

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

MARIANA SILVA NASSIF BILHEIRO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS INSPEÇÕES TÉCNICAS PARA MELHORIA
DA SEGURANÇA NA MALHA FERROVIÁRIA**

JUIZ DE FORA

2019

MARIANA SILVA NASSIF BILHEIRO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS INSPEÇÕES TÉCNICAS PARA MELHORIA
DA SEGURANÇA NA MALHA FERROVIÁRIA**

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.

Orientador: DSc. Luiz Henrique Dias Alves

JUIZ DE FORA

2019

FICHA TÉCNICA

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

Bilheiro, Mariana Silva Nassif.

Avaliação da Qualidade das Inspeções Técnicas para Melhoria da Segurança na Malha Ferroviária / Mariana Silva Nassif Bilheiro. -- 2019.

68 f. : il.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2019.

1. Inspeção. 2. Manutenção. 3. Acidente Ferroviário. I. Alves, Luiz Henrique Dias, orient. II. Título.

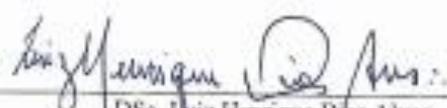
MARIANA SILVA NASSIF BILHEIRO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS INSPEÇÕES TÉCNICAS PARA MELHORIA
DA SEGURANÇA NA MALHA FERROVIÁRIA**

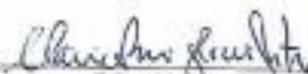
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Faculdade de Engenharia da Universidade
Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial
para a obtenção do título de Engenheiro de
Produção.

Aprovada em 18 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA



DSc. Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)



DSc. Clárcice Breviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)



DSc. Roberta Nunes Cavalcante
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus Por sempre me dar forças para continuar a trilhar os caminhos que sempre sonhei e muitos sonhos não são sonhados sozinhos, e nesse sonho tive pessoas extremamente importantes em minha vida, para começar o meus pais Gino e Marcia que tanto fizeram por para que fosse possível concluir mais um passo da jornada da vida, além deles pude contar com minha irmã Tatiana que sempre me apoiou, se orgulhou das minhas conquista e me deu o presente mais lindo, meu sobrinho Mateus que faz meus dias mais leves e felizes. E não menos importante o meu companheiro William que sempre me apoiou e me incentivou a seguir em meus objetivos. Um agradecimento especial ao colegas da faculdade, em especial a Jessica e aos professores que de uma maneira ou outra contribui para meu crescimento.

RESUMO

O presente trabalho possui como objetivo o estudo da qualidade das inspeções técnicas na melhoria da segurança ferroviária em uma empresa do ramo ferroviário. O processo de manutenção é muitas vezes utilizado como estratégia pelas empresas, porém sem uma correta avaliação dos componentes que precisam ser reparados ou substituídos, se coloca em risco a confiabilidade e a segurança. Com esse estudo, busca-se entender a relação entre os acidentes ocorridos em pátios ferroviários com a causa de falha na manutenção e as inspeções que precederam os acidentes. E essa análise se limitou aos acidentes ocasionados entre 2016 e 2018 nos pátios contemplados pela ferramenta da empresa que controla as anomalias de via permanente. Com base nos resultados apresentados, pode-se perceber que muitos componentes que precisavam de manutenção, não foram detectados durante a inspeção e acabaram gerando o descarrilamento. As empresas precisam avaliar os treinamentos que estão oferecendo, revisar os procedimentos, ter pessoas com capacidade técnica para exercer a função e avaliar o desempenho do serviço executado pelo inspetor.

Palavras-chave: Inspeção; Manutenção e Acidente Ferroviário.

ABSTRACT

This paper has the objective to study the quality of the technical inspections in improving railway safety for a railway company. The maintenance process is often used as a strategy by companies, however, without proper evaluation of components that need to be repaired or replaced, reliability and safety are compromised. This study aims to understand the relationship between accidents in rail yards with the cause of maintenance failure and inspections that preceded the accidents. This analysis has been limited to accidents occasioned between 2016 and 2018 in the yards covered by the company's tool that permanently controls rails anomalies. Based on the results presented, it has been seen that many components that needed maintenance were not detected during the inspection which eventually led to derailment. Companies have to evaluate the training they are offering, review procedures, have people with the technical capability to fulfill the role and evaluate performance of the service accomplished by the inspector.

Keywords: Inspection; Maintenance and Railway Accident.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de manutenção	16
Figura 2 - Relacionamento entre conceitos fundamentais de gestão da qualidade.....	24
Figura 3 - Símbolos e significados para um fluxograma padrão.....	25
Figura 4 - Carro-controle (TrackSTAR)	32
Figura 5 - Via Permanente.....	34
Figura 6 - Pátio convencional.....	35
Figura 7 - Pera ferroviária	35
Figura 8 - Pátio de gravidade.....	36
Figura 9 - Manual do Ronda.....	37
Figura 10 - Ultrassom	40
Figura 11 - Trolley.....	41
Figura 12 - Lastro contaminado.....	42
Figura 13 - Junta	43
Figura 14 - AMV de chave elétrica	44
Figura 15 - Dormente de Aço.....	45
Figura 16 - Simulação de um acidente ferroviário	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Causa de descarrilamento em 2005	49
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diminuição dos acidentes em milhões de trem.km em 19 anos	14
Gráfico 2 - Distribuição dos produtos movimentados nas ferrovias brasileiras por volume ...	18
Gráfico 3 - Acidentes Ferroviários de 2016 a 2018.....	57
Gráfico 4 - Acidentes Ferroviários por Estado.....	58
Gráfico 5 - Detecção das anomalias antes da ocorrência dos acidentes	59
Gráfico 6 - Classificação das anomalias que foram encontradas antes do acidente	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AMV - Aparelho de Mudança de Via

ANTF – Associação Nacional Dos Transportes Ferroviários

CCO - Centro de Controle Operacional

CONFINS – Contribuições Para o Orçamento de Seguridade Social

CPU - Central Process Unit - Unidade Central de Processamento

GEQ - Gestão Estratégica da Qualidade

GRMS - Gage Restraint Measurement System, ou Sistema de Medição da Resistência da Bitola

JE - Junta Encapsulada

JIC - Junta Isolada Colada

JM - Junta Metálica

OS – Ordem de Serviço

PIS – Programa De Intervenção Social

POP - Procedimentos Operacionais Padrão

PN - Passagem de Nível

PSM - Programa de Segurança da Malha

RCM – Reliability-Centered Maintenance

ROF - Regulamento de Operação Ferroviária

SS – Solicitação de Serviço

TEV - Track Evaluating Vehicle - Veículo de Avaliação da Via

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 ESCOPO DO TRABALHO	18
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS	19
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. QUALIDADE DAS INSPEÇÕES E DA MANUTENÇÃO NA MALHA FERROVIÁRIA	22
2.1 GESTÃO DA QUALIDADE	22
2.2 FUNDAMENTOS DA QUALIDADE	23
2.3 MAPEAMENTO.....	24
2.3.1 FLUXOGRAMA.....	24
2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	26
2.5 MANUTENÇÃO.....	27
2.5.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO	28
2.6 INSPEÇÕES TÉCNICA NA MALHA FERROVIÁRIA	31
3. EMPRESA.....	33
3.1 INSPEÇÕES DE MANUTENÇÃO.....	36
3.2 ANOMALIAS DA VIA PERMANENTE.....	41
3.3 TIPOS DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS POR FALHA EM MANUTENÇÃO	48
4. RESULTADOS E ANÁLISES.....	53
4.1 PROGRAMA DE SEGURANÇA DA MALHA	53
4.2 MAPEAMENTO DAS INSPEÇÕES	54

4.3 ACIDENTES COM CAUSA: FALHA NA MANUTENÇÃO DE PÁTIOS/DESVIOS 2016 - 2018	57
<u>5. CONCLUSÕES</u>	<u>62</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>64</u>
<u>ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE</u>	<u>67</u>

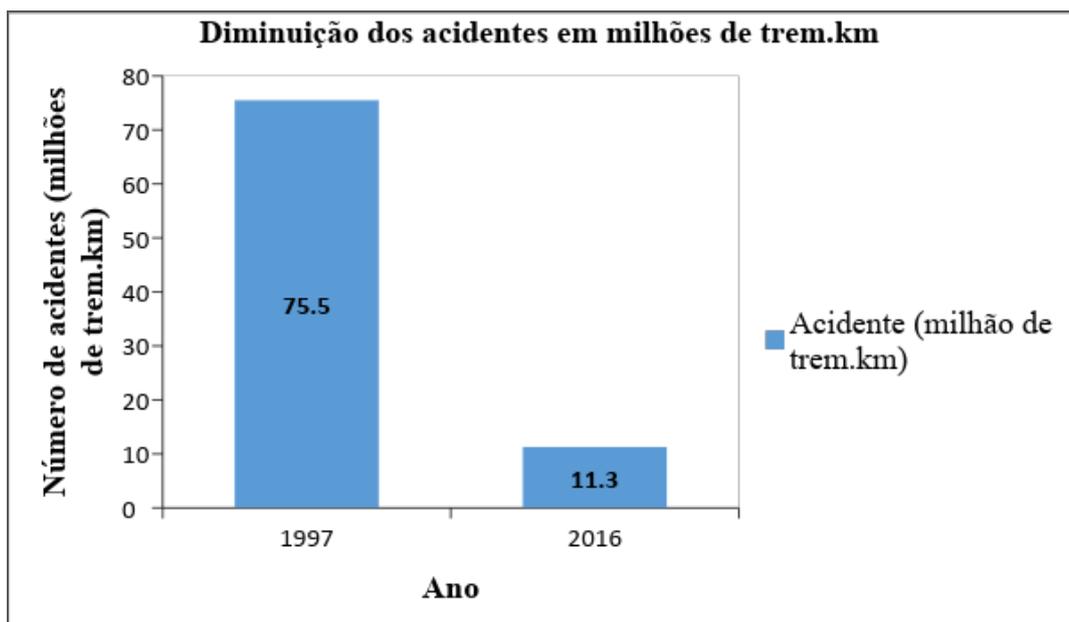
1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A ferrovia brasileira foi concedida à iniciativa privada a partir de 1996, e desde então as empresas associadas à ANTF (Associação Nacional dos Transportes Ferroviários) veem buscando e aprimorando constantemente suas atividades, almejando o aumento do volume de suas transações ao longo dos anos. Como consequência, desta busca pela melhoria, em 2016, atingiu o recorde de 503 milhões de toneladas úteis. Aumento referente a 98,8% desde a concessão de acordo com a ANTF (ANTF, 2017).

Existe um alto padrão de segurança nas ferrovias, associadas à ANTF, com o uso de modernas tecnologias, treinamentos, manutenção e campanhas regionais nas comunidades, escolas e nas passagens de nível, por exemplo. Este alto padrão se iguala aos padrões internacionais de segurança no setor ferroviário de carga. Conforme pode ser visualizado no Gráfico 1, no ano de 1997 eram 75,5 acidentes por milhão de trem.km, enquanto em 2016, foram 11,3 acidentes por milhão de trens.km, uma redução superior a 85% no período de 19 anos (ANTF, 2017).

Gráfico 1 - Diminuição dos acidentes em milhões de trem.km em 19 anos



Fonte: Adaptado de ANTF, 2017

No Brasil, historicamente, a priorização dos investimentos é voltada para o meio rodoviário que possuem a maior parte das vias do Brasil, e acaba deixando de lado os setores ferroviário e fluvial. (GRUPO MÁQUINA PR, 2014). A dependência do Brasil nas rodovias ficou evidente na greve dos caminhoneiros em maio de 2018 ocasião na qual, segundo Calegari (2018) estavam em busca de tornar o óleo diesel (combustível de veículos pesados) isento de impostos (alíquota do PIS - Programa de intervenção Social) e do Confins (Contribuição para o Orçamento de Seguridade Social). Augusto (2018) relata que, para tais objetivos, os caminhoneiros bloquearam parcialmente as rodovias do país fazendo com que diversos produtos essenciais deixassem de ser entregues, causando caos no país e evidenciando a dependência em um único modelo de transporte e escoamento.

Conforme Slack (1993), para atender a necessidade do mercado, pode-se destacar a vantagem competitiva em manufatura como um diferencial da organização perante seus concorrentes. Isso se relaciona com ações que atingem objetivos pré-determinados como: (i) fazer direito, está ligado ao desempenho de qualidade, (ii) ser pontual, está ligado a confiabilidade, (iii) fazer rápido, com objetivo de ter velocidade, (iv) ter disponibilidade de customizar, para ter flexibilidade e (v) um dos quesitos mais importante é fazer com o menor custo.

Os consumidores estão cada vez mais exigentes, o mercado oferece progressivamente produtos mais completos, com preços mais baixos, sem perder a qualidade e com maior flexibilidade para se adequar as necessidades dos consumidores. Com isso, as organizações visam produzir com eficiência sem perder a qualidade para competir nas mesmas condições que os concorrentes. E para atender todas as exigências do mercado faz-se necessário tornar efetivo o controle de suas atividades produtivas (SOARES, 2007).

