



24ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA



5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

REDUÇÃO DO NÚMERO DE FALHAS DO SISTEMA DE FRENAGEM DOS VAGÕES DA EFC

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

RESUMO

A redução das falhas no sistema de freio implica diretamente no aumento da confiabilidade dos vagões responsáveis pelo transporte de minério de ferro e carga geral, melhoria na segurança operacional ferroviária, diminuição das perdas operacionais relacionadas à interrupção do transporte e redução dos retrabalhos de manutenção.

Neste artigo será apresentado um estudo de caso para os vagões da EFC (Estrada de Ferro Carajás) utilizando a metodologia Seis Sigma e práticas do Lean Manufacturing. A problemática será desenvolvida em conformidade com as estratégias de produção da empresa, mapeamento e quantificação das características críticas para confiabilidade do sistema de frenagem dos vagões, análise de dados utilizando ferramentas estatísticas avançadas para estabelecer as relações de causa e efeito e identificação das causas principais a serem tratadas a fim de propor melhorias no processo e assegurar que desvios futuros sejam eliminados antes de gerarem falhas.

Com a implantação das ações propostas no plano de ação, obteve-se redução no número de falhas do sistema de freio, aumento de confiabilidade dos vagões, ganhos financeiros com redução da necessidade de manutenções, além de melhorias em fatores qualitativos na equipe.

Palavras-chave: Análise de Falhas. Seis Sigma. Sistema de Freio. Vagões.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

1. INTRODUÇÃO

Em um período de aumento considerável na demanda de volume de carga, com aumento proporcional da circulação de trens, a confiabilidade dos ativos da ferrovia torna-se um fator crucial para atendimento do programa de transporte. Em face a este desafio, a estratégia de manutenção da empresa cada vez mais busca otimizar os processos, eliminar desperdícios e reduzir custos com peças, maquinários e mão de obra para manter os padrões de confiabilidade dentro dos limites satisfatórios.

Com a aplicação do Seis Sigma diversas causas de falhas até então desconhecidas foram identificadas mediante elaboração de diagramas de Ishikawa, *brainstorming*, correlação de dados de falhas, análise de cartas de controle, testes Qui-quadrado e capacidade do processo. Ao longo do estudo foram realizadas reuniões de trabalho e investigações em campo para avaliação e confirmação das hipóteses levantadas, onde pode-se propor de forma assertiva melhorias para reduzir a probabilidade de falhas e garantir a qualidade dos vagões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Sistema de Freio de Vagões de Carga

O sistema de frenagem dos vagões de carga tem evoluído progressivamente ao longo do tempo, principalmente em função da necessidade do aumento do volume de carga a ser transportada quanto pelas exigências de segurança operacional no setor ferroviário (Calloni, 2008).

Na sua forma atual, didaticamente pode ser dividido em três grandes subsistemas: Controle, Distribuição e Aplicação, conforme detalhado na Figura 1.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

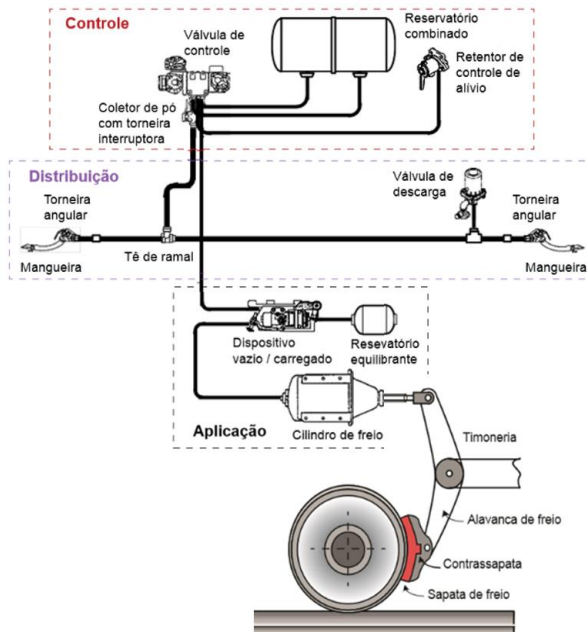


Figura 1 – Diagrama esquemático do sistema de freio de um vagão

Controle, responsável pela parte de comando operacional do propriamente dito. É composto pela **válvula de controle**, responsável pelo comando da distribuição de ar para o cilindro de freio ou para o reservatório auxiliar e pelo **reservatório de ar**, que por meio da diferença de pressão entre o reservatório e o encanamento central, faz o acionamento da válvula de controle.

Distribuição, representado principalmente pelo **encanamento central**, que faz a distribuição de todo ar comprimido liberado do reservatório das locomotivas ao longo da composição. Neste subsistema também estão presentes as **torneiras** e **mangueiras de acoplamento**.

Aplicação, onde está a parte de atuação, temos **cilindro de freio**, que é um embolo com uma haste que se move devido à força do ar comprimido na sua câmara interna e **timoneria de freio**, composta por um conjunto de alavancas mecânicas que transferem os esforços,

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

mediante o avanço da haste do cilindro de freio para aplicação de frenagem das sapatas contra as rodas (Calloni, 2008).

2.2. Metodologia Seis Sigma

Conforme Spina (2007), as técnicas abordadas no Seis Sigma têm contribuído para redução de custos e melhorias de processos e nas empresas. Este conceito corresponde a um conjunto de práticas para melhorar, sistematicamente, os processos ao eliminar as ineficiências e não conformidades de produtos e serviços.

A metodologia Seis Sigma está organizada em cinco diferentes etapas, estruturadas conforme o ciclo denominado DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), sendo muito utilizada por especialistas *Green Belts* e *Black Belts* na implementação de projetos para atendimento das metas definidas (PANDE et al., 2001).

Conforme Pande et al. (2001), o ciclo DMAIC evoluiu do PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) que foi criado na década de 20 por Walter A. Shewhart, e posteriormente disseminado por William Edward Deming. A partir dos anos 50 o ciclo PDCA passou a ser conhecido como "Ciclo Deming".

