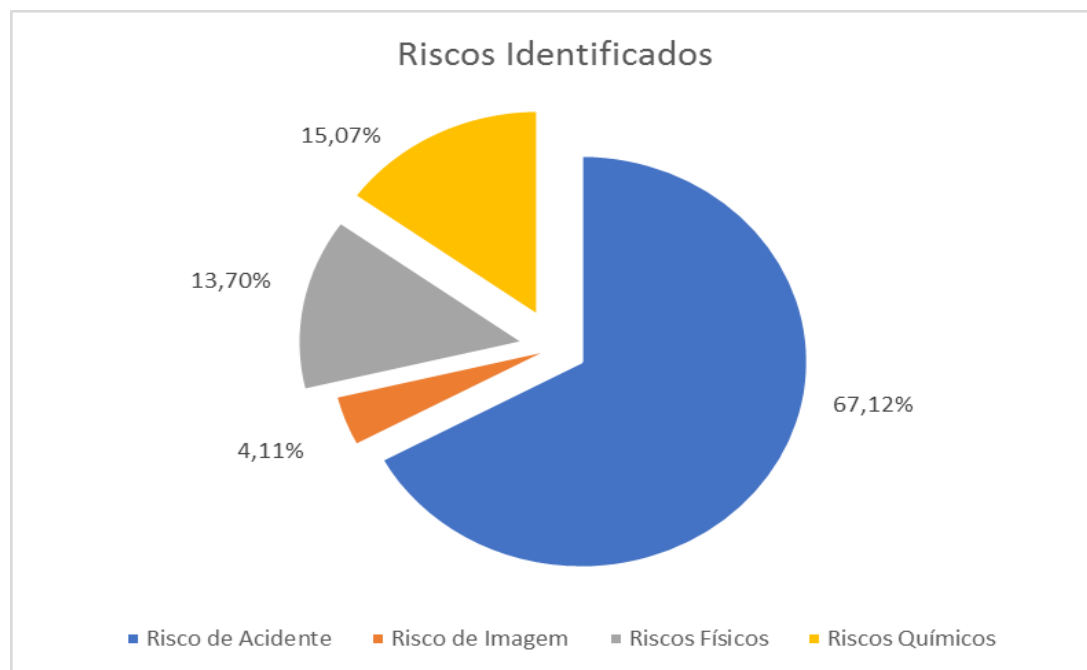




Por fim, apesar de não estar relacionado diretamente ao setor de segurança do trabalho, verificou-se que alguns fatores contribuintes geravam risco de imagem, impactando na imagem da empresa e no meio empresarial. Tratam-se de situações que geram atrasos nas entregas

finais, danos ambientais não controlados adequadamente e reputação da empresa perante o mercado. A este risco, entendido pelo grupo como risco de mercado, houve 6 ocorrências, tendo a média= 2,00 ( $s=1,29$ ) representado 3% do total dos riscos identificados.

**Figura 4.** Percentagem de ocorrência dos riscos identificados.



## CONCLUSÕES

Com o redesenho do modelo de concessões ferroviárias, a partir do ano de 1998, houve um novo ordenamento estratégico na gestão da operação ferroviária. Nos mais recentes estudos, foram identificados a diminuição de índices ferroviários em cerca de 85% das ocorrências. Porém, esta redução não foi igual dentre as empresas ferroviárias, tendo casos de distorções de 2.800% dentre as empresas monitoradas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres.

Por conta desta questão, houve a necessidade do estudo do mapeamento de riscos na operação ferroviária de forma a mitigar as situações que apresentaram estado de fragilidade e que não geraram incidentes ou acidentes.

O estudo abordou de forma ampla e de alto nível a análise dos perigos e riscos na operação ferroviária. Embora de maneira subjetiva, o mapeamento dos perigos e riscos na operação ferroviária pode ser um indicador das necessidades de mudanças na gestão e uma nova releitura de questões que não tiveram ocorrências.

O uso da técnica de análise *What If* foi exitosa no estudo em análise. Foram identificados 156 fatores contribuintes, estruturados conforme a proposta de Gold (1998). Além disto, houve a identificação de 152 riscos.

Os principais pontos de fragilidades identificadas foram referidos ao macroprocesso “Manutenção ferroviária”. O entendimento referente a estas ocorrências refere-se ao volume de demandas apresentadas além do alto

custo envolvido. Apesar de estar havendo uma mudança na cultura empresarial referente a segurança do trabalho, ainda existem resistência do corpo empresarial quanto a cultura preventiva de segurança do trabalho. Tal situação se confirma pela análise do item “operação ferroviária” visto que, mesmo tendo maior complexidade nas atividades, possui um maior espectro de proteção, neutralizando estas possíveis fragilidades.

Apesar dos resultados satisfatórios quanto aos objetivos propostos, o estudo pode ser ampliado em diversas vertentes conforme a necessidade empresarial. Portanto, podem ser desenvolvidos estudos futuros referentes a aplicação de outras técnicas de análise de risco, sejam de forma qualitativa, semi-qualitativa ou quantitativa, de forma a detalhar qualquer cenário a ser avaliado. Outro ponto que pode ser estudado refere-se a utilização de novos fatores contribuintes, de forma a estruturar a visualização conforme a necessidade. Finalmente, um terceiro ponto que pode ser avaliado refere-se a comparação entre os perigos e riscos identificados e seu registro no Regulamento de Operação Ferroviária – ROF.

## REFERÊNCIAS

ABADIE, A. BANDARA, D. WIJESKERA, D. A Composite Risk Model for Railroad Operations utilizing Positive Train Control (PTC). **Proceedings of the 2014 Joint Rail Conference**. JRC2014-3730. V001T06A004.