Acrescentada ao ambiente competitivo, a manutenção que hoje é direcionada para evitar qualquer tipo de falha, seja ela previsível ou não, deixou de ser apenas um recurso dos processos produtivos e passou a fazer parte da gestão estratégica das empresas como o intuito de funcionar com confiabilidade, disponibilidade, segurança e preservação ao meio ambiente, visando menores custos (OLIVEIRA; SILVA, 2012).

Para atender as metas e os objetivos de uma organização uma boa manutenção é considerada fundamental, com isso as equipes de manutenção devem realizar um acompanhamento da sua produtividade (KARDEC; NASCIF, 2009). De acordo com os

autores existem a seguinte tipologia de manutenção: preventiva, corretiva, preditiva e detectiva, conforme mostrado na Figura 1.

Segundo Nascif e Kardec (2009), para ser estratégica, a manutenção precisa estar direcionada e alinhada aos resultados da empresa, e precisa deixar de ser apenas eficiente e se tornar eficaz. E a competitividade está diretamente ligada à produtividade, que pode ser medida pela equação:

$$\text{Produtividade} = \text{Faturamento} / \text{custo}.$$

E para a otimização do faturamento, é muito importante na linguagem da manutenção, otimizar a confiabilidade e a disponibilidade. Nascif e Kardec (2009) deixam claro que uma redução no investimento em manutenção, se for mal planejada, pode ocasionar perda de disponibilidade, confiabilidade, segurança e até mesmo consequências ambientais que acabará afetando o faturamento.

Figura 1 - Tipos de manutenção



Fonte: Kardec, 2009

Muitas destas manutenções estão ligadas também ao sistema de inspeções e o presente trabalho busca-se avaliar como os sistemas de inspeções técnicas estão relacionados com a melhoria da manutenção impactando na segurança da malha ferroviária.

1.2 JUSTIFICATIVA

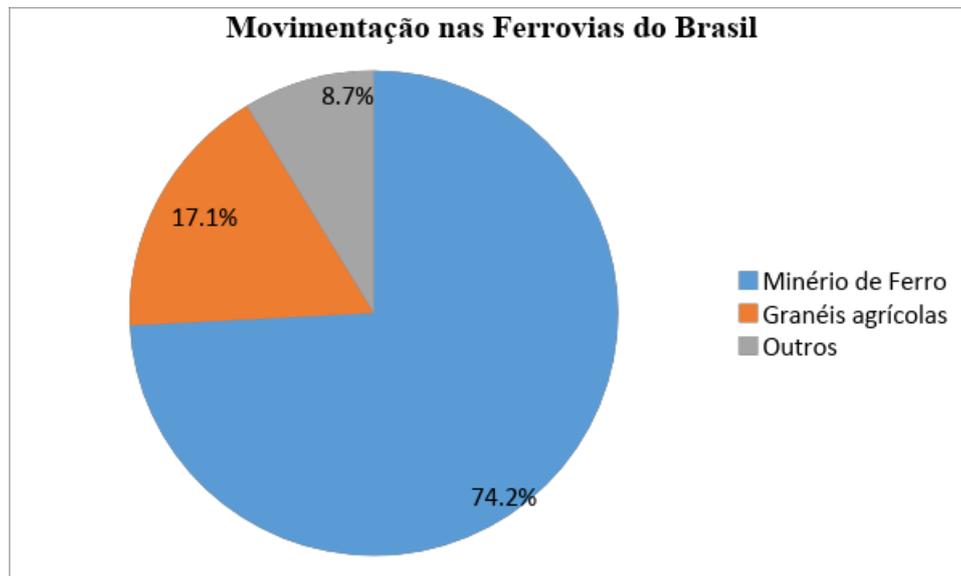
O setor ferroviário rapidamente se expande para atender a demanda do transporte de diversos tipos de mercadorias e de pessoas e com isso torna-se necessário fazer a manutenção ferroviária de forma eficaz (MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA, 2018).

A identificação das anomalias que aparecem ao longo do tempo na via férrea, ocorre por meio da inspeção da ferrovia. Esta inspeção deve gerar o preenchimento de um detalhado relatório contendo todas as informações das anomalias de forma clara e precisa para possibilitar a análise futura das possíveis causas do efeito (SILVA, 2012).

A manutenção da via permanente tem como objetivo assegurar a integridade dos componentes da via. É necessário que os trilhos, dormentes, lastros, fixação e demais componentes da infraestrutura da malha estejam dentro dos padrões especificados garantindo a segurança (HENRIQUES, 2006).

No ano de 2017, o Brasil obteve pelo quarto ano consecutivo um aumento na movimentação ferroviária de carga, obtendo o maior resultado desde 2010. Sendo o minério de ferro o item mais transportado, significando mais de 74% dos produtos transportados por modal seguido por graneis agrícola com 17% e outros com quase 9% como é possível visualizar no Figura 2 (ANTF *apud* LOBO, 2018).

Figura 2 - Distribuição dos produtos movimentados nas ferrovias brasileiras por volume



Fonte: Adaptado de Lobo, 2018

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho busca analisar os pátios de uma empresa de grande porte de transporte ferroviário de carga, situada na região sudeste do Brasil. Considera-se pátio ferroviário como um conjunto de vias em uma área de esplanada que é preparada para formação de trens, manobras e estacionamento de veículos ferroviários, bem como cruzamento entre trens. (ANTF *apud* LANGONI, 2006).

Como investigação do estudo o presente trabalho expõe os conceitos que premeiam os temas de Gestão da Qualidade com base em suas ferramentas e Gestão da Manutenção e suas funções.

Para delimitar o objetivo do estudo os dados coletados de acidentes ferroviários por falha na inspeção do pátio compreendem o período de 2016 até 2018, visto que os registros anteriores eram feitos em uma base diferente da usada atualmente, e tal fato poderia comprometer a análise proposta.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

Objetivo Geral: Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficácia das inspeções em pátios com relação à ocorrência dos acidentes.

Objetivos Específicos:

Para alcançar o objetivo geral será necessário:

- Mapear como são realizadas as inspeções nos pátios;
- Observar os critérios utilizados para identificar as anomalias;
- Avaliar a criticidade usada para classificar as anomalias encontradas;
- Analisar as causas dos acidentes ocorridos nos pátios;
- Relacionar as causas dos acidentes com as inspeções realizadas.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia utilizada nos trabalhos acadêmicos tem grande relevância e é necessária para uma adequada fundamentação científica, e tem como característica a procura da melhor abordagem a ser utilizada durante a pesquisa, bem como a definição das técnicas e métodos para planejar e executar o trabalho. E a vantagem de definir os métodos, é um trabalho bem estruturado que futuramente poderá servir como base de outros pesquisadores, assim disseminando o conhecimento (MIGUEL, 2012).

A pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que seus resultados poderão servir para orientar as empresas ferroviárias de possíveis falhas nas inspeções realizadas pelos técnicos responsáveis em detectar anomalias nas linhas e esses resultados também podem ser utilizados para estudo de outros pesquisadores. Para Turrioni (2012), a pesquisa pode ser descritiva quando tem como objetivo determinar as características de uma população, fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis. Também pode ser uma pesquisa explicativa quando busca encontrar os fatos determinantes ou que tenha alguma relação para o acontecimento dos fenômenos e o autor também considera que a pesquisa pode ser exploratória, quando é possível levantar hipóteses ou torna as informações mais visíveis.

O objetivo da pesquisa pode ser considerado de caráter descritivo, pois será determinada as características de como são feitas as inspeções dos pátios na malha ferroviária,

de caráter explicativo, pois serão analisados acidentes ocasionados por uma falha na inspeção e manutenção, e também de caráter exploratório, pois serão levantadas possíveis causas da falha de detecção de anomalias durante a inspeção.

Segundo Turrioni (2012), a pesquisa quantitativa traduz em números as informações com o intuito de classificá-las e analisá-las usando técnicas estatísticas. O autor também define que a pesquisa qualitativa tem um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e o sujeito que impossibilita de ser traduzido em números.

Quanto à abordagem, a pesquisa será qualitativa e quantitativa, ou seja, combinada. Qualitativa, pois será avaliada como são feitas as inspeções por meio da visita aos locais inspecionados e serão avaliados os critérios utilizados pelos responsáveis da inspeção e como são avaliadas as prioridades de manutenção das anomalias. E também será quantitativa, pois os dados coletados serão mensuráveis e descritivos para o problema a se solucionar. As informações serão obtidas por meio de análise dos dados das ferramentas de segurança da empresa em análise.

Quanto ao método, será feito um estudo de caso, com o mapeamento do processo de inspeções nos pátios de uma empresa ferroviária de grande porte situada na região Sudeste do Brasil.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução com as considerações iniciais, justificativa, objetivos e metodologia a respeito da temática do estudo de pesquisa.

O segundo capítulo conta com uma revisão bibliográfica dos temas que serão abordados, apresentando alguns dados referentes a acidentes de transporte em outros setores no Brasil e no setor a ser estudado, assim como alguns modelos de abordagem de classificação e investigação de acidentes e teorias que visam explicar as falhas durante a inspeção.

O terceiro capítulo aborda a empresa e sua estrutura onde foi realizado o trabalho, detalhando os tipos de inspeções que são realizadas na empresa e os possíveis tipos de deficiência na malha ferroviária que devem ser identificadas.

O quarto capítulo expõem e discute os resultados obtidos com as análises, apresenta as comparações propostas no trabalho detalhando as etapas da metodologia e analisando-as.

O quinto e último capítulo apresenta as principais conclusões sobre a pesquisa.

E no final se apresentam as referências bibliográficas utilizadas no trabalho.

2. QUALIDADE DAS INSPEÇÕES E DA MANUTENÇÃO NA MALHA FERROVIÁRIA

Para realizar uma boa manutenção em ferrovia, em específico a via permanente é preciso ter bem definido como seus componentes estão e qual é o prazo ideal para sua substituição ou reparo. Para isso, se faz inspeções ao longo dos quilômetros da linha férrea com o intuito de identificar possíveis anomalias que possam comprometer suas funções básicas e possíveis problemas que podem aparecer no futuro (AGUIAR, 2011).

2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

A gestão da qualidade propõe reduzir os custos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos e serviços, bem como satisfazer e superar as expectativas dos clientes. Para atingir essa gestão, a empresa deve atender três exigências principais: (i) compromisso com a ética, que diz respeito à honestidade, integridade e bondade, que valem para toda empresa, (ii) reduzir custos evitando o desperdício de materiais e mão de obra, reduzir o tempo de produção, gerar menos estresse e mais satisfação ao trabalhador e (iii) o planejamento da qualidade (LÉLIS *et al.*, 2012).

A Gestão Estratégica da Qualidade (GEQ) segue dois conceitos importantes, o uso da estratégia da qualidade para tornar o produto competitivo e o planejamento da qualidade baseado no gerenciamento da qualidade de forma estratégica na organização (TOLEDO *et al.*, 2017). Segundo Carpinetti (2016), na gestão de qualidade referente à estratégia competitiva é necessário gerar valor e manter-se inserido no mercado. Além disso, deve-se sempre focar nas expectativas e necessidades dos clientes, buscando identificar os seus requisitos. Pode-se dizer que a satisfação do cliente está relacionada com a percepção ampla vinculada as características e atributos do produto, assim como as relações emocionais dos consumidores, pois ocorrem comparações entre suas expectativas iniciais e o que receberam (ZEITHAML; BITNER, 2003 *apud* SARMENTO, 2009).

Um importante estudioso da qualidade “Joseph Moses Juran” define que qualidade é percebida pelo desempenho do produto na necessidade do cliente e é relacionada a ausência de defeito. Juran (ANO) buscava a melhoria continua da qualidade e propôs três pilares que embasam o trabalho das equipes na resolução dos problemas que são: i. o planejamento da

qualidade que visa identificar, definir produtos e processos de produção para atender as necessidades dos clientes; ii. o controle da qualidade que avalia e controla o desempenho comparando com as metas e corrige os desvios sempre que necessário; iii. o aperfeiçoamento da qualidade que diz que melhorar continuamente é uma necessidade, definir responsáveis para projetar melhorias, motivar e treinar as equipes (BARROS *et al.*, 2014).

2.2 FUNDAMENTOS DA QUALIDADE

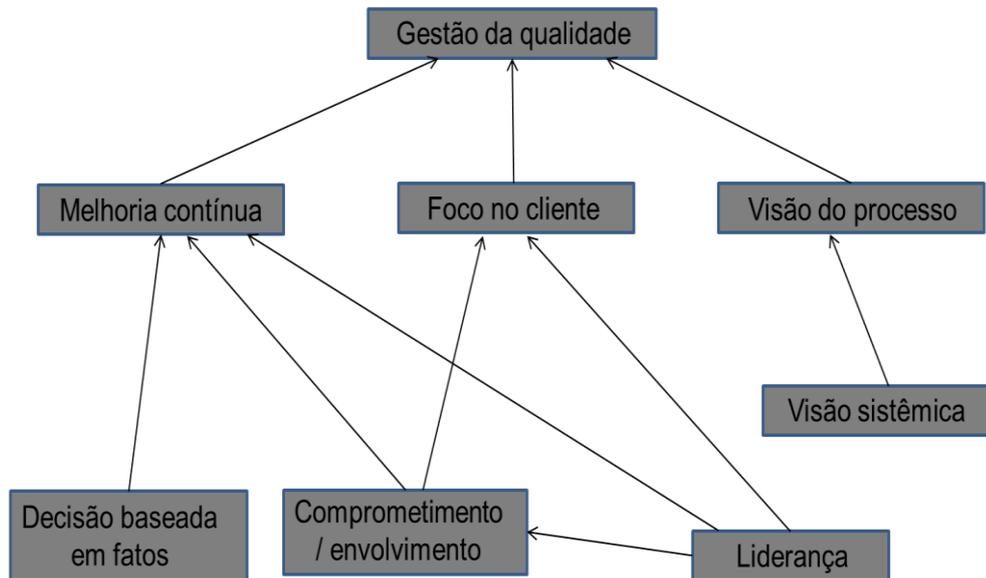
As atividades que englobam todos os requisitos que os produtos e serviços devem ter para atender as necessidades, e as preferências do cliente são denominadas Gestão da Qualidade Total (PALADINI, 2004). E com a evolução mundial fez-se crescer a competitividade do mercado, que exige investimento para oferecer ao cliente um produto de qualidade com preço justo (BARROS *et al.*, 2014).