As etapas do DMAIC estão detalhadas conforme segue (WERKEMA, 2002):

- **Define (Definir):** detalhamento do problema a ser trabalhado, que deve ser prioritário à organização, e estabelecer a meta de melhoria relacionada a ele. Nesta etapa, deve-se determinar a importância de resolver o problema escolhido, o escopo do projeto e os membros da equipe que será formada para tratar o problema;

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- **Measure (Medir):** análise do fenômeno ou análise do problema para que as características do problema possam ser reconhecidas. Esta análise do fenômeno, realizada sobre os fins, consiste em investigar as características específicas do problema, com uma visão ampla e sob vários pontos de vista. Permite a localização do foco do problema e facilita a análise posterior de busca pelas suas causas;
- **Analyse (Analisar):** etapa de identificação das causas potenciais dos problemas priorizados na etapa de análise do fenômeno. Durante o levantamento das causas é possível que seja gerada uma lista bastante extensa de causas potenciais. Desta forma, pode ser importante realizar, com base no conhecimento técnico da equipe, uma priorização destas causas. Na sequência, as causas priorizadas devem ser quantificadas de modo a garantir que as causas a serem tratadas realmente sejam as de maior influência sobre o problema tratado;
- **Improve (Melhorar):** nesta fase é importante estabelecer um plano com ações assertivas para bloqueio das causas fundamentais priorizadas. As ideias de soluções devem ser levantadas por meio de *brainstorming* com os envolvidos no processo. Após o estabelecimento do plano de ação, é importante garantir que as ações propostas sejam implantadas com sucesso. O sucesso da implantação das ações também está altamente ligado ao acompanhamento efetivo da implantação das medidas que compõem o plano de ação, bem como contramedidas adotadas rapidamente no sentido de corrigir os desvios identificados;
- **Control (Controlar):** Após a implantação do plano de ação, os resultados referentes ao problema geral e problemas específicos devem ser apurados para verificação das

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

melhorias alcançadas no processo. Outro aspecto importante da etapa de verificação dos resultados é a mensuração dos ganhos proporcionados pelo projeto.

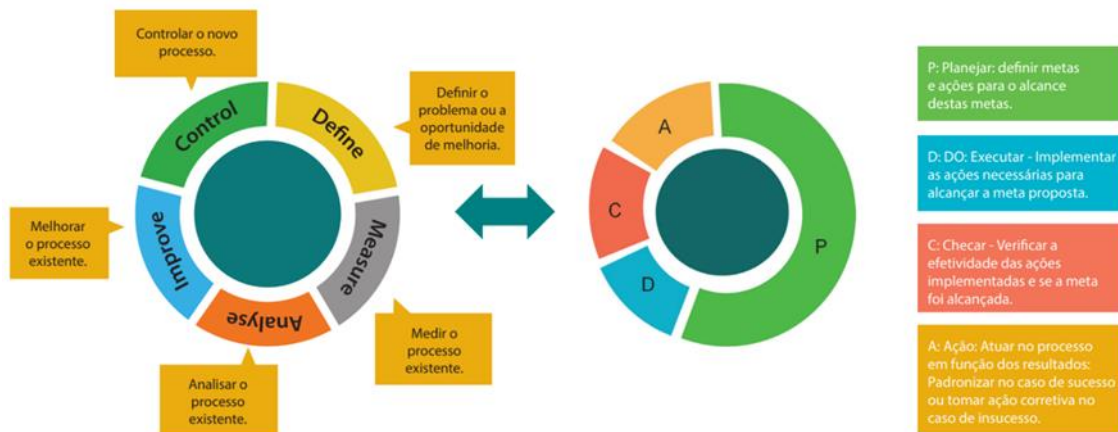


Figura 2 – Fases do DMAIC comparada com o PDCA

3. ESTUDO DE CASO

A pesquisa realizada neste artigo é exploratória, baseada em um estudo de caso sobre os vagões da EFC, parte integrante do TFPM (Terminal Ferroviário de Ponta da Madeira), em São Luís no estado do Maranhão. A metodologia usada foi de natureza aplicada, tendo objetivo exploratório, abordagem quantitativa e o método de um estudo de caso.

O projeto está classificado na categoria de *Black Belt* (Faixa Verde), sendo um problema de média complexidade, mas que exige aprofundamento analítico e estatístico. Está diretamente ligado às metas e alinhado com os objetivos estratégicos e problemas crônicos da área.

Serão apresentadas cada etapa do DMAIC aplicadas na redução do número de falhas do sistema de frenagem dos vagões de carga da EFC.

3.1. Definir

3.1.1. Detalhamento do Problema

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 3 abaixo apresenta o número de eventos do sistema de frenagem dos vagões das frota de minério e carga geral da EFC. Este indicador evidencia crescimento elevado no 1º quadrimestre de 2016, com ritmo de 213 eventos até o final do ano. Comparando com o mesmo período de 2015 isso significa um aumento de aproximadamente 16%.

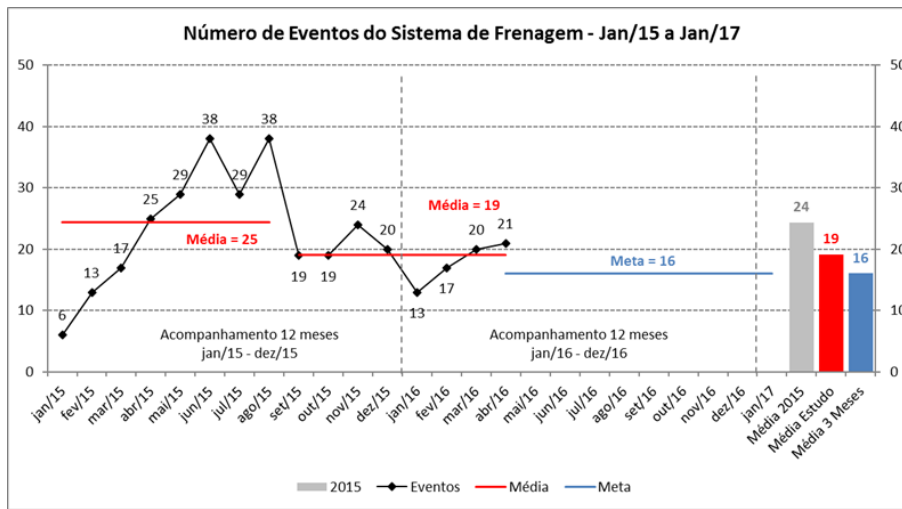


Figura 3 – Número de eventos do sistema de frenagem de jan/15 a jan/17

Observando-se o gráfico comparativo do MKBF¹ de vagões com o MKBF do sistema de freios, verifica-se que o MKBF de vagões tem crescido progressivamente muito em função da sustentação do MKBF do sistema de freio, uma vez que este representa 70% do total. Contudo, no primeiro quadrimestre de 2016 foi identificado certo ritmo de queda, o que certamente influenciará o MKBF de vagões, impactando no volume de minério de ferro a ser transportado no ano.