- Disponível em: <10.1115/JRC2014-3730 >. Acesso em: 16.09.2018 .
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Anuário do Setor Ferroviário – Relatório Executivo 2017**. Brasília, 2017.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Manual de classificação de Instituições Financeiras**, Brasília, 2008.
- BARSANO, P. R; BARBOSA, R. P. **Segurança do Trabalho: Guia Prático e Didático**. São Paulo: Editora Érica, 2012.
- BASTIAS, H. H. **Introducción a la Ingeniería de Prevención de Perdidas**. São Paulo: Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, 1977.
- BAYSARI, M., T. McINTOSH, A.S., WILSON, J.R. Understanding the Human Factors Contribution to Railway accidents and Incidents in Australia. **Accident Analysis & Prevention**. Flórida, Set. 2008. Vol. 40, n. 5, p. 1750-1757. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.06.013>> . Acesso em: 16.Set. 2018.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. 2017. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/>. Acesso em: 17 de dez de 2017.
- Brown, P. D. (1998). Boletim Técnico-Análise de Risco. **Publicação do Grupo de Pesquisa em Segurança contra Incêndio**. (pp. 1-7). São Paulo: Universidade de São Paulo-GSI/NUTAU/USP.
- CARDOSO, A. **Avaliação de Riscos durante a Carga/Descarga e movimentação de Contentores em terminais portuários**. 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais). – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, 2015.
- CASTRO, I. E; MIRANDA, M.; EGLER, C. A. G. **Redescobrimo o Brasil: 500 anos depois**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- CASTRO, N; CAIXETA-FILHO, J. V; MARTINS, R.S. Privatização e regulação dos transportes no Brasil. In: **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas, 2007.
- CHRISPIM, E. M. **Análise da Operação Ferroviária do Porto do Rio de Janeiro Utilizando Simulação de Eventos Discretos**. 2007, 62 p., Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.
- COIMBRA, M. do Vale. **Modos de Falha dos Componentes da Via Permanente Ferroviária e seus Efeitos no Meio Ambiente**. 2008. 167 f. Dissertação (Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2008.
- DALEPRANE, O.B. **Estruturação de um Plano de Contingência para o serviço de Transporte Ferroviário de Cargas**. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2007.
- FELIX, J.C. et al. Proposição de Melhorias em segurança por meio da aplicação do FMEA: Um estudo de caso em uma empresa do setor ferroviário. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, V.22, n. 2, p. 147-156, jul/dez. 2018.
- FLEURY, P.F, WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial. A perspectiva Brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.
- FREIXINHO, J.E.S. **Proposta de Implantação da ISO 14001 e OHSAS 18001 na MRS Logística S.A.** 2006. 84 p. Trabalho de conclusão de Curso (Monografia de Pós-graduação) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.
- Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz. **Glossário em Biossegurança**. 2012. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/nubio>. Acesso em 01/09/2018.
- GLICKMAN, T.S, ERKUT, E. Assessment of hazardous material risks for rail yard safety. **Safety Science**. Nicóssia, Ago. 2007. Vol. 45, n.7. p. 813-822. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.09.004>>. Acesso em: 16.set.2018.
- GOLD, P. A. **Segurança de Trânsito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes**. Banco Interamericano de Desenvolvimento. USA, 1998.



- HUNGRIA, L.H. **Segurança Operacional de Trens de Carga**. Curitiba: Editora All Print, 2017
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Transporte Ferroviário de Cargas no Brasil: Gargalos e Perspectivas para o Desenvolvimento Econômico e Regional**. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro. Brasília, 2010.
- JOHNSEN, S.O. VEEN, M. Risk Assessment and resilience of critical communication infrastructure in railways. **Cognition, Technology & Work**. Londres, Fev. 2013. Vol. 15, n. 1, p.99-107. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10111-011-0187-2>>. Acesso em: 16. Jun. 2018.
- LIMA, E. T; PASIN, J; Regulação no Brasil: colocando a competitividade nos trilhos. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro, Volume .6,n. 12, p. 169-194, dez. 1999.
- MEYER, M. C. **Análise de risco qualitativa em projeto industrial de unidade de co-geração de vapor**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.
- MUNIZ, R.C.A **Análise de risco aplicada na gestão da qualidade em processos produtivos de uma indústria de blocos de concreto**. 2014.75 p. Projeto de Graduação (Engenharia Civil).Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- NUNES, C. **Utilização de Métodos de Análise de Falhas em um sistema de Sinalização Ferroviária**. 2012. 81 p. Monografia (Especialização em Transporte Ferroviário). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.
- PIRES, D. S. **Identificação dos acidentes no modal ferroviário de cargas num ramal de Santa Catarina – Paulo**, 2011.
- Uma abordagem logística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- PORTO, T.G. **PTR 2501 – FERROVIAS**. Apostila, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- QUEIRÓS, C. et al. A dimensão do fator humano na segurança ferroviária: estados emocionais do profissional. In: Lourenço, L. (Org.) **Alcázar: 30 anos depois**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2017, p. 33-53.
- RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2002.
- SELLA, B. C. **Comparativo entre as Técnicas de Análise de Riscos APR e HAZOP**. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.
- SHINAR, D., GURION, B.; FLASCHER, O. M. The Perceptual Determinants of Workplace Hazards. **Proceedings of the Human Factors Society: 35th Annual Meeting**, San Francisco, California: v.2, p. 1095 - 1099, 2-6 set. 1991.
- SILVA, V.F. **Análise de Risco na Construção – Guia De Procedimentos Para Gestão**. 2012. 127 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, Portugal, 2012.
- SOUZA, A.A. **Análise de Riscos no transporte ferroviário de produtos perigosos**. 2011. 121 p. Dissertação (mestrado em tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo, São