O fundamento da gestão da qualidade segundo Carpinetti (2016), usa como estratégia competitiva sempre estar atento ao mercado e ao cliente para satisfazê-lo, porém em um mercado verdadeiramente competitivo, os concorrentes estão determinados a atender os requisitos e as expectativas do mercado, com isso surge outro fundamento que é a melhoria contínua dos produtos e dos processos, que demanda uma análise da situação que se encontra a organização para planejar e implementar a melhoria contínua. Para tomar decisão perante os dados coletados e as análises tem-se um importante conceito de abordagem científica. E esse conjunto de conceitos fundamentais demanda esforço da liderança, e o engajamento de todos na busca do sucesso na estratégia competitiva.

A Figura 3 consegue de forma esquemática ilustrar o relacionamento entre esses conceitos e a gestão da qualidade.

Um dos conceitos fundamentais da gestão da qualidade é a visão do processo, que é possível através do gerenciamento de processo, que é ver a organização como um conjunto de processos e não coleções de departamento. O gerenciamento de processo é a metodologia usada para obter continua avaliação, análise e melhoria da organização voltada ao desempenho dos processos (TOLEDO *et al.*, 2017).

Figura 3 - Relacionamento entre conceitos fundamentais de gestão da qualidade.



Fonte: Adaptado de Carpinetti, 2016

2.3 MAPEAMENTO

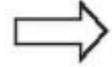
Segundo Toledo (2017), o mapeamento de processo é uma fase gerencial analítica e de comunicação, sendo utilizada para denominar as atividades exercidas dentro do processo. É muito importante que durante essa etapa seja relatado como o processo realmente funciona para que se possa ter a verdadeira visão para posteriormente se conseguir traçar metas para melhorar.

2.3.1 FLUXOGRAMA

A primeira etapa do mapeamento é fazer o fluxograma do processo que tem os símbolos padronizados para que qualquer pessoa que conheça a simbologia seja capaz de compreender o funcionamento do processo (BARROS, *et al.*, 2014). É uma ferramenta de baixo custo e fácil de usar. São diagramas representados graficamente, sendo possível visualizar como acontece o processo, os responsáveis, as informações e os documentos (TOLEDO, *et al.*, 2017).

Segundo Barros (2014), tem-se no fluxograma, a representação de cada ação durante o processo que é representado conforme a Figura 44.

Figura 4 - Símbolos e significados para um fluxograma padrão

Símbolo	Significado
	Armazenagem
	Sentido de fluxo
	Conexão
	Limites (início, pare, fim)
	Operação
	Movimento/transporte
	Ponto de decisão
	Inspeção
	Documento impresso
	Espera

Fonte: Barros, 2014

A vantagem do fluxograma é a facilidade do entendimento e conseguir ver por completo o processo e delimitar cada etapa, e é ótimo para o controle da qualidade (BARROS, *et al.*, 2017). Dentre as diversas vantagens pode-se citar (JURAN, 2009 *apud* BARROS, *et al.*, 2017):

- **Permite melhor compreensão do conjunto** – é possível que o funcionário tenha a visão de todo o processo e não apenas o que ele executa.
- **Fornecer explicações mais claras** – possibilita que os funcionários deem informações mais claras para quem não está envolvida no processo.

- **Facilita a fixação de limites** – é muito importante que todas as etapas bem definidas e limitações entre elas.
- **Identifica oportunidade de melhoria** – com o fluxograma é possível voltar a uma etapa anterior caso o resultado não tenha sido satisfatório.

Segundo Toledo (2017), para a construção do fluxograma é muito importante ter definido qual será o grau de detalhamento e ter claro o significado de cada símbolo que será usado, pois é possível utilizar outros tipos de simbologia, mas toda empresa deve estar alinhada aos símbolos.

2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As empresas se veem obrigadas a investir em qualidade devido à competitividade do mercado e à evolução mundial para conseguir oferecer produtos de qualidade e com preço justo (BARROS *et al.*, 2014). E segundo Carpinetti (2016), para conseguir a melhoria, existem várias ferramentas para ter o controle do processo da empresa.

Têm-se as sete ferramentas básicas da qualidade que são utilizadas para organizar, interpretar e maximizar a eficiência no uso dos dados (TOLEDO, *et al.*, 2017).

As sete ferramentas da qualidade compreendem em (CARPINETTI, 2016):

- **Estratificação:** é muito útil no momento da observação e análise dos dados e tem como objetivo identificar como a variação do controle interfere no processo ou no local que está sendo verificado.
- **Folha de verificação:** é utilizada para planejar e organizar a coleta de dados e consiste em um formulário onde está especificado os dados que serão coletados.
- **Diagrama de Pareto:** é um gráfico de barras verticais que tem como objetivo colocar em ordem de importância os problemas, causas e temas em geral para ajudar a priorizar as ações.
- **Diagrama de causa e efeito:** é utilizado para relacionar um determinado problema ou algum efeito indesejado no resultado de um determinado processo e tudo que está relacionado a ele. Conhecido como diagrama espinha de peixe devido a sua estrutura.

- **Histograma:** é um gráfico de barras que é disposto de uma maneira fácil de visualizar a distribuição de um conjunto de dados e de fácil localização do valor central e da dispersão dos dados em relação a esse valor central.
- **Diagrama de dispersão:** é um gráfico que possibilita visualizar o comportamento entre duas variáveis, podendo identificar se existe correlação ou não entre elas.
- **Gráficos de controle:** é utilizado na garantia de que o processo opere na sua melhor condição.

2.5 MANUTENÇÃO

Teve-se diversas transformações evolutivas ao longo dos anos nos setores envolvendo a produção e as tecnologias dando assim uma maior importância aos benefícios da manutenção dentre as exigências de produtividade e qualidade demandado pelo mercado além da complexidade e custo das máquinas e equipamentos (NUNES; VALLADARES, 2008).

Atualmente a missão da manutenção é manter a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos da empresa e das instalações para que seja possível atender ao processo de fabricação do produto ou do serviço que será prestado, tendo segurança e cuidado com o meio ambiente. A falta da qualidade na manutenção causa retrabalho e aumenta os custos (KARDEC, *et al.*, 2009).

A manutenção é utilizada por diversos motivos, e é possível destacar alguns deles como: (i) prevenção de possíveis avarias ou quebras ao longo do processo produtivo, (ii) assegurar as condições de uso dos equipamentos, (iii) garantir a maior eficácia dos equipamentos; (iv) redução de paradas inesperadas por avarias no processo; (v) redução com gasto em manutenção e (vi) manter a excelência na execução do trabalho (NETO, 2002).

Segundo Celso (2003) *apud* Marocco (2013) para as empresas que comercializam produtos e/ou serviço e que buscam atingir a satisfação dos seus clientes nas questões de qualidade e confiabilidade, é necessário obter uma gestão de manutenção inteligente.

A manutenção deve proporcionar confiabilidade aos proprietários dos ativos físicos, usuários dos ativos que precisam de um padrão de desempenho e a sociedade que requer padrão de qualidade dos produtos e com a devida garantia de que eles não falhem e sejam

seguros tanto para os usuários quanto para o meio ambiente (NUNES; VALLADARES, 2008).

Kardec e Nascif (2009) afirmam que as diretrizes da manutenção são voltadas a:

- Utilizar os indicadores de desempenho para manutenção de qualidade;
- Trabalhar em conjunto com a operação e engenharia na busca do aumento de confiabilidade e disponibilidade;
- Assegurar que os prazos dos serviços sejam cumpridos;
- Criar planos de inspeção que conscientize as áreas sobre o tempo de campanha;
- Atuar na capacitação através de tecnologias, treinamentos e novos processos, tendendo a melhoria contínua;
- Viabilizar o desenvolvimento através de contratos de longo prazo, incentivar a produtividade, auditorias, otimização de métodos e recursos, funcionários qualificados pelo Programa Nacional de Qualificação e Certificação, da Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN), multifuncionalidade, entre outros.
- Capacitar e flexibilizar a busca de independência para executar os serviços na busca de priorizar a qualidade;
- Orientar e utilizar os próprios recursos durante as atividades de manutenção;
- Realizar constantes auditorias, na busca de assegurar que a organização esteja cumprindo com as diretrizes.

2.5.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Têm-se alguns tipos de manutenção que podem ser escolhidas de acordo com a necessidade da empresa e do tipo de processo que é executado.

2.5.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva pode ser classificada como planejada ou não planejada. A manutenção corretiva planejada tende ter um custo menor, de modo que tudo é voltado em função dos acompanhamentos detectivos, preditivos ou através da decisão em esperar ocorrer a falha. A manutenção corretiva não planejada tem alto custo, uma vez que a correção é feita de modo eventual e acaba causando perda na produtividade e danos em equipamentos (OTONI; MACHADO, 2008).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) a gerência que opta por trabalhar com manutenção corretiva permite que os equipamentos e as instalações trabalhem até que haja algum problema. Com isso, a manutenção só é feita caso tenha necessidade.

2.5.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva é feita em intervalo pré-fixados que é determinado de acordo com a expectativa de durabilidade dos componentes quanto na Teoria de Probabilidade. O planejamento das datas de reparo para reduzir ou evitar que ocorram falhas, é feito com base estatística (MIRSHAWKA, 1991).

Kardec e Nascif (2009) denominam que a manutenção preventiva é um plano estratégico elaborado, pois em tempos pré-determinados são feitas as verificações de máquinas e equipamentos para que não perca produtividade devido a falhas e quebras. Segundo Almeida (2000), ao optar por esse tipo de estratégia de manutenção, e estipularem-se os prazos estatísticos, sem ser feita a avaliação das variáveis específicas que afetam a máquina, podem ocasionar falhas inesperadas ou reparos desnecessários que acabam gerando maiores gastos e denomina a manutenção preventiva ser de alto custo.

O propósito do uso desse tipo de manutenção, é impedir que ocorra atrasos na produção por quebra ou defeito das máquinas e dos equipamentos, gerando maiores gastos, por isso esse tipo de manutenção defende a política “Zero-Defeito” ou “Zero-Quebra” (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

2.5.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva tem como objetivo realizar os ajustes necessários no tempo ideal antes que ocorra a quebra e para isso realizam-se diversas atividades para acompanhar a máquina e o equipamento, com o intuito de medir o desempenho para perceber o momento correto de intervenção no processo para fazer as devidas correções (OTANI; MACHADO, 2008).

Takahashi e Osada (1993) caracteriza a manutenção preditiva como uma filosofia para evitar reparos antecipados e excessivos, além das falhas inesperadas que costuma acontecer quando se adota a manutenção preventiva. E quando se usa a estratégia desse tipo de manutenção, tem-se uma manutenção mais otimizada com melhor proveito econômico. Existem oito metas relacionadas à manutenção preditiva:

- Definir o período ideal para manutenção;

- Diminuir a quantidade de trabalho de manutenção preventiva;
- Minimizar avarias abruptas e estreitar o trabalho de manutenção não planejado;
- Tornar a vida útil das máquinas, peças e componentes crescente;
- Aprimorar a taxa de operação eficaz do equipamento;
- Diminuir os custos de manutenção;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Aperfeiçoar o nível de precisão da manutenção do equipamento.

2.5.1.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

A manutenção detectiva, que vem da palavra detectar, tem como função encontrar falhas ocultas e que não são percebidas durante a operação. Este conceito surgiu a partir da década de 90. E utilizando esse tipo de manutenção, é possível aumentar a confiabilidade das máquinas e dos equipamentos durante o processo produtivo (SOUZA, 2008). Segundo Kardec e Nascif (2009), são programados para detecção automática nos processos mais críticos e que possam comprometer o funcionamento da produção.

A automação para a detecção dos defeitos prévios, como sensores, gabaritos, interruptores, lista de verificação entre outros, é um grande auxílio partindo do pressuposto da ocorrência do erro humano (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

De maneira resumida, pode-se classificar os tipos de manutenção (KARDEC, *et al.*, 2009) em:

- **Manutenção corretiva não-planejada:** é realizada uma ação a partir do momento que acontece algum problema, sem nenhum tipo de planejamento.
- **Manutenção corretiva planejada:** é realizada uma ação planejada, com algum tipo de controle, como a inspeção ou acompanhamento preditivo.
- **Manutenção preventiva:** é uma ação previamente planejada com intervalos já definidos.
- **Manutenção preditiva:** é realizado um acompanhamento por meio de inspeções dos parâmetros físicos dos equipamentos.
- **Manutenção detectiva:** é feita uma inspeção na busca de possíveis falhas que possam estar ocultas.