¹ Mean Kilometer Between Failure: quilometragem média entre falhas

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

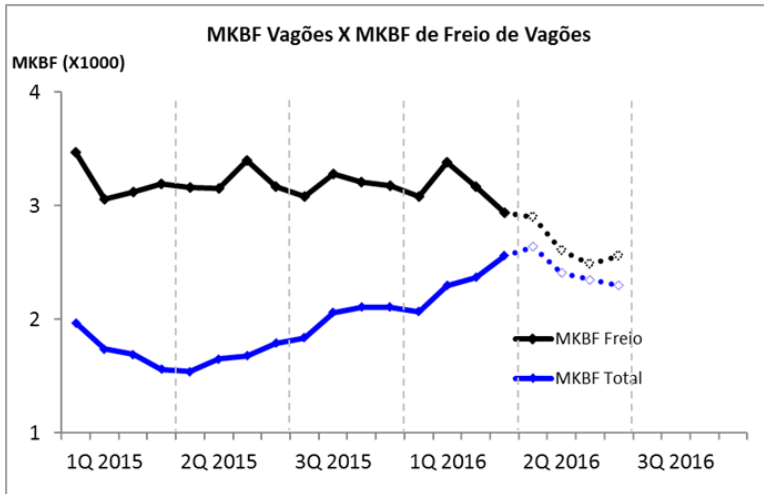


Figura 4 – Comparativo do MKBF de vagões com o MKBF do sistema de freios

Os gráficos da Figura 5 abaixo apresentam o comportamento dos indicadores relacionados ao sistema de frenagem dos vagões da EFC. Ritmo de aumento do número de falhas (Fig. 5a), média de retrabalhos elevada (Fig. 5b) e grande impacto em corretivas de válvulas (Fig. 5c) e (Fig. 5d), principal componente do sistema de freio.

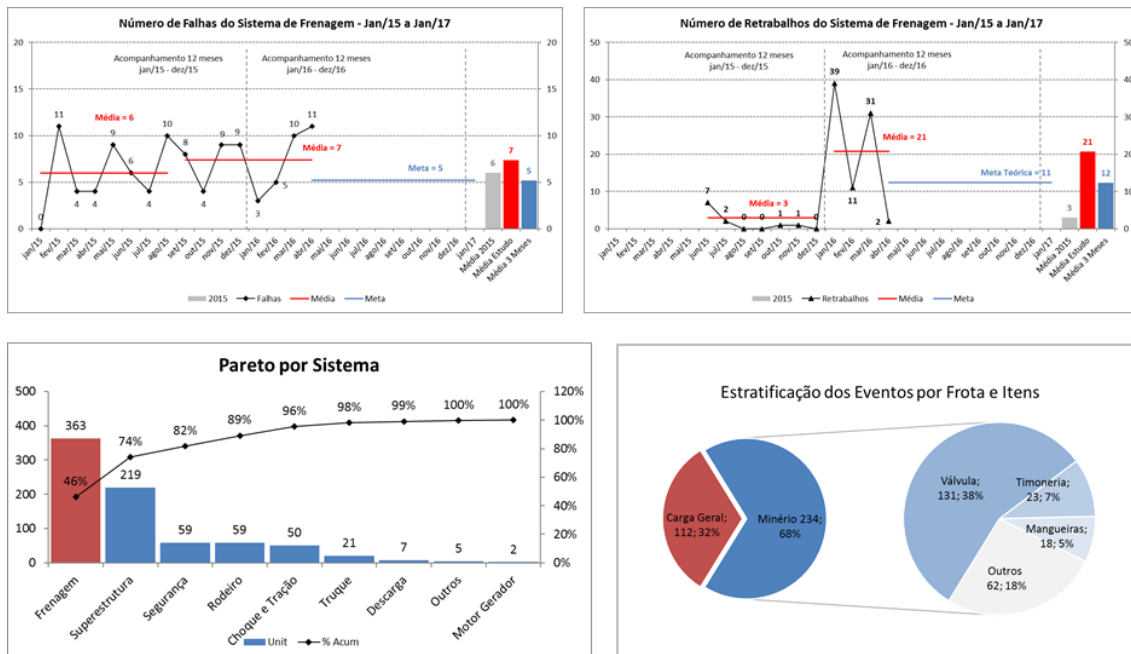


Figura 5 – Indicadores relacionados ao sistema de frenagem de vagões de carga da EFC

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3.1.2. Detalhamento do Indicador

Para o projeto serão considerados os seguintes indicadores:

- Número de Eventos no sistema de frenagem dos vagões da EFC (indicador principal);
- Número de Falhas no sistema de frenagem dos vagões da EFC.

A fórmula de cálculo definida será:

- Número de eventos no sistema de frenagem registrados no GPVF² causa Vagão.

3.1.3. Fonte de Dados

Os dados são basicamente informações de eventos de vagões, extraídas do sistema informatizado GPVF (Fig. 6). Dados inseridos mediante atendimento da equipe de *Help Desk*³ de vagões e posteriormente classificados conforme classe de falhas mediante análises para sinalização de origem no sistema de freios.

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.942 - Set/2016 - EFC	21/09/2016 01:55	21/09/2016 04:00	Q830	Q830	QLFTC001 QLPTC001	VAGÕES	HOT BOX / WHEEL	01H58MIN M011(854/820/856/745) MAQUINISTA JOSÉ MARTINS CIRCULANDO NO KM 810 ALARMOU RODA QUENTE NO CARRO 174, EIXO 700, RODA ESQUERDA 174 GRAUS, RODA DIREITA 313 GRAUS. 01H58MIN SOS QPA (FAGNER) ACIONADO. 02H41MIN MAQUINISTA JOSÉ MARTINS INFORMA QUE O VAGÃO 107069-0 ESTAVA COM TEMPERATURAS ELEVADAS NOS RODEIROS 1, 2, 3 E 4 DE 180 GRAUS, 140 GRAUS, 130 GRAUS E 145 GRAUS RESPECTIVAMENTE EM CADA RODEIRO LADO DIREITO. O VAGÃO ANTERIOR E POSTERIOR, O GDT107070-3 E O GDT151714-7, ESTAVA COM TEMPERATURA DE 32 GRAUS EM TODOS OS RODEIROS. AS SAPATAS ESTAVAM AGARRADAS. O NUMERO DO PIRÔMETRO ERAM 1397199 SEM DATA DE AFERIÇÃO. MAQUINISTA AGUARDOU O SOS QNV.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.953 - Set/2016 - EFC	21/09/2016 04:44	21/09/2016 07:06	QVM	QVM		VAGÕES	DEFEITO DE VAGAO	AS 04H44MIN M013(748/9009/864/742) O MAQUINISTA LAERCIO NA LOCAÇÃO 10 INFORMA QUE PARADO ENTROU EM EMERGENCIA ACUSANDO SEPARAÇÃO NA REMOTA C (854). AS 04H47MIN SOS QVM JOSÉ ALVES ACIONADO. 05H20MIN SOS QVM WENDERSON E RONALD EM DESLOCAMENTO. 05H33MIN SOS QVM CHEGOU AO LOCAL. AS 05H38 INICIOU A INTERVENÇÃO. AS 05H50MIN TERMINOU A INSPEÇÃO DA COMPOSIÇÃO E ENCONTROU OS VAGÕES GDT106793-1/GDT152746-1 COM AS MANGUEIRAS DE ACOPLAMENTO DO ENCANAMENTO GERAL SEPARADAS. SOS QVM ACOPLOU NOVAMENTE AS MANGUEIRAS E NORMALIZOU AS PRESSÕES DO TREM. 07H06MIN O MAQUINISTA INFORMA QUE REALIZOU TRÊS TESTES DO EG E NO FINAL DO TESTE APARECIA A MENSAGEM FALHA DE LINHA ANTES DA REMOTA B. O SOS QVM JÁ HAVIA INSPECIONADO A COMPOSIÇÃO E NÃO ENCONTROU VAZAMENTOS. SÓ APÓS O QUARTO TESTE FOI QUE O EG TESTE NORMALIZOU.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.983 - Set/2016 - EFC	21/09/2016 17:07	21/09/2016 19:25	QAL	QALAL QALAL		VAGÕES	DEFEITO DE VAGAO	17H27MIN FABIO PEREIRA INSPETOR DA OPERAÇÃO ACL. INFORMOU QUE VAGÃO HAT110398-9 QUE SERIA INCLuíDO NA COMPOSIÇÃO DO C001. ESTA COM FRISO MUITO FINO. O VAGÃO ENCONTRA-SE ISOLADO. NO SISTEMA WAYSIDES O VAGÃO NÃO TEM LETURA. AS 17H35MIN SOS HILDECHARLES ACIONADO. AS 18H29MIN SOS CLAUDIO PARTIU. AS 18H40MIN SOS NO LOCAL. ERIDSON FRAZÃO: 19H28MIN EM CONTATO COM CLAUDIO DO SOCORRO RODOVIÁRIO INFORMOU QUE O FRISO DO R20 DO VAGÃO110398-9 ESTAVA BASTANTE FINO (APÓS MEDIÇÕES CONSEGUIMOS UM VALOR DE REFERENCIA ENTRE 20-15 MM) E NESSE MESMO RODEIRO HAVIA CONTRASAPATA E CAVA BEM ACENTUADA. RECOMENDOU DEIXA-LO NO PÁTIO. CONCLUIDO INSPEÇÃO 19H35MIN. ANALISANDO AS FOTOS ENVIADAS RECOMENDO QUE O VAGÃO SEJA INSERIDO EM TREM PARA QVM ONDE SERÃO FEITAS AS CORREÇÕES, NÃO PODENDO SER LIBERADO PARA CARREGAMENTO, SOMENTE CIRCULAR PARA OFICINA EM QPM.

Figura 6 – Registro do evento de vagões no sistema informatizado GPVF

² Sistema informatizado para Gerenciamento da Produção Vale – Ferrovia.

³ Equipe especializada para atendimento remoto aos problemas de circulação na ferrovia.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3.1.4. Definição da Meta

Mediante avaliação do histórico do indicador do projeto, a meta foi definida pelo método da lacuna, tomando como base a regra geral de capturar metade da diferença entre o valor atual indicador e o seu melhor resultado no período de estudo. A meta geral estabelecida foi reduzir o número de eventos do sistema de frenagem dos vagões da EFC em 15,5% saindo de 19 para 16 até janeiro/2017 (Fig. 7).

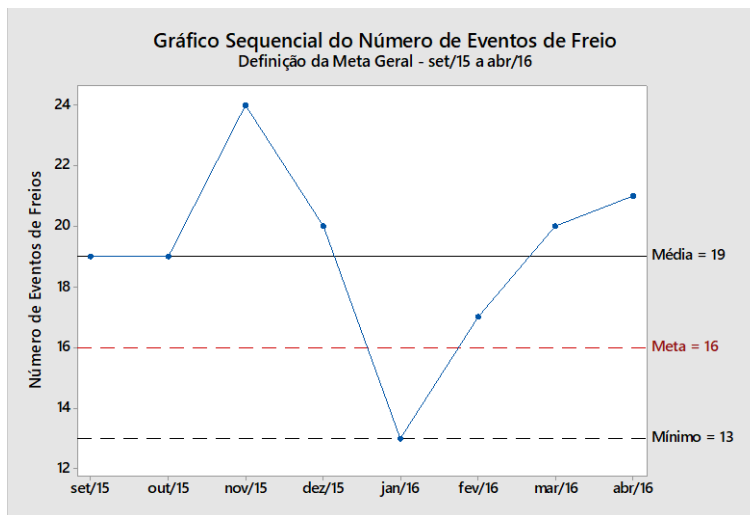


Figura 7 – Meta geral do projeto: reduzir o número de eventos do sistema de frenagem dos vagões da EFC em 15,5% saindo de 19 para 16 até janeiro/2017.

3.2. Medir

3.2.1. Análise do Fenômeno

Para facilitar o estudo do fenômeno, foi planejado a estratificação do problema utilizando os seguintes fatores: sistema do vagão, frota, componente, item, modo de falha. Os gráficos foram elaborados utilizando o software de análise estatística *Minitab*.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 8a apresenta que 46,9% dos eventos, para os dados analisados, foram no sistema de Frenagem dos vagões da EFC. Na Figura 8b, dos eventos no sistema de Frenagem, 55,6% foram em vagões da frota de Minério e 43,8% na frota de Carga Geral.

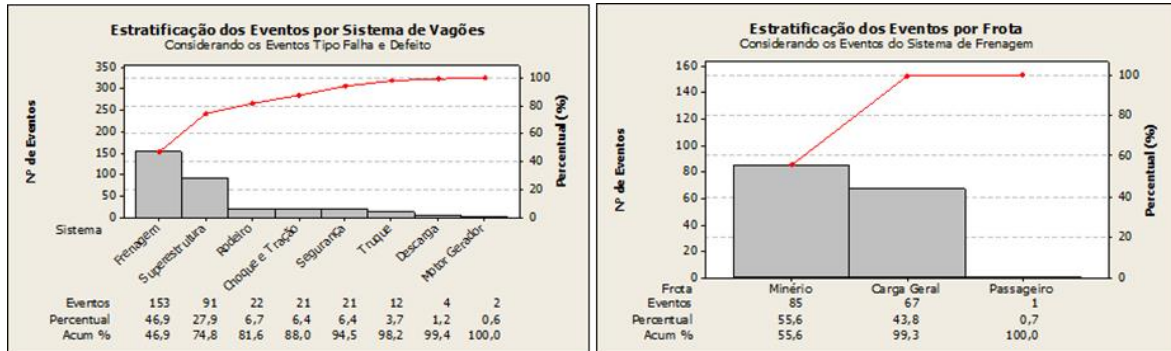


Figura 8 – Estratificação dos eventos do sistema de frenagem por frota de vagões

Aprofundando na estratificação dos dados, observou-se que os conjuntos Válvula, Timoneria, Mangueiras, Ajustador, Nada encontrado e Coletor de pó foram os que mais geraram eventos no sistema de Frenagem, considerando a frota de Minério. Somente o conjunto Válvula representou 48,0% dos eventos (Fig. 9a).