Existe ainda a manutenção relacionada a confiabilidade (RCM – *Reliability-Centered Maintenance*) que é uma técnica voltada a definir o que deve ser feito para criar as ações que devem ser tomadas, para que os equipamentos consigam operar de forma correta

(MOUBRAY, 1997 *apud* TONDATO, 2004). Segundo Tondato (2004), esta técnica dá foco a otimização da utilização dos programas de manutenção preventiva e preditiva para que torne mais eficaz o equipamento e ao mesmo tempo consiga minimizar os custos com manutenção.

2.6 INSPEÇÕES TÉCNICA NA MALHA FERROVIÁRIA

Para que um produto ou serviço seja oferecido ao mercado é fundamental que tenha qualidade, pois tem aqueles defeitos que podem não causar dano algum caso seja encontrado alguma inconformidade e tem aqueles que podem causar grandes problemas (BARROS, *et al.*, 2014), como por exemplo alguma falha no trilho onde passa os veículos ferroviários, ou seja, caso o trilho esteja com alguma rachadura e acaba se rompendo com o peso do trem, podendo ocasionar sérios acidentes.

No procedimento de inspeção, podem acontecer erros durante as etapas de exame e decisão. Esses erros são definidos como Erro do Tipo I, quando itens de boa qualidade são classificados como fora das especificações ou Erro do Tipo II quando os itens fora das especificações são classificados como de qualidade (GROOVER, 2011).

A inspeção quando é feita de forma manual por um inspetor, é suscetível a alguns erros devido a fatores como (1) tarefa complexa, (2) variação inerente na inspeção, (3) decisão pelo inspetor, (4) cansaço mental, fadiga (5) imprecisão ou problema com o instrumento usado para inspecionar. Já quando a inspeção é realizada por um sistema automatizado, também podem ocorrer erros como (1) tarefa complexa, (2) resolução do sensor é afetada por definições de “ganho” e parâmetros de controle semelhante, (3) falha no equipamento, (4) falha no programa de computador (GROOVER, 2011).

A inspeção na linha férrea é a base para a detecção de defeitos ao longo da via que aparecem ao decorrer da vida útil dos seus componentes. E para análise de causa e efeito dos defeitos encontrados, é preciso que seja disponível um relatório de inspeção com o maior número possível de informações para ser avaliado e possibilite o levantamento das necessidades e execução das substituições de itens que não estão em condições de uso, correção da geometria da via, entre alguns outros quesitos que garantem a segurança e a disponibilidade da infraestrutura.

Segundo Groover (2011), a automatização da inspeção quase sempre reduz o tempo de inspeção, e elimina a fadiga mental ou erros recorrentes da inspeção humana, podendo ser ainda realizada em várias etapas do processo.

Algumas ferrovias pelo mundo utilizam equipamentos automatizados no momento da inspeção para o monitoramento dos parâmetros de via permanente. Existem equipamentos como o TrackSTAR ou *Track Evaluation Vehicle* (Figura 5), que é um equipamento que tem a função de medir à geometria da linha e possíveis desgastes dos trilhos, sendo considerado um veículo rodoferroviário (AGUIAR, 2011).

Figura 5 - Carro-controle (TrackSTAR)



Fonte: Acervo do autor

Além do TrackSTAR, existe o ultrassom que é bem semelhante e também exerce a função de mapear a via, por meio da captura de ondas de frequência, assim sendo possível detectar problemas que seriam imperceptíveis a olho nu. E tendo esses equipamentos para inspeção é possível diminuir os problemas relacionados a trilho e fazer com que a linha fica mais tempo disponível.

3. EMPRESA

O estudo abordado neste trabalho teve como base uma empresa do ramo ferroviário, que oferece transporte de carga na malha que é situada nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. A empresa tem como visão o crescimento sustentável e com operação segura, a partir da priorização de fluxos que gerem escala e relações de longo prazo, que agregam valor crescente ao negócio com preço competitivo e com previsibilidade. Porém a identidade da empresa não será anunciada, uma vez que a mesma preferiu não propalar seu nome e particularidades.

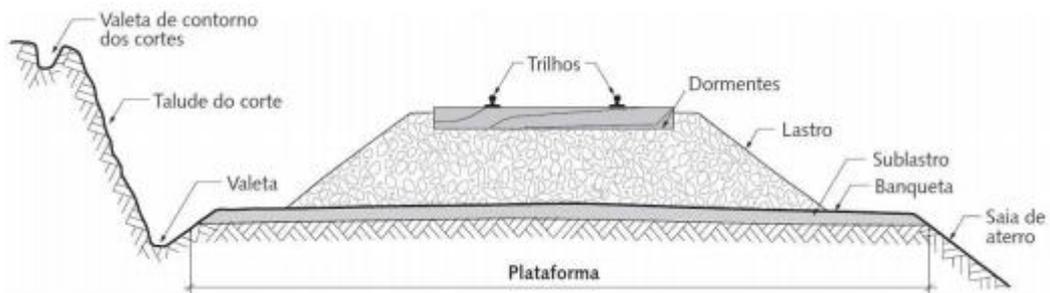
A empresa em questão tem como interesse o fornecimento do serviço logístico voltado a ferrovia, que administra seus ativos com uma manutenção estruturada que é feita por inspeções e manutenções preditiva, preventiva, detectiva e corretiva.

A empresa tem suas operações baseadas no transporte de duas classes de materiais cujas características são:

- *Heavy Haul* (“carga pesada”) é formado por vagões de um único cliente que são chamados de “trem unitário” e tem sempre um único tipo de carga em sua composição. Esses trens saem da origem carregados, com destino aos terminais de descargas (portos) e retornam vazios para o carregamento.
- Carga geral já é formada por vagões de diferentes clientes, chamados de “trens mistos”, com diferentes tipos de cargas. Esse tipo de carga tem rotas, dias e horários pré-definidos para circular em da origem ao destino, desenvolvendo também atividades programadas de inclusão e retirada de vagões ao longo do percurso em terminais e/ou pátios intermediários.

Segundo Nabais (2014), a ferrovia é composta basicamente por dois subsistemas, o rodante e o da via permanente. O rodante caracteriza os veículos tratores e rebocadores, já a via permanente é a infraestrutura e a superestrutura que é composta conforme a Figura 66.

Figura 6 - Via Permanente



Fonte: Nabais, 2014

E por toda extensão da linha principal da ferrovia, existe os pátios que têm como principal função a classificação dos vagões que são recebidos, a separação dos mesmos e a formação de trens, que possibilita o reagrupamento dos blocos para conseguir fazer a distribuição das cargas para seus diversos destinos (WRIGHT; ASHFORD, 1989 *apud* LANGONI, 2006).

Segundo Nabais (2014) normalmente um pátio é composto por três regiões:

- Área de recebimento de trens: é a área em que os trens são desviados da linha principal e são alocados temporariamente antes de serem encaminhados para a classificação ou qualquer atividade planejada para aquele determinado trem;
- Área de classificação: é o local em que os vagões são agrupados e classificados de acordo com os seus destinos, que podem ser para o destino final ou para outro pátio;
- Área de formação de trens: é onde são feitas as formações e o armazenamento dos trens, a inspeção da composição, a preparação da documentação fiscal do transporte das cargas e ficam aguardando outras operações para que possam ser reencaminhado para a linha principal.

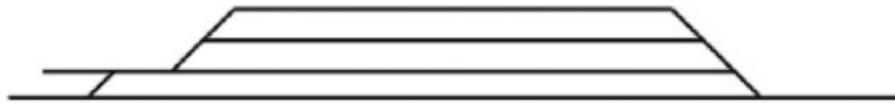
Existem diferentes tipos de pátios, que são escolhidos de acordo com a necessidade da carga e do volume que será movimentado no local. Temos os pátios planos e os pátios de gravidade.

Pátios planos:

- Pátios convencionais com feixe de linha: são utilizados normalmente para pequenas e médias movimentações com um ou mais feixe de linha no pátio e os

vagões são movimentados por locomotivas de manobra e/ou posicionador de vagões conforme Figura 7.

Figura 7 - Pátio convencional

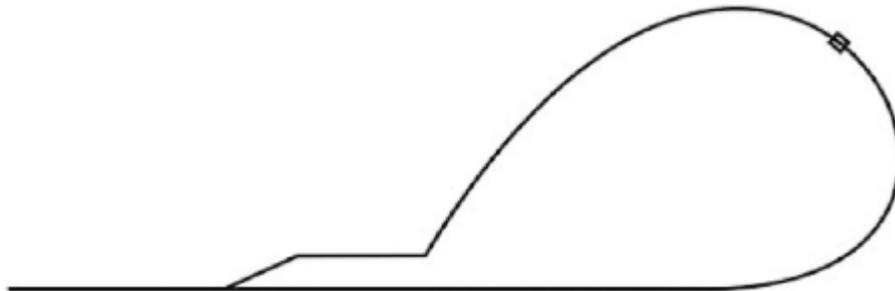


Representação de um pátio convencional com feixe de linhas

Fonte: Nabais, 2014

- Peras ferroviárias: normalmente são em terminais que são utilizados para carregamento e descarregamento dos vagões. São mais usuais para carregamento de grande escala de produtos granel como grão, minérios e carvão mineral. Normalmente as locomotivas e os vagões não são desacoplados durante a operação, vide Figura 8.

Figura 8 - Pera ferroviária



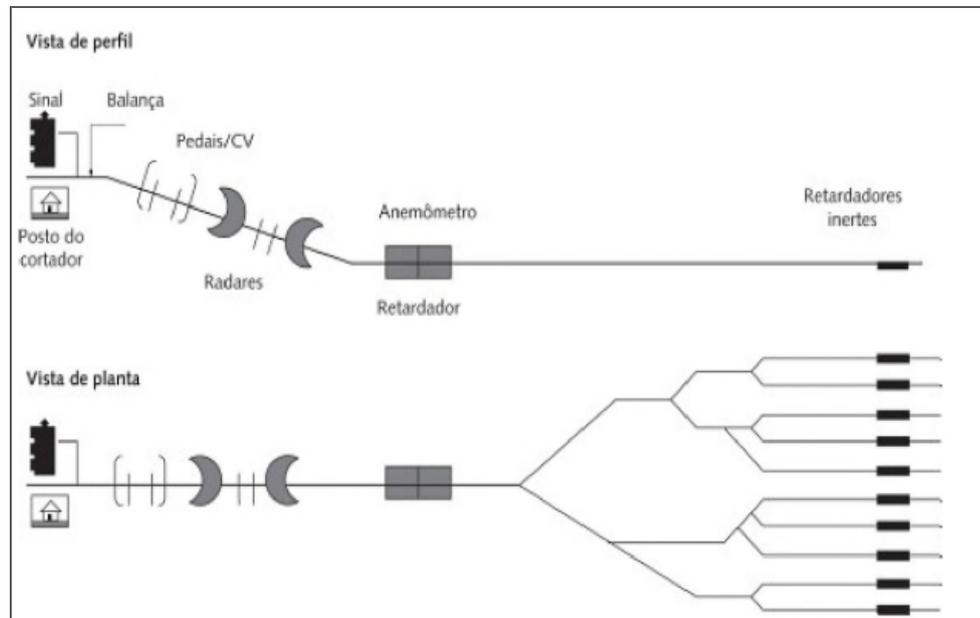
Representação da pera ferroviária

Fonte: Nabais, 2014

Pátios de gravidade:

- Apresentam linhas mais elevadas e os vagões precisam ser empurrados pela locomotiva, e são desacoplados no topo da rampa e descem de forma controlada o declive, para o controle dessa descida existem radares que medem a velocidade, medição da velocidade e direção do vento através de um anemômetro e retardadores de velocidade que são controlados por sistemas para fazer com que os vagões parem de forma adequada na linha de destino e a posição desejada. São pátios que recebem grande volume pois são triados rapidamente, como mostrado na Figura 9

Figura 9 - Pátio de gravidade



Fonte: Nabais, 2014

3.1 INSPEÇÕES DE MANUTENÇÃO

A via permanente é constituída de vários componentes que desgastam com o passar do tempo e do uso e devem ser substituídos quando suas condições não podem mais garantir a segurança.

A via tem como principais elementos constitutivos da superestrutura o dormente, trilho, lastro, acessórios de fixação e aparelho de mudança de via. E as inspeções são utilizadas para garantir que os componentes estão em condições de garantir a segurança da ferrovia.

As inspeções regulares de via permanente têm como objetivo atender os requisitos mínimos de qualidade e segurança do serviço de manutenção da via. As inspeções podem ser feitas com diversos recursos. É utilizada a supervisão humana que conta com a experiência do executor para o reconhecimento das anomalias e tem os equipamentos que são programados para sinalizar caso sejam detectados divergências com os parâmetros de normalidade.