Também se observou que os conjuntos Válvula, Mangueiras, Ajustador, Encanamento geral e Nada encontrado foram os que mais geraram eventos no sistema de Frenagem, considerando a frota de Carga Geral. Somente o conjunto Válvula representou 42,0% dos eventos (Fig. 9b).

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

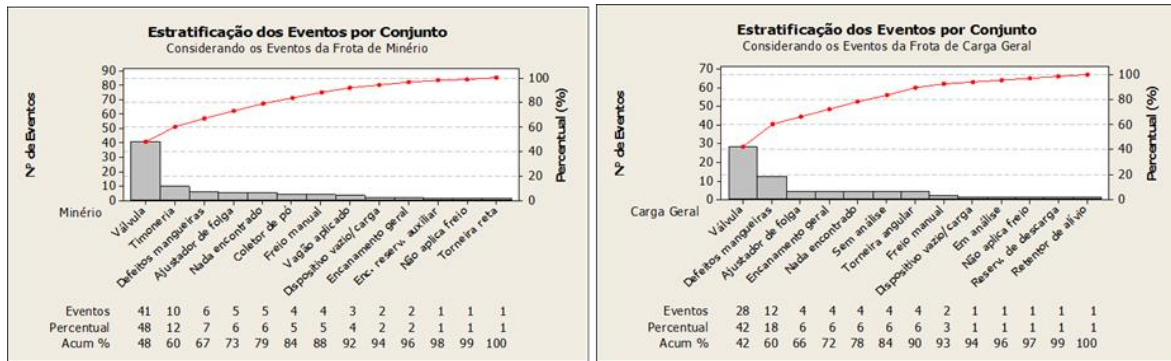


Figura 9 – Estratificação das frotas minério e carga geral

Os itens que mais apresentaram problemas foram: Nada encontrado, Diafragma e Alavanca móvel, para os conjuntos dos vagões da frota de minério (Fig. 10a) e (Fig. 10b). E os itens: Nada encontrado, Sem análise e Tubo mangueira para os conjuntos dos vagões da frota de carga geral (Fig. 11a) e (Fig. 11b).

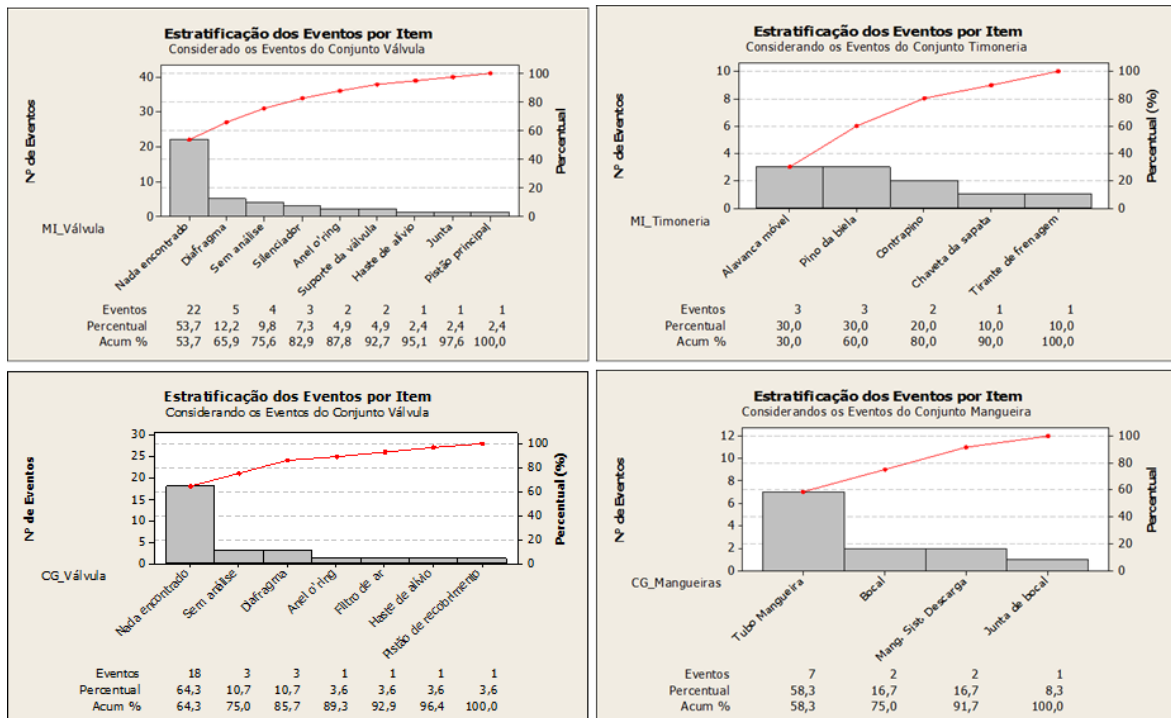


Figura 10 – Estratificação dos Conjuntos Válvula, Timoneria e Mangueira

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3.2.2. Análise de Variação dos Focos

Por meio do gráfico de *Boxplot* (Fig. 11) pode-se observar que o conjunto Válvula, da frota de Minério, apresentou número médio e desvio padrão maior. O conjunto Mangueira teve a menor média e variação. Observa-se que durante o período analisado, o número máximo e mínimo de eventos para os conjuntos foram, respectivamente, 0 e 10 para o Timoneria e Válvula. Pelo histórico mensal, observa-se que o conjunto Válvula apresentou maior número de eventos no período analisado.

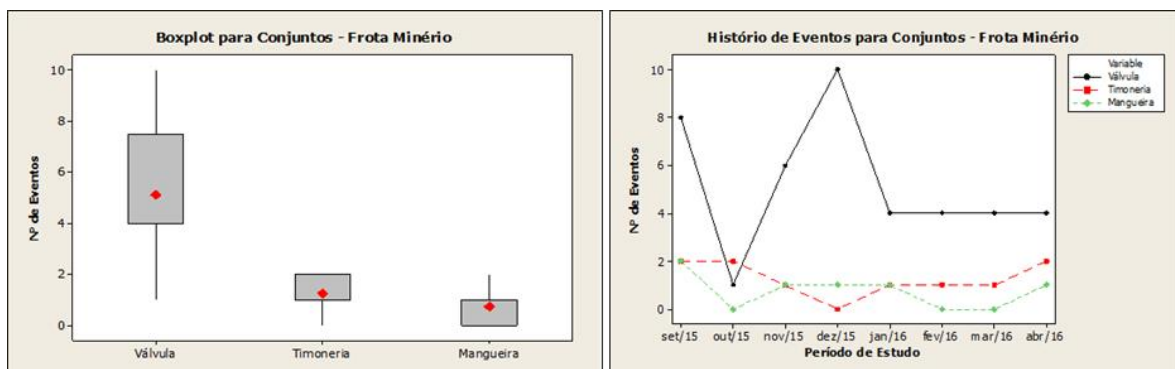


Figura 11 – Gráfico representando a variação dos focos do problema para frota minério

Na Figura 12 verifica-se que o conjunto Válvula, também apresentou número médio e desvio padrão maior. O conjunto Mangueira teve a menor média e variação. Observa-se que durante o período analisado, o número máximo e mínimo de eventos foram 0 e 6 para o conjunto Mangueira e Válvula, respectivamente. Pelo histórico mensal, observa-se que o conjunto Válvula apresentou maior número de eventos no período analisado.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

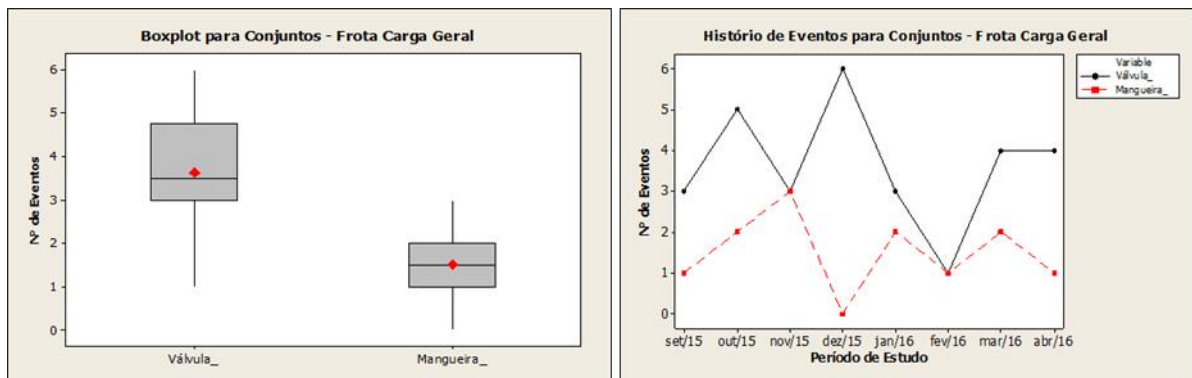


Figura 12 – Gráfico representando a variação dos focos do problema para frota de carga

3.3. Análise

3.3.1. Levantamento das Causas

Para cada um dos focos priorizados, foi elaborado em conjunto com a equipe do projeto os diagramas de Ishikawa⁴ como forma de mapear as possíveis causas para os problemas identificados (Fig. 13).

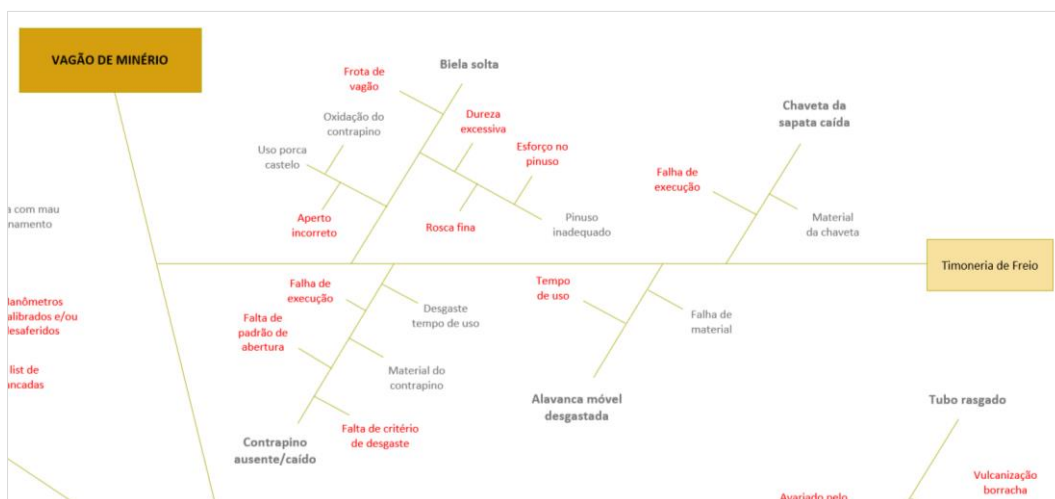


Figura 13 – Diagrama de Ishikawa para o conjunto Timoneria

⁴ Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de peixe. Serve para representar a relação entre um “efeito” e suas possíveis “causas”.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3.3.2. Priorização das Causas

Após mapeamento das causas foi elaborada uma matriz de priorização, considerando os critérios de impacto, saúde e segurança, agilidade na atuação e autonomia (Fig. 14).

PRIORIZAÇÃO DAS CAUSAS								
Problema em Válvulas	Problema na Timoneria	Problema em Mangueiras	Descrição da Causa	Critérios de Priorização				Total
				Impacto	SS&MA	Atuação rápida	Autonomia	
			Peso do Critério	10	8	7	5	Priorizado >= 100
x			Programação de vagões em turno fora da confiabilidade	5	0	5	5	110
x			Programação de vagões sem acordar com confiabilidade	5	0	5	5	110
x			Programação de vagões de análise para SRV antes	5	0	5	5	110
x			Programação de vagões	5	0	5	5	110
x			Fluxo de retenção de	5	2	4	4	114
x			Não envio do relatório	5	0	5	4	105
x			Falta local para rece	4	1	4	5	101
x			Falta de recursos para análise no pátio	2	2	2	3	65
x			Falta de sinalização de componente	5	0	5	5	110
x			Falta de capacitação em RCA	5	0	4	5	103

Critérios de priorização

1 – Impacto
2 – SS&MA
3 – Rapidez
4 – Autonomia

Ponte de Corte
≥ 100 pontos

Figura 14 – Matriz de priorização das causas a serem tratadas

3.3.3. Comprovação das Causas

Após identificação na matriz de priorização, cada possível causa foi avaliada e comprovada por meio de análises estatísticas, inspeções de processo, ensaios de dureza, simulação de esforços e análise de materiais. A Figura 15 detalha algumas causas comprovadas.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