Durante a inspeção são verificados os seguintes itens:

- Superfície de rolamento de trilho: identificar trincas, defeitos como patinados, destacamentos de material entre outros;

- Solda aluminotérmica e “*flash-butt*” ou solda elétrica: identificar trincas horizontais na alma, que é a característica que precede fratura por tensão residual, que são mais característicos de acontecer em regiões de túnel;
- Juntas: verificar as condições de talas, parafusos e nivelamentos;
- Fixações (grampo e *tirefonds*): identificar o afrouxamento ou alguma inconformidade que possa gerar risco;
- AMVs, agulhas, jacarés, juntas e contratrilhos: identificar desgastes prematuros como fraturas de material e garantir o correto aperto dos parafusos de junta, fixação e calço;
- Condição física ao entorno da linha.

Os rondas de linhas fazem inspeção visual a pé dos elementos que compõem a superestrutura e a infraestrutura da Via Permanente, com o objetivo principal de identificar e reportar os problemas que possam interferir na circulação dos trens e na segurança operacional. Existe um manual que padroniza a classificação das anomalias durante as inspeções conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Manual do Ronda

Disciplina	Família	Códigos	Anomalias
Trilho (TR) - Solda (SD) - Tala / Junta (TJ)	Trilho	TR01	Defeito Superficial
		TR02	Patinado
		TR03	Trinca no Trilho
		TR04	Fratura
		TR05	Barra de Trilho Alta
	Tala / Junta	TJ01	Junta Isolada (JIC) Topando
		TJ02	Tela de junção danificada / partida - (JIC)(JM)(JE)
		TJ03	Abertura excessiva de junção - (JIC)(JM)(JE)
		TJ04	Falta de parafuso em tala de junção - (JIC)(JM)(JE)
		TJ05	Junta metálica sem Bondeamento
		TJ06	Junta metálica em Ponte/Viaduto/PN
		TJ07	Junta arriada - (JIC)(JM)(JE)
	Solda	SD01	Defeito de Solda

AMV (AM)	Grade das Agulhas	AM01	Vedação da Ponta de Agulha
		AM02	Fratura de Ponta de Agulha]
		AM03	Quebra deo Tirante ou Punho
		AM04	Contato com o dormente e a barra de junção (Tirante)
		AM05	Fratura / Falta no parafuso do coice da agulha
		AM06	Material Obstruindo a livre movimentação das agulhas
		AM07	Falta de Escora ou Escora Sem ajuste
		AM08	Falta de fixação no trinco "macaquinho" do aparelho de manobra
	Jacaré	AM09	Fratura na ponta do jacaré
		AM10	Parafuso quebrado na calda do jacaré
		AM11	Parafuso quebrado na região do contra trilho
	Outros	AM12	Bolsão de na região do AMV
		AM13	Dormente podre/inservível em região de AMV
Dormente (DA)(DM)(DP)	Aço	DA01	Dormente de aço inservível/aba empenada
	Madeira	DM01	Dormente de madeira inservível
		DM02	Dormente de madeira inservível em junta/solda
	Polímero	DP01	Dormente de Polímero inservível
		DP02	Dormente de Polímero inservível em junta/solda
	Geometria (GE)	Bitola	GE01
GE02			Bitola Fechada
Nivelamento		GE03	Defeito de Nivelamento
Alinhamento		GE04	Defeito de Alinhamento de grade (flambagem)

Lastro (LA)	Lastro	LA01	Bolsão
		LA02	Excesso de Lastro
		LA03	Ausência de Lastro na Grade
		LA04	Ausência de Ombro de Lastro
		LA05	Linha Alagada
Fixação (FX)	Tirefond	FX01	Tirefond quebrado/faltante
	Placa de Apoio	FX02	Placa de Apoio quebrada/faltante
Infra (IN)	Anomalia de Infra	IN01	Risco ou Queda de Material no Gabarito da Linha
		IN02	Contratrilho Solto em PN
		IN03	Lixo
		IN04	Anomalia em gabarito de túnel
		IN05	Ausência de fixação/Contratrilho de Ponte/Viaduto não lastreado

Fonte: Adaptado pela autora

Além da especificação das anomalias encontradas, elas são classificadas de acordo com o grau de risco de ocasionar algum tipo de acidente para assim, direcionar a priorização do plano de manutenção para as anomalias consideradas graves.

Seguindo esses mesmos procedimentos, além do ronda de linha, essa inspeção pode ser realizada por técnicos de via, coordenadores, especialistas, gerentes entre outros cargos de atuação de campo dentro da empresa.

Existem também equipamentos eletrônicos que auxiliam na detecção das anomalias como TrackStar, o Ultrassom e o Trolley, que são equipamentos que detectam problemas nos componentes da via e geram relatórios para auxiliar o plano de manutenção.

A inspeção Ultrassônica mapeia toda a via através de ondas com uma frequência superior àquelas que o ouvido humano tem condições de captar. O equipamento é vinculado a uma caminhonete rodoferroviária que é conhecido como carro-controle, que identifica falhas internas nos trilhos que frequentemente são causadas devido ao desgaste natural ou por impurezas durante a fabricação do mesmo. Esse tipo de defeito antes desse equipamento era

imperceptível na maioria das vezes. Existem sondas e sensores acoplados na roda que recebe os sinais e que fazem toda a análise dos trilhos (documento interno da Empresa).

Figura 2 - Ultrassom



Fonte Documento interno da empresa

O TrackStar que também é conhecido como TEV (*Track Evaluating Vehicle* - Veículo de Avaliação da Via) é montado em um caminhão autopropulsado e foi projetado para aferir com confiabilidade, o tamanho das bitolas, o perfil dos trilhos e a geometria de via (nivelamento longitudinal-transversal), curvatura e alinhamento. E por meio da tecnologia GRMS (Gage Restraint Measurement System, ou Sistema de Medição da Resistência da Bitola) toda análise é possível em tempo real. Este equipamento é de alto valor no mercado e existe apenas um no Brasil e na América do Sul, ele atua na prevenção de acidentes.

O TEV utiliza emissores de laser e câmeras de vídeo que captam imagens com uma grande velocidade e com altíssima resolução das imagens que possibilita a detecção de anomalias como torção, empeno, alinhamento, nivelamento, bitolas abertas ou fechadas e trilhos desgastados (SILVA, 2006).

Segundo Dângelo (2013), o trackstar tem como uma das grandes vantagens o poder de deslocamento tanto na ferrovia e na rodovia, o que facilita a realização da inspeção no horário de funcionamento da via, sem a necessidade de intercalar com as passagens dos trens. Que é uma característica muito importante para a ferrovia que funciona 24 horas por dia, todos os dias da semana.

Estes dois equipamentos citados, TEV e Trakstar são utilizados nas linhas principais, que são a linha primária e a secundária da ferrovia, nos pátio são utilizadas as inspeções regulares e o Trolley mostrado na Figura 11 que, segundo Silva (2006), é um equipamento de

propulsão humana de fácil manuseio que tem sensores analógicos que coletam os dados e enviam para uma CPU que descodifica as informações de analógicas para digitais e este equipamento mede os parâmetros da via como torção, empeno, bitola, superelevação, rampa e nivelamento.

Figura 3 - Trolley



Fonte: Documento interno da empresa

3.2 ANOMALIAS DA VIA PERMANENTE

As inspeções em toda a extensão da linha férrea, tanto em linha principal quanto nos pátios e terminais, são feitas de modo visual e/ou utilizando equipamentos, e têm como objetivo a detecção de anomalias ao longo da via que necessitam de manutenção ou substituição dos componentes que estão gerando risco pessoal e/ou operacional da operação dos trens.

Defeitos relatados durante a inspeção que precisam de manutenção apresentado na Figura 12:

- Lastro:
 - Contaminação superior a 40%: é a existência de quantidade significativa de material fino no lastro;

- Colmatação: também conhecido como lastro contaminado, lastro laqueado que acontece quando o lastro perde o poder de permeabilidade que é uma das suas principais funções e/ou prejudica o nivelamento da linha;
- Lastro insuficiente: é a falta de lastro que pode ser na altura, no ombro ou entre os dormentes;
- Recalque: é o defeito oriundo de abatimento da plataforma;
- Granulometria: é o tamanho da brita fora das dimensões ideais, pode ser maior ou menor que a especificação definida;
- Laqueamento: é a dificuldade de realizar a drenagem da água devido a contaminação por materiais finos;
- Excesso de lastro: é quando a quantidade de brita está acima das dormentes ou no ombro.

Figura 4 - Lastro contaminado



Fonte: ResearchGate

- Juntas, conforme mostrado na Figura 13:
 - Fratura / quebra: é a ruptura de algum dos componentes, que pode ser por exemplo tala. parafuso entre outros;
 - Trinca: é a ruptura parcial de algum dos componentes;
 - Frouxa: é o afrouxamento de parafusos e porcas;
 - Distância entre juntas: a distância mínima entre juntas é de 6 metros em curva e 4 metros para tangente;

- Danificada: qualquer tipo de danificação na junta, como empeno, amassamento, corrosão do componente;
- Alinhamento: é a perda em relação ao trilho do posicionamento longitudinal;
- Nivelamento: é o abatimento vertical da junta devida a perda de nivelamento (perda de socaria);
- Escoamento: é o amassamento do topo do trilho na região em que se encontra a junta;
- Laqueamento da ponta: é quando no local que está a junta, há uma perda da parte da extremidade do trilho;
- Diferença de topo: diferença de altura entre os trilhos no local da junta;
- Falta de condutibilidade: é o problema durante a condução da eletricidade.

Figura 5 - Junta



Fonte: Brasil escola

- AMV, mostrado na Figura 14:
 - Folga: pode ser por falta de aperto nos parafusos, falta de vedação da agulha, necessidade de regulagem do aparelho de manobra;
 - Desgaste: é a perda de material por atrito na passagem do trem ou entre as partes do AMV;

- Cotas de salvaguarda: é a medida padrão que assegura a passagem dos vagões e da locomotiva sobre a AMV;
- Quebra: é a ruptura de um dos componentes;
- Trinca: é a ruptura parcial de um dos componentes;
- Escoamento: é o amassamento do topo nas extremidades de componentes como a agulha, jacaré, entre outros;
- Defeito superficial: é a perda de material no boleto ou patinação no local;
- Danificado: é algum tipo de avaria no equipamento como corrosão, empeno, amassamento;
- Geometria: é a perda do nivelamento e do alinhamento do conjunto total do AMV.

Figura 6 - AMV de chave elétrica



Fonte: ANTF, 2017

- Dormente de madeira:
 - Empeno: é quando o dormente está torcido;
 - Quebra: ruptura total do tirante de ligação ou do próprio dormente;
 - Falta: Inexistência do dormente;
 - Quadramento: é quando está fora da posição ideal do assentamento e de esquadro;
 - Deslocamento: é o dormente que está com espaçamento inadequado e /ou fora da posição em relação ao eixo da linha;

- Apodrecimento: é quando ocorre a decomposição do dormente, causando perda de material;
- Rachadura: é a perda de material devida à decomposição do dormente.
- Dormente de aço conforme ilustra a Figura 15:
 - Corrosão: é a formação de ferrugem devida à água ou produto químico;
 - Empeno: é o dormente torcido;
 - Fratura / quebra: é quando ocorre a ruptura;
 - Danificado: qualquer tipo de danificação no dormente, como empeno, amassamento, corrosão do componente, trinca, quebra;
 - Trica: é a ruptura superficial do dormente de aço;
 - Falta: Inexistência do dormente;
 - Deslocamento: é o dormente que está com espaçamento inadequado e /ou fora da posição em relação ao eixo da linha;
 - Quadramento: é quando está fora da posição ideal do assentamento e de esquadro.

Figura 7 - Dormente de Aço



Fonte: Observatório Metro-Ferrovário, 2014

- Dormente de concreto
 - Desgaste: é a perda do material que compõem o dormente na superfície, na região de fixação, entre outras partes;
 - Quebra: é a ruptura total do corpo do dormente ou da parte de ligação;

- Trinca: é a ruptura parcial do dormente ou da fixação dele;
- Esquadrejamento: é quando está fora da posição ideal do assentamento e de esquadro;
- Deslocamento: é o dormente que está com espaçamento inadequado e /ou fora da posição em relação ao eixo da linha;
- Falta: Inexistência do dormente;
- Fixação
 - Desgaste: é a perda de material em qualquer parte do componente;
 - Falta: é a inexistência de qualquer parte que compõem a fixação;
 - Fratura / quebra: é a ruptura total de alguma parte dos componentes do conjunto de fixação;
 - Trica: é a ruptura parcial de qualquer um dos componentes do conjunto de fixação;
 - Deformação: é o amassamento de algum acessório metálico;
 - Corrosão: é a formação de ferrugem devida à água ou produto químico que pode ocorrer em qualquer componente do conjunto de fixação;
 - Frouxa: é a falta de aperto do tirefonds, pregos de linha ou grampos sem elasticidade;
 - Ressecada: é devida a mudança de temperatura acontece o esfacelamento da almofada plástica.
- Trilho
 - Anomalia: algumas das anomalias de trilho são trilhos corrugados ou fadigados, trinca transversal ou em solda elétrica ou alumino térmica, com desgaste. Esses são alguns dos fenômenos que podem levar o trilho a ruptura;
 - Patinado: é quando acontece a patinação das rodas das locomotivas e às vezes pelos efeitos de ficção energética durante a frenagem;
 - Fratura: é a ruptura total do trilho;
 - Desgaste: é quando se perde material na superfície do boleto do trilho;
 - Corrugação: é quando acontece a ondulação da parte superior do trilho devido ao deslocamento da massa superior do boleto;
 - Trinca: é a ruptura parcial do trilho;

- Achatamento: é quando acontece a fadiga do material e ocorre o esmagamento do boleto do trilho;
- Flambagem: é o desalinhamento da linha devido à aplicação de esforço com variação de temperatura aliada à baixa capacidade lateral da via.
- Nivelamento / Alinhamento
 - Desnivelamento: é a diferença entre dois pontos da via que ocorre quando a superfície de rolamento está fora dos limites;
 - Superelevação: é uma inclinação transversal que gera risco principalmente em curvas;
 - Abatimento da plataforma: é quando acontece o afundamento do terreno que pode ser provocado devido a movimentação do corpo do aterro ou por rompimento do bueiro;
 - Colmatação do lastro: é quando o lastro perde a permeabilidade e prejudica o nivelamento da linha;
 - Laqueamento do lastro: é quando o lastro está com insuficiência de drenagem por está contaminado por materiais finos.
- Solda
 - Alinhamento: é quando acontece o desalinhamento do trilho devido a indevida solda que provoca flechas;
 - Canoa / amassamento: é o afundamento do boleto do trilho devido ao afundamento da solda;
 - Caroço: é o excesso de material na superfície do boleto que acaba gerando flecha vertical;
 - Fratura / quebra: é a ruptura total do trilho no local da solda;
 - Trinca: é a ruptura parcial do trilho;
 - Defeito superficial: é a falta de aço na superfície de rolamento, fissuras na solda e o incrustamento de escória, poros e inclusões de pastas de vedação ou escória.