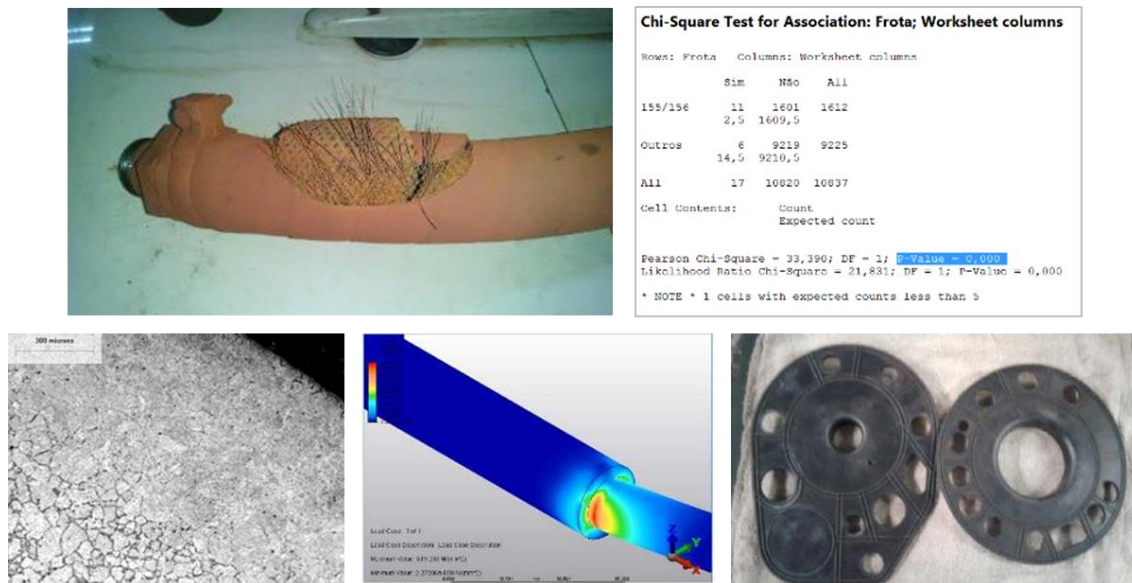


Figura 15 – Detalhe dos estudos para comprovação das causas levantadas

3.4. Melhorar

3.4.1. Estabelecimento do Plano de Ação

Mediante as causas prioritárias comprovadas foi estabelecido um plano de ação (Fig. 16) elaborado conforme a metodologia 5W2H para implementação das melhorias elencadas. Este plano foi apresentado e validado com o gerente de área e os supervisores de manutenção, sendo acordado os prazos e responsáveis para execução da ações.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

PLANO DE AÇÃO 5W2H - LARGA ESCALA

Problema em Vácuos	Problema na Timoneira	Problema em Mangueiras	Causas a Serem Tratadas	Soluções a serem Implementadas	What? (O que?)	Who? (Quem?)	When? (Quando?)	
x			Programação de vagões em turno fora da confiabilidade	Acordar que as programações de vagões sejam definidas junto ao responsável pela análise, no horário e local adequados	Alinhar com programadores que as programações de vagões sejam definidas junto ao responsável pela análise, no horário e local adequados	Diego Freitas	09/09/2016	Ev tur
x			Programação de vagões sem acordar com confiabilidade	Acordar que as programações de vagões sejam definidas junto ao responsável pela análise, no horário e local adequados	Alinhar com programadores que as programações de vagões sejam definidas junto ao responsável pela análise, no horário e local adequados	Diego Freitas	09/09/2016	Ev tur
x			Programação de vagões de análise para SRV antes	Programar vagões de análise antes de ir para a SRV	Alinhar com programadores as programações de vagões de análise antes de ir para a SRV	Diego Freitas	09/09/2016	Ev an
x			Programação de vagões sem sem especialista no horário	Acordar que as programações de vagões sejam definidas junto ao responsável pela análise, no horário e local adequados	Alinhar com programadores que as programações de vagões sejam definidas junto ao responsável pela análise, no horário e local adequados	Diego Freitas	09/09/2016	Ev se
x			Fluxo de retenção de vagões de análise desatualizado	Acordar fluxo de retenção de vagões de análise	Alinhar com programadores fluxo de retenção de vagões de análise	Diego Freitas	09/09/2016	Ev do
x			Não envio do relatório de análise de componentes	Fazer ANS para envio de relatório de análise com modelo padrão	Fazer ANS com o Freio para envio de relatório de análise com modelo padrão	Diego Freitas	16/09/2016	Ev rel co
x			Falta local para recebimento de componentes de análise	Definir local para recebimento de componentes de análise	Alinhar com o Freio um local específico para recebimento de componentes de análise	Diego Freitas	16/09/2016	Te de an
			Falta de sinalização de componentes de		Ativar atenuas de identificação dos componentes de freio			Fu

Figura 16 – Plano de ações elaborado conforme metodologia 5W2H

Para acompanhamento das medidas a serem implementadas foi definido uma rotina semanal de acompanhamento da execução das ações, sendo criado um relatório gerencial com o *status* e curva S para verificação da aderência ao plano. Os desvios na implementação foram acompanhados via 3 Gerações⁵. Todos envolvidos na implantação das ações passaram por capacitação e orientação.

3.5. Controlar

3.5.1. Verificação dos Resultados

Nesta etapa verifica-se o atingimento das metas estabelecidas. A Figura 17 apresenta o histórico de redução dos eventos do sistema de frenagem dos vagões de carga após setembro de 2016, período após implementação das ações definidas.

⁵ Forma de gerenciamento de ações onde são avaliados a realização, pontos problemáticos e propostas de novas ações para contorno dos desvios.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

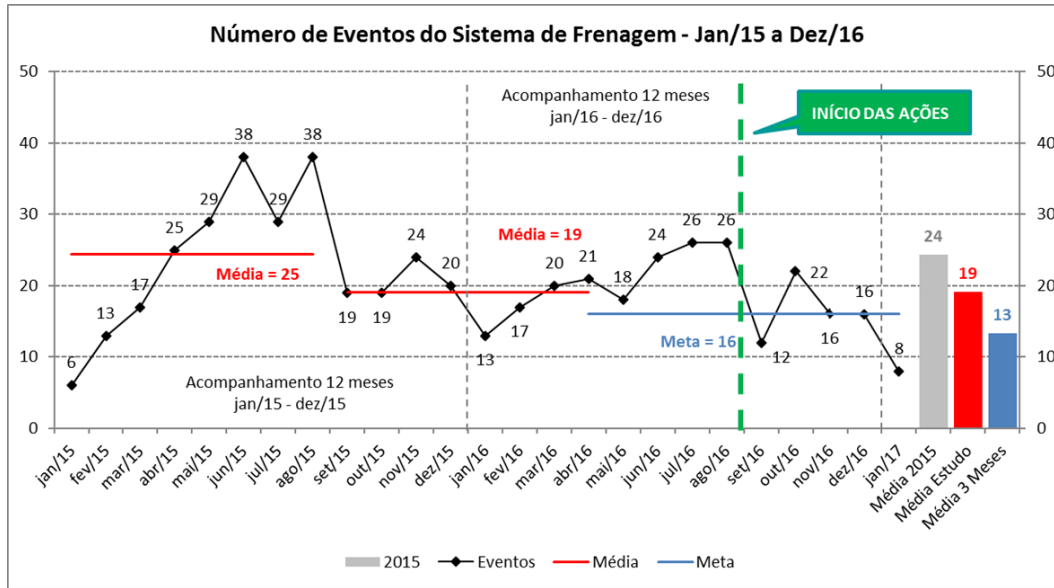


Figura 17 – Verificação da meta alcançada para os eventos de frenagem

Após o período de verificação dos resultados, comprova-se uma redução de mais de 30% do número de eventos do sistema de frenagem em relação à condição anterior ao projeto, onde esta redução teve como principal contribuição a diminuição de 70% das falhas no item Válvulas, tanto em vagões de minério quanto em carga geral, conforme pode-se observar na Figura 18 abaixo.