3.3 TIPOS DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS POR FALHA EM MANUTENÇÃO

O acidente mais comum causado por falha de manutenção na via permanente é o descarrilamento. O descarrilamento é o incidente no qual a roda da locomotiva ou do vagão perde a sustentação que é munido com o trilho que pode ser interno, que é quando a roda faz a movimentação para dentro da área determinada pelo trilho ou pode ser externo, que é quando a roda faz a movimentação para fora da área determinada pelo trilho. E também pode-se classificar como ocorreu o descarrilamento, se foi apenas um rodeiro, se foi no truque ou o vagão inteiro (IWNICKY, 2006 *apud* HONG, 2011).

Na empresa em questão os descarrilamentos são classificados em diferentes níveis de gravidade. É levado em consideração o número de rodeiros que saíram dos trilhos, o prejuízo causado para assim chegar a uma avaliação de qual o nível do acidente. Para isso é feita uma investigação detalhada sobre as causas daquele acidente e são traçadas ações que devem ser tomadas para a correção e prevenção de novas ocorrências daquele tipo.

A análise para a prevenção de possíveis acidentes reduz os seus impactos no nível de serviço de transporte, pois é necessário que esteja preparado para circunstâncias adversas que os acidentes podem gerar, como a interrupção das atividades, a alteração nos prazos estabelecido, entre outros fatores que comprometem a confiabilidade e atendimento às necessidades dos clientes (BALLOU, 2004 *apud* DALEPRANE, 2007).

Na empresa existe uma equipe de especialista em segurança operacional que acompanha todo o processo, do momento que ocorre o descarrilamento, até a conclusão final daquele acidente. São tiradas fotos do local e é feito um estudo minucioso de tudo que aconteceu. São usadas ferramentas como por exemplo o cinco por quê para conseguir chegar na causa raiz que ocasionou tal acidente. E logo após todos os estudos, são traçados os planos de ações conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Causa de descarrilamento em 2005

Causa	N° de Ocorrências	Taxa de Falha (FPMM)	Taxa de Falha (FPMK)	Comentário
Geometria da via	399	0,505	0,314	Classificada como falha da via, neste caso devido à falha da geometria da via, podendo ser por projeto, instalação ou manutenção.
Trilho, talas de junção, dispositivos de fixação	381	0,482	0,300	Classificada como falha da via, neste caso devido a falhas das fixações.
Uso de Aparelhos de mudança	237	0,300	0,186	Classificada como falha humana por erro de no uso do AMV.
Jacarés, aparelhos de mudança de via, equipamentos de via	199	0,252	0,157	Classificada como falha da via, neste caso devido a aparelhos de mudança de via.
Regras de mudança	177	0,224	0,139	Classificada como falha humana por erro durante mudanças de via ou determinação errada das regras.
Condições operacionais não usuais	147	0,186	0,116	Classificada como falha causada por razões diversas.
Manobras do veículo ferroviário	121	0,153	0,095	Classificada como falha humana por manobra do veículo ferroviário.
Outras causas	75	0,095	0,059	Classificada como falha causada por razões diversas.
Truque	64	0,081	0,050	Classificada como falha do material rodante, neste caso devido a alguma falha do truque em geral.
Rodas	61	0,077	0,048	Classificada como falha do material rodante, neste caso devido a alguma falha das rodas do truque.

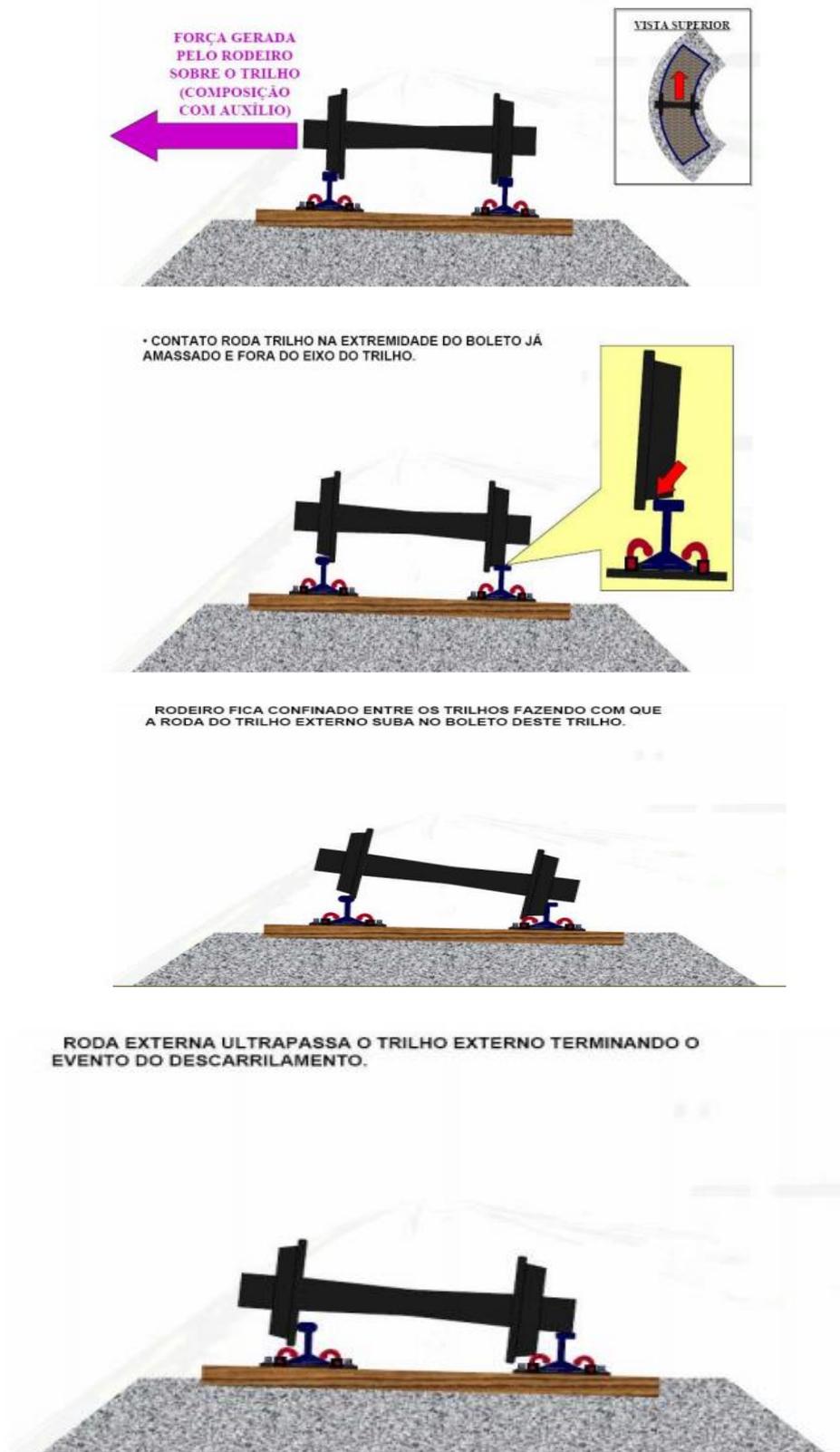
Causa	N° de Ocorrências	Taxa de Falha (FPMM)	Taxa de Falha (FPMK)	Comentário
Eixo e rolamentos	52	0,066	0,041	Classificada como falha do material rodante, neste caso devido a alguma falha dos eixos ou ao rolamentos do truque, como por exemplo travamento.
Velocidade	45	0,057	0,035	Classificada como falha humana por erro de aplicação de operação por maior ou menor demanda de tração.
Uso dos Freios	43	0,054	0,034	Classificada como falha humana por erro de aplicação de freio (maior demanda ou menor demanda). Ou seja, devido a maior velocidade de operação em determinado trecho ou a maior aplicação de freio.
Condições ambientais	37	0,047	0,029	Classificada como falha causada por razões diversas, neste caso por condições ambientais adversas.
Processos de carregamento	37	0,047	0,029	Classificada como falha causada por razões diversas, neste caso por falhas no carregamento da carga causando desequilíbrio no trem.
Acoplamento	33	0,042	0,026	Classificada como falha do material rodante, neste caso devido a alguma falha do sistema de acoplamento.
Assentamento da via	32	0,041	0,025	Classificada como falha da via, neste caso devido a falha de assentamento, por exemplo, falha no lastro ou sublastro.
Freios	26	0,033	0,020	Classificada como falha do material rodante, neste caso devido a alguma falha de freios (maior ou menor demanda).
Falha de sinalização	25	0,032	0,020	Classificada como falha de sinalização.
Estrutura	20	0,025	0,016	Classificada como falha do material rodante, neste caso devido a alguma falha da estrutura do trem, como por exemplo, a do truque.

Causa	N° de Ocorrências	Taxa de Falha (FPMM)	Taxa de Falha (FPMK)	Comentário
Falha de identificação de sinalização fixa de via e comunicação de rádio	19	0,024	0,015	Classificada como falha humana causada por erro de operação na visualização e compreensão da sinalização e comunicação.
Miscelânea de Fatores Humanos	15	0,019	0,012	Classificada como falha humana.
Portas	14	0,018	0,011	Esta taxa de falha será considerada como participante do material rodante, mas julga-se que a classificação quanto ao componente (portas) não esteja corretamente classificada (a causa desta incoerência é abordada após a tabela).
Outros defeitos de via	13	0,016	0,010	Classificada como falha dos elementos de via.
Locomotivas	4	0,005	0,003	Falha atribuída a locomotiva e classificada como falha do material rodante.
Falha das autoridade de via	3	0,004	0,002	Falha classificada como falha humana, sendo relacionada com o erro de autorizações de movimentação.
Condições físicas dos empregados	1	0,001	0,001	Classificada como falha humana.
Total	2280	2,886	1,793	Mesmos valores apresentados na Tabela 4.1.

Fonte: Railway Safety Statistics, 2005 *apud* Hong, 2011

Para uma melhor visualização será apresentada uma simulação da dinâmica de uma das formas que ocorre o descarrilamento. A Figura 16 apresenta o esquema.

Figura 8 - Simulação de um acidente



4. RESULTADOS E ANÁLISES

O propósito desta seção é analisar a importância de uma boa inspeção e um bom plano de manutenção para a prevenção de acidentes e a segurança da malha ferroviária. Os resultados evidenciaram a importância do bom treinamento dos profissionais responsáveis por fazer a inspeção e a importância da classificação correta das anomalias encontradas e dos riscos que cada uma delas tem de gerar algum tipo de acidente.

4.1 PROGRAMA DE SEGURANÇA DA MALHA

A partir de 2016, foi implantado o Programa de Segurança da Malha para o acompanhamento mais próximo do desempenho da manutenção da via permanente dos pátios que recebiam o maior volume de manobras e que estavam mais degradados. Pois com a crise econômica de 2014, as manutenções dos pátios ficaram com o orçamento mais restrito e o programa foi criado com o objetivo de recuperar esses pátios para uma maior segurança durante a utilização desses locais que são de suma importância para a empresa.

O Programa de Segurança da Malha (PSM) é a ferramenta utilizada para o controle das anomalias identificadas durante as inspeções nos pátios. Para o controle, é feito o cronograma que direciona os pátios que serão inspecionados ao longo dos meses e em quais meses cada pátio deve ser inspecionado. Desse cronograma são geradas as Ordens de Serviços (OS) para as áreas responsáveis pelas inspeções dos ativos terem controle das suas atividades no mês.

Durante as inspeções são identificadas as anomalias da via ao longo do pátio, que são classificadas como anomalias de risco baixo, médio ou alto de ocasionar um acidente, e para cada anomalia é aberta uma Solicitações de Serviços (SS) no sistema que vai conter todas as informações da anomalia. Essas SSs são programas no plano de manutenção das áreas responsáveis pelos ativos que necessitam de reparos.

O programa é direcionado apenas aos pátios que são classificados como críticos ou que já ocorreu acidente. E a definição da periodicidade da inspeção dos pátios é através de análises referente a movimentação e o número de vagões que o pátio recebeu durante o último semestre e é utilizada a projeção para o semestre seguinte.

A inspeção para o PSM é realizada por inspetores dos pátios e pelo equipamento Trolley, que detectam as anomalias, abrem as SS e enviam o formulário com tudo que foi detectado durante a inspeção para o controle e a tabulação no programa. Além dessas inspeções, também são controladas as SSs que são abertas por outros tipos de inspeção, como a inspeção do ronda, dos gestores, entre outras.

O PSM tem o farol que mede se as inspeções programadas para serem realizadas durante o mês vigente da análise foi cumprida, e se tem alguma SS em aberto além do prazo determinado pelo programa para a conclusão. O programa controla as anomalias que são classificadas como média, que tem o prazo de 45 dias e alta, com o prazo de 15 dias para a conclusão. Já as consideradas baixas, não tem um prazo definido, mas é indicado que sejam resolvidas em até 60 dias.

O farol do PSM é um dos indicadores do Farol de Riscos, que é outra ferramenta utilizada pela empresa, essa ferramenta tem todos os indicadores relacionados à segurança e mede o risco de cada área operacional. De acordo com o desempenho da área em cada indicador, é gerada uma pontuação final referente aos riscos da empresa, tanto risco ferroviário, quanto pessoal.

4.2 MAPEAMENTO DAS INSPEÇÕES

As inspeções dos pátios são realizadas pelos rondas, inspetores de pátio e por gestores responsáveis da área. No momento em que ocorre a contratação ou promoção para os determinados cargos, esses colaboradores passam por uma série de treinamentos que os capacita para exercer a função de inspecionar e identificar possíveis anomalias que geram risco de acidentes com os ativos da empresa e/ou com os colaboradores, ao longo da via.

Na empresa estudada, existem documentos que são publicados para todos os colaboradores que servem como auxílio do funcionamento dos programas e das atividades da empresa. Esses documentos são os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) que são relatórios que especificam quais são os procedimentos a serem tomados em cada situação e para muitos desses POPs, são realizados treinamentos presenciais ou online com avaliação do assunto e dependendo do desempenho do colaborador, caso necessário, há exigência de um novo treinamento.

Os treinamentos são atividades institucionalizada na empresa e tem como missão o autodesenvolvimento para capacitar e direcionar as pessoas a melhor forma de se portar perante situações adversas ao exercer suas funções. E a cultura de treinamentos é um princípio importante de interesse da alta administração e é de grande valia para a organização sendo fundamental para o desenvolvimento dos colaboradores e a chefia que visam a maior produtividade, melhores resultados. Então a qualificação e o desempenho das equipes devem ser priorizados (MATTOS, 1999 *apud* MARQUES, 2004).

Na empresa do presente trabalho o treinamento mais importante para os colaboradores com cargo operacional é o treinamento no Regulamento de Operação Ferroviária (ROF). Este colaboradores possuem os cargos com maior exposição ao risco, pois lidam diretamente com as operações ligadas ao trem e a via ferroviária, que são os maquinistas, auxiliares, técnicos de manutenção, entre diversos outros

O Regulamento de Operação Ferroviária estabelece as regras de operação ferroviária de circulação e manobra de trens em locais de responsabilidade da empresa que são controlados pelo Centro de Controle Operacional (CCO). Além das linhas principais, o CCO também monitora os pátios da empresa, os terminais de clientes e as oficinas de manutenção. O cumprimento do regulamento garante a segurança do homem, da comunidade, do meio ambiente e dos ativos da empresa (SUDOP, 2015).

Cada colaborador com cargo operacional que realiza o treinamento, adquire um ROF para consultar durante suas atividades na empresa, pois são muitas regras de segurança a serem cumpridas e para um acesso fácil, é distribuído o livro do ROF impresso, diferente dos outros procedimentos da empresa que ficam disponíveis no sistema *online* para consulta.

O treinamento mais direcionado para os cargos que exercem inspeção é do Procedimento Manual do Ronda, que tem todas as regras a serem seguidas para uma boa inspeção e pontos de atenção mais comuns e mais importantes de detectar durante a ronda ao longo da via. Após o treinamento é feita uma prova para avaliar a absorção do conhecimento da teoria tratada ao longo do treinamento e só com uma boa avaliação é direcionado a próxima etapa.

Além do treinamento teórico de possíveis casos que podem acontecer ao longo da inspeção, tem o acompanhamento com um colaborador experiente na função que passa uma visão real dos desgastes dos componentes e como classificar o grau de comprometimento do

componente e os riscos que aquele desgaste está gerando para o bom desempenho da malha ferroviária.

Além do Manual do Ronda existem outros procedimentos e materiais que ajudam no aperfeiçoamento da detecção de possíveis perigos ao longo da malha que necessitam de manutenção. E uma boa inspeção e boa classificação do risco são fundamentais para um bom plano de manutenção que mitigue os riscos e o prejuízo de um acidente.

A empresa busca trabalhar com a manutenção preditiva e preventiva. Sendo a preditiva na grande maioria, pois é avaliando as condições em que os componentes estão operando para a priorização da troca e de forma preventiva em locais críticos da malha, que seria muito prejudicial qualquer tipo de ocorrência no local. Assim a manutenção é feita em tempos pré-determinados para assegurar esses locais, mas os componentes trocados, são avaliados e podem ser reutilizados em zonas de menos riscos e movimentações como por exemplos nos pátios.

Já os pátios que são o enfoque deste trabalho, o plano de manutenção é feito de forma preditiva com priorização dos componentes mais degradados e com maior risco de ruptura, pois o maior investimento em manutenção, é feito em linha corrida, que são as linhas principais que recebem maiores movimentações e é a parte mais rentável da empresa. Com isso, os pátios são deixados em segundo plano e tem menor repasse de investimento para tratar as anomalias, o que torna ainda mais importante uma boa avaliação das anomalias encontradas nas linhas dos pátios.

Durante a inspeção, o colaborador anda pelo pátio observando cada componente da malha para verificar as condições. Porém, existem algumas anomalias específicas que dependem muito da experiência do inspetor para ser detectada, como por exemplo, o problemas de bitola, que pode ser o desvio de bitola aberta ou fechada, que é um dos fatores que mais contribuem para ocasionar um descarrilamento na linha férrea. Muitas vezes o desvio pode passar despercebido pelo inspetor, pois sem nenhum equipamento ele precisa identificar a ocorrência do desvio de tamanho da bitola naquele local para assim colocar a régua de medição padrão utilizada durante as inspeções, e pequenas alterações de tamanho pode não ser identificada e gerar o descarrilamento de algum ativo. E existe um equipamento para a medição de bitola, o Trolley, que passam pelas linhas dos pátios críticos da empresa pelo menos uma vez ao ano, fazendo toda a medição do tamanho da bitola dessas linhas. Porém, a empresa tem apenas três ativos desse modelo para as centenas de pátios.

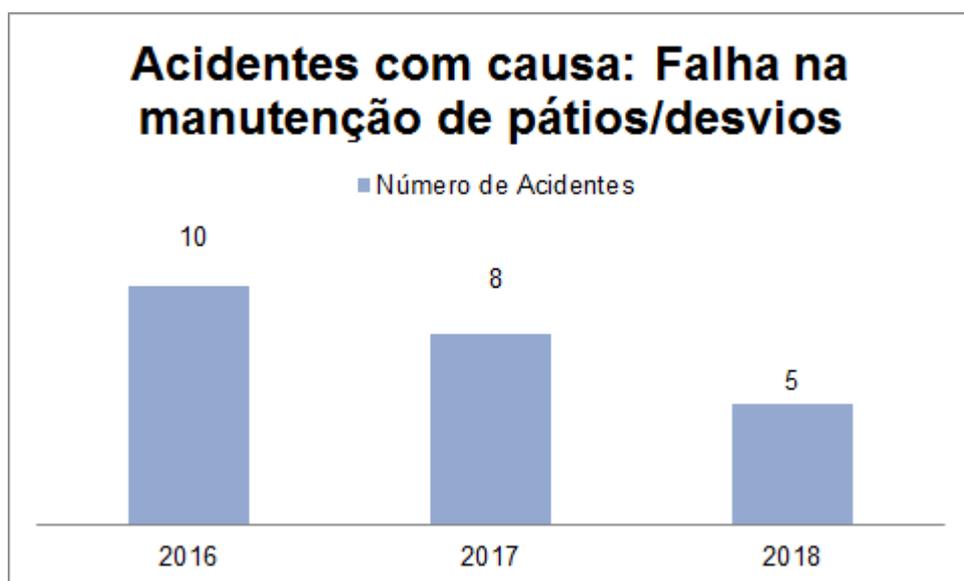
Com o treinamento e a experiência das inspeções os responsáveis percorrem os pátios detectando as anomalias e classificando-as de acordo com a degradação e o risco de acidente, para garantir a confiabilidade da malha e dos ativos da empresa.

4.3 ACIDENTES COM CAUSA: FALHA NA MANUTENÇÃO DE PÁTIOS/DESVIOS 2016 - 2018

Todos os acidentes ferroviário e pessoais que acontecem na empresa, passam por uma minuciosa investigação para chegar na causa principal da ocorrência, assim se traça as ações para evitar que acidentes como esse aconteça novamente. No presente trabalho será apresentada a análise dos acidentes classificados pela investigação com a causa de falha na manutenção de pátios / desvios, essa classificação é encontrada usando a ferramenta dos cinco por quê.

O período de análise das ocorrências ferroviárias abrange de 2016 a 2018. Nesse intervalo de tempo foram registrados 23 acidentes ferroviários cuja causa foi identificada com falha na manutenção de pátio e desvios. O Gráfico 3 mostra a quantidade de acidente entre os anos analisados. É possível analisar o decréscimo ao longo dos anos, tendo uma redução de 20% de 2016 para 2017 e uma redução de 37,5% de 2017 para 2018.

Gráfico 3 - Acidentes Ferroviários de 2016 a 2018



Fonte: Elaborado pela autora

No ano de 2016 dos 10 acidentes ferroviários em pátio com a causa em análise, 40% foi no estado de São Paulo, 40% no estado do Rio de Janeiro e 20% em Minas Gerais. E no ano de 2017 em São Paulo reduziu pela metade do ano anterior tendo 2 (25%) ocorrências durante o ano, assim como em Minas Gerais tendo 1 (12,5%) ocorrência, metade do ano anterior, já o Rio de Janeiro aumentou 25% em relação a 2016 com 5 (62,5%) ocorrências. Já em 2018, São Paulo teve uma (20%) ocorrência, Minas Gerais e Rio de Janeiro duas (40%) ocorrências cada, conforme o Gráfico 4.

Gráfico 4 - Acidentes Ferroviários por Estado



Fonte: Elaborado pela autora

Ao analisar a causa de cada acidente nesse período, foi possível identificar que dos 23 acidentes ocorridos, a maioria não havia sido detectado durante as inspeções programadas e realizadas nos pátios, cerca de 70% das anomalias não foram apontadas como é possível verificar na Gráfico 5. Com isso, esses defeitos da via não entraram no plano de manutenção do local, não sendo possível a reparação antes de ocorrer o acidente.

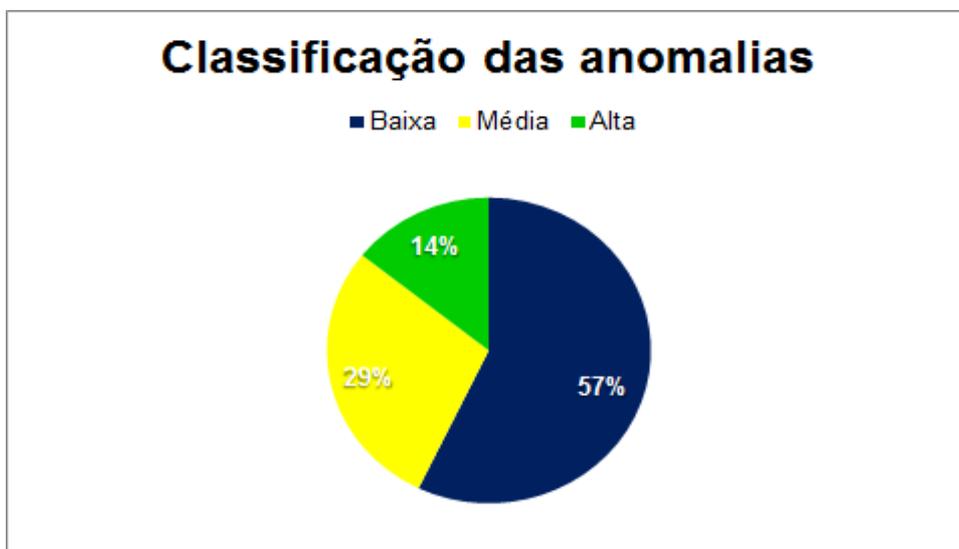
Gráfico 5 - Detecção das anomalias antes da ocorrência dos acidentes



Fonte: Elaborado pela autora

Dos 30 % (7) que foram detectados o defeito da via antes de ocorrer o acidente, apenas uma anomalia havia sido classificada com prioridade alta de reparo, que acaba sendo um outro ponto que atrapalha no plano de manutenção, pois as outras anomalias detectadas tiveram suas classificações como média (2) e baixa (4), sendo 57% da priorização dos defeitos de via são classificados com prioridade baixa. Essa relação fica mais visual ao analisar o na Figura 20.