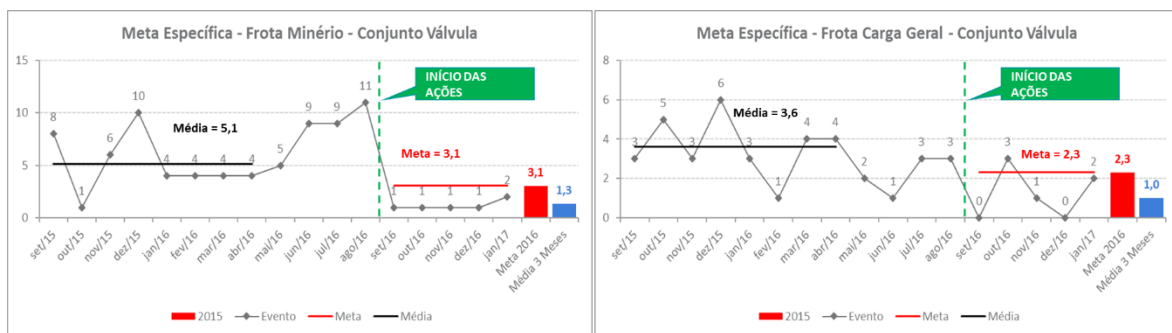


Figura 18 – Verificação da meta alcançada para os eventos do item válvula

Na Figura 20 também se verifica redução significativa no número de corretivas do sistema em estudo.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

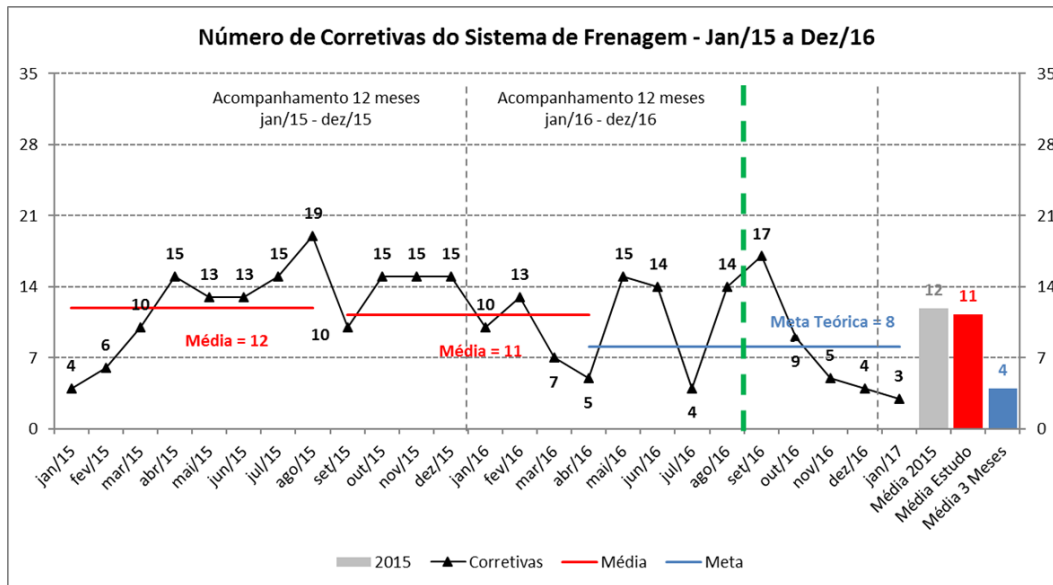


Figura 19 – Redução das corretivas do sistema de frenagem

Para manutenção dos resultados foram propostos indicadores de processo a serem monitorados diariamente pela área de confiabilidade, estabelecido rotas de inspeção de processo, elaboração de *check lists* de avaliação e rotinas de reuniões para avaliação do desempenho da qualidade da manutenção. Para cada item de controle também foram propostas ações corretivas emergenciais.

Ao logo do projeto foram revisados procedimentos operacionais, capacitados técnicos de manutenção, atualização de rotas de inspeção e implementação de quando de gestão da rotina diária.

CONCLUSÕES

Neste artigo destaca-se a importância do DMAIC como ferramenta estatística para atingimento de metas e melhoria de processos produtivos. Fica claro que o trabalho estruturado com base de dados, análise técnica e metodologia consolidada proporciona ganhos expressivos para as empresas.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Conforme apresentado, foi detalhado cada fase da metodologia Seis Sigma aplicado na solução de um problema de confiabilidade dos ativos de uma ferrovia de carga. Aliado a isto também foram aplicadas algumas Ferramentas da Qualidade, que apesar de simples, proporcionam clareza na identificação de causas, gestão de ações de melhoria e manutenção de resultados.

No problema em questão foi identificado que o principal impacto estava no item Válvula, que é o principal componente do vagão, sendo responsável por controlar todo seu sistema de frenagem.

Como resultado do trabalho obteve-se uma redução de mais de 30% no número de falhas do sistema de freio, aumento de 10% no MKBF de vagões, ganhos financeiros na ordem de R\$ 150.000,00 anuais com redução da necessidade de manutenções. Ganhos qualitativos tais como: aumento significativo do engajamento da equipe nos processos de manutenção de freios, maior enfoque em melhoria contínua e gestão de SS&MA (Saúde e Segurança e Meio Ambiente) também foram observados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLONI, Alessandro. Conceitos Básicos de Freios em Vagões de Carga. Disponível em: <http://www.callonimodels.com/tecnicas/tec_freios/freios.html>. Acessado em 22 jun. 2018.

PALADINI, E. P. Qualidade total na prática – implantação e avaliação de sistema de qualidade total. São Paulo: Atlas, 1997.

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, p. 134-235, 2001.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nassif. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. Gestão & Produção, v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.

TOLEDO, J.; et al., Qualidade Gestão e Métodos. Rio de Janeiro: Editora LTC GEN, 2013.

WERKEMA, M. C. Criando a Cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, p.13-45, 2002.