Gráfico 6 - Classificação das anomalias que foram encontradas antes do acidente



Fonte: Elaborado pela autora

Em 2016, dos 10 acidentes que ocorreram, apenas 4 teriam solicitações de serviço aberta durante inspeções nos pátios, sendo 2 de prioridade baixa e 2 de média. O acidente que aconteceu em fevereiro de 2016, tinha uma SS com prioridade baixa aberta a 34 dias, dentro do prazo de segurança estipulado pelo PSM, a outra anomalia classificada como baixa foi do acidente que aconteceu em outubro de 2016, e a SS foi aberta 13 dias antes da ocorrência, já as anomalias médias, uma foi relacionada ao acidente de outubro e a SS tinha sido aberta a 32 dias e também estava dentro do prazo de segurança do programa, e a outra ocorrência com SS média, foi em novembro e a anomalia foi detectada 35 dias antes.

No ano de 2017, o acidente ocorrido em abril, teve o defeito detectado em março classificada como baixa, 40 dias antes, e a ocorrência de junho tinha a SS com criticidade baixa e aberta por 32 dias e o único classificado como alta resolveu um dos problemas do local, mas não foi o suficiente para sanar todos os problemas e acabou ocasionando o acidente. Já em 2018, nenhuma das cinco ocorrências do ano foi identificada antes do acidente acontecer.

Desta forma, é de fundamental importância que os responsáveis pelas inspeções se conscientizem da importância do seu trabalho para o bom funcionamento e crescimento da empresa e para a segurança dele e dos demais colaboradores e pessoas que podem se envolver em algum acidente pela falha da detecção de defeitos.

As empresas precisam revisar os treinamentos que estão oferecendo aos seus funcionários, se o que está sendo abordado é o que realmente acontece quando estão atuando, revisar o procedimento e garantir que seja feito por pessoas capacitadas e especializadas na parte prática de inspeção, com bagagem suficiente de possíveis anomalias.

Muitas vezes os colaboradores contratados para exercer funções de inspeção, não tem a capacidade técnica de conhecimento da ferrovia e das suas peculiaridades e acaba que a falta desse conhecimento técnico compromete o desempenho na análise dos componentes de via. E essas análises acabam sendo superficiais e geram riscos na malha. Além da falta de capacitação, outro problema que se pode destacar na análise superficial são os ruídos do ambiente, como calor excessivo, chuva, entre outros fenômenos da natureza que não se tem controle.

Como em várias partes da empresa, a alta e média gerencia devem ser atuantes e analíticos quando se refere aos desempenhos da empresa como um todo, e isso só é possível com a cobrança de resultados dos colaboradores em suas funções. E é prejudicial ao desempenho a tolerância da média gerencia em função dos resultados apresentados pelos colaboradores.

Sendo assim, para o bom funcionamento das empresas, que necessitam do elevado desempenho dos colaboradores para uma melhor entrega para seus clientes, é preciso aplicar um eficiente sistema de avaliação de desempenho, pautado no resultado técnico do serviço executado pelo inspetor e demais responsáveis pela função de assegurar o bom desempenho da malha ferroviária.

5. CONCLUSÕES

Avaliou-se nessa pesquisa a importância de uma boa inspeção para um plano de manutenção eficiente que visa assegurar a confiabilidade da malha e a prevenção de acidentes. Através do estudo realizado pode-se identificar fatores durante a inspeção que demonstraram ter maior relevância no que tange a segurança da malha ferroviária.

Dentro da visão da gestão de manutenção das empresas, muitos autores mencionaram que hoje a empresa vê como uma das estratégias para estar à frente dos seus concorrentes no mercado um bom plano de manutenção, por gerar economia devida a menor falha de componentes e confiabilidade do funcionamento.

Em relação aos acidentes com falha na manutenção de pátios e desvios, o principal motivo dos acidentes em pátios nos anos de 2016, 2017 e 2018 classificados com essa causa, não foram identificados durante as inspeções dos pátios, com isso não foram possíveis serem programadas dentro do plano de manutenção dos locais das ocorrências.

Ao realizar uma boa inspeção, identificando as anomalias e as classificando com a real necessidade de reparo, permite que os responsáveis pela gestão de manutenção consigam priorizar os recursos que são limitados, principalmente por se tratar de pátios e não de linha corrida da empresa, para as anomalias que mais geram riscos e compromete a confiabilidade das linhas dos pátios.

Com base nos resultados apresentados, os principais fatores das causas de acidentes classificados como falha na manutenção de pátios e desvios, dentre os acidentes analisados, são as falhas durante a inspeção para a detecção das anomalias da via, e no momento de classificar os defeitos encontrados. Com isso, comprometem a elaboração do plano de manutenção e acaba ocorrendo os acidentes que causam paralisação da circulação, atraso das entregas, interdita locais de manobras e causa prejuízos para a reparação dos locais, quebra de prazos em contrato, diminuição da confiabilidade, entre outros prejuízos.

Desta forma, como os principais fatores de sucesso associado a este estudo, dentro das ocorrências analisadas, pode citar a necessidade de maior treinamento e acompanhamento dos responsáveis por fazer as inspeções e um maior comprometimento dos profissionais no momento de execução do trabalho que é de grande valia para a estratégia da empresa e para a confiabilidade da malha e segurança dos colaboradores, e é de grande valia para a segurança a aquisição de mais equipamentos que realizam inspeções, pois os seres humanos são mais

suscetíveis a erro e não conseguem detectar falhas minuciosas como os equipamentos eletrônicos.

Além disso, é muito importante que exista um eficiente sistema de avaliação de desempenho dos responsáveis pela inspeção de acordo com o resultado técnico do serviço e que a média gerencia cobre se comprometa com a fiscalização das tarefas desses colaboradores.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L.T. **Inspeção de via permanente: um fator determinante no processo de direcionamento da manutenção ferroviária.** Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2011.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade.** 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>> Acesso em 10 abr. 2019.

ANTF, **Número de acidentes cai 85%.** 2017. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/releases/o-meio-ambiente-agradece/>>. Acesso em: 17 abr 2018.

AUGUSTO, O. Greve dos caminhoneiros evidência dependência do país nas rodovias. Correio Braziliense 3 jun. 2018 Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/06/03/internas_economia,685730/rodovias.shtml>. Acesso em: 30 jun. 2018.

CALEGARI, L. **O querem os caminhoneiros em greve,** 24 de maio 2018 Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/o-que-querem-os-caminhoneiros-em-greve/>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

DALEPRANE, O. B. **Estruturação de um plano de contingência para o serviço de transporte ferroviário de carga.** 2007. Rio de Janeiro.

DÂNGELO, B. **Carro controle faz vistoria completa das condições de vias férreas.** 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/29/artigo292644-2.aspx>>. Acesso em: 16 mai 2019.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** 1. ed. São Paulo: Campus-Elsevier, 2009.

GROOVER, M. **Automação industrial e sistema de manufatura.** 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. .

GRUPO MÁQUINA PR. **Retrato da Segurança Viária no Brasil,** 2014. Disponível em: <<http://iris.onsv.org.br/iris-beta/downloads/retrato2014.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2018.

HENRIQUES, C.F. **Manutenção de via permanente com foco na produção.** 2016. Rio de Janeiro.

HONG, W. **Aplicação do método de análise de riscos ao estudo de descarrilamento.** 2011. São Paulo.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark ; Petrobrás, 2009. .

LANGONI, R. A. R.. **Metodologia para análise operacional de pátios ferroviários de classificação**. p. 64 , 2006. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia.

LÉLIS, E. C. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Person Prentice Hall, 2012.

LOBO, A. **Modal ferroviário registra maior resultado na história**, 2018 Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/tag/transporte-ferroviario-de-carga/>>. Acesso em: 16 maio 2018.

MACÊDO, F. B. **Estudo Do Desgaste De Trilhos Ferroviários**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

Manutenção ferroviária. **Mecânica Industrial**. [S.l: s.n.], 2016 Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/842-manutencao-ferroviaria/>>. Acesso em: 17 abril 2018.

MAROCCO, G. S. **A importância da manutenção produtiva total na melhoria contínua do processo: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

MARQUES, A. S. **A importância do treinamento da alta administração na implantação de sistemas de gestão**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva: caminho para zero defeitos**. 1. ed. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

NABAIS, R. J. S. **Manual básico de engenharia ferroviária**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2014.

NETO, J. C. S. **Implementação do controle de manutenção**. Amazonas: Revista Club de Manutenimento, 2002.

NUNES, E. L.; VALLADARES, A. **Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de Energia Elétrica**. 2008. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/7805434-Gestao-da-manutencao-e-do-conhecimento-como-estrategia-na-instalacao-de-unidades-geradoras-de-energia-eletrica.html>>. Acesso em: 9 nov. 2018.

OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 8, n. 3, p. 53-69, jul./set. 2012.

OLIVEIRA, W. **Como mapear o processo passo a passo em 11 etapas simples**, 19 de janeiro 2018. Disponível em: <<https://www.heflo.com/pt-br/bpm/como-mapear-processos-passo-a-passo/>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

PALADINI, E. P.. **Gestão da Qualidade: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004. .

SARMENTO, A. C. M. **Satisfação do cliente**. 2009. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais.

SOARES, H. **Globalização do sistema de manufatura baseado nas estratégias de melhoria contínua em uma empresa do setor automotivo**. Dissertação (mestrado em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

SILVA, E. T. F. **Análise da evolução dos defeitos de bitola na via permanente da MRS para planejamento de intervenções preditivas de manutenção**. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, T. S. S. **Inspeção e reabilitação de Infraestruturas Ferroviárias, 2012**. Portugal: Universidade Nova de Lisboa.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SUDOP. **Regulamento de Operação Ferroviário, 2015**. VALEC - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. 1. ed. São Paulo: Instituto Iman, 1993.

TODELO, J. C. *et al*, **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro : LTC,2017.

TONDATO, R. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso na indústria gráfica**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

TURRIONI, J. B. MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. UNIFEI: [81], 2012.

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 autoral¹ e criminais previstas no Código Penal², além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 05 de dezembro de 2019.

Mariana Silva Nassif Bulheiro
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201249054
Matrícula

Mariana Silva Bulheiro
ASSINATURA

088.730.446-03
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.

Repositório Institucional



Termo de Autorização para publicação de trabalhos acadêmicos em formato eletrônico no Repositório Institucional Digital da Produção Científica e Intelectual da UFJF

1. Identificação da material bibliográfico: () Tese () Dissertação
 TCC graduação () TCC Especialização

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor: Mariana Silva Nassif Bilheiro
 Matrícula: 201249054 CPF: 088.730.44603 Telefone fixo _____
 Telefone celular: (32) 992944700 E-mail: mariana.nassif@engenharia.ufjf.br
 Nome do orientador: Alvin Henrique Dias Alves
 Título do trabalho: Análises da Qualidade das Inspeções Técnicas para Melhoria da Segurança na Malha Ferroviária
 Co-orientador: _____
 Membros da Banca: Clarice Breniglieri Porto e Roberta Carvalcanti Pereira Nunes
 Pós Graduação Stricto Sensu (Mestrado e Doutorado)
 Programa: _____ Curso: _____
 Área do Conhecimento: _____ Palavras-chave: _____
 Data da defesa: ___/___/___

Pós-graduação Lato Sensu (especialização)

Curso de Pós-Graduação: _____
 Área do Conhecimento: _____ Palavras-chave: _____
 Data da defesa: ___/___/___

Graduação

Curso: Engenharia de Produção Data da defesa: 18/11/2019
 Área do Conhecimento: Gestão e Otimização
 Palavras-chave: Inspeção; Manutenção; Acidente Ferroviário

3. Agência (s) de fomento (se houver):

4. Licença de uso

Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo o Centro de Difusão do Conhecimento da Universidade Federal de Juiz de Fora a disponibilizar a obra no Repositório Institucional gratuitamente, de acordo com a licença pública *Creative Commons* Licença 4.0 Internacional por mim declarada sob as seguintes condições.

Permite uso comercial de sua obra? () Sim (x) não

Permitir alterações em sua obra? () sim () sim, desde que outros compartilhem pela mesma licença (x) não

A obra continua protegida por Direitos Autorais e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

4. Informação de acesso ao documento:

Liberação para publicação: (x) Total () Parcial

A restrição (parcial ou total) poderá ser mantida por até um ano a partir da data de autorização da publicação. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à PROPP ou PROGRAD. Em caso de publicação parcial, o embargo será de 12 meses. Especifique o (s) arquivo(s) capítulo(s) restritos:

Declaração de distribuição não-exclusiva

O referido autor:

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Federal de Juiz de Fora os direitos requeridos por esta licença e que esse material, cujos direitos são de terceiros, está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdos do documento entregue.

c) Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a UFJF, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo contrato ou acordo.

Assinatura do autor

Data 05/12/2019