



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA EM AMBIENTE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE

Tiago Fernandes Tenório

***REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA
LEAN OFFICE NO PCM DA MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE VIA
PERMANENTE***

São Luís

2018

Tiago Fernandes Tenório

***REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA
LEAN OFFICE NO PCM DA MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE VIA
PERMANENTE***

Dissertação apresentada ao Programa de
pós-graduação em Energia em Ambiente
da Universidade Federal do Maranhão,
para obtenção do grau de Mestre em
Energia e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Savio
Mendes Sinfrônio

São Luís

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Fernandes Tenório, Tiago.

REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA
FERRAMENTA LEAN OFFICE NO PCM DA MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE
VIA PERMANENTE / Tiago Fernandes Tenório. - 2018.
106 f.

Orientador(a): Francisco Sávio Mendes Sinfrônio.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Energia e Ambiente/ccet, Universidade Federal do Maranhão,
São Luis, 2018.

1. Desperdício de inventário. 2. Lean Office. 3.
Subprocesso de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)
de máquinas de via. I. Sávio Mendes Sinfrônio, Francisco.
II. Título.

***REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA
LEAN OFFICE NO PCM DA MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE VIA
PERMANENTE***

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Savio Mendes Sinfrônio (Orientador)

Doutor em Físico Química

Prof.^a Dr.^a Caritas de Jesus Silva Mendonça

Doutora em Engenharia de Alimentos

Prof. Dr. Mauro Sergio Silva Pinto

Doutor em Engenharia Elétrica

A Deus, pela graça da salvação e amor.

A minha família, pelas alegria e
esperança renovadas a cada manhã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me ama, e expressa seu amor a cada dia através das pessoas que exercem para comigo atitudes de amor.

Agradeço a minha companheira Vanessa, que dedicou paciência e tempo no cuidado dos nossos filhos quando eu estava ausente me dedicando a este projeto.

Agradeço aos meus filhos Alice e Davi, que suportaram a minha ausência enquanto me dedicava a este projeto.

Agradeço aos meus pais Inês Maria e Manoel, que dedicaram incentivo e esforço para que eu pudesse ter sucesso nos estudos e na carreira profissional.

Agradeço aos meus colegas, onde aqui destaco três, na certeza de que representarão os demais, que são eles: Fernanda Serra, Rogério Rocha e Ivaneide Rocha, pela dedicação em fazer acontecer este projeto.

Agradeço ao professor Savio Mendes, por acreditar no meu potencial e orientar-me no desenvolvimento deste projeto, demonstrando paciência e disciplina para comigo.

Agradeço aos brasileiros, que através de seus caros impostos me permitiram estudar neste curso de pós-graduação, me permitindo oferecer-lhes essa simples contribuição acadêmica.

RESUMO

A manutenção dos ativos de uma ferrovia é uma das principais componentes deste modal. Nele, os desperdícios associados ao fluxo de valor da manutenção, afetam o atendimento do processo de manutenção. Neste contexto, o trabalho versa sobre a aplicação da ferramenta *Lean Office* no subprocesso de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) de máquinas de via de uma ferrovia pertencente a uma empresa mineradora brasileira. Neste estudo de caso, foi possível observarmos a redução dos desperdícios de inventário do PCM em até 65,62%, com a redução da quantidade de ordens de manutenção estagnadas no sistema informatizado. Também foi observado o impacto positivo nos indicadores do processo de manutenção de máquinas de via, com aumento de 4,41% no valor da média e redução de 15,26% no valor do desvio padrão da disponibilidade operacional, e redução de 9,72% da média das falhas dos ativos de máquinas de via.

Palavras-chave: *Lean Office*, desperdício de inventário, subprocesso de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) de máquinas de via.

ABSTRACT

The maintenance of the assets of a railroad is one of the main functions that support the high performance of this model. Waste, present in the maintenance value stream, affects the maintenance process attendance. This case study is about the application of the Lean Office tool in the Planning and Controlling subprocess of the maintenance (PCM) of track machines of a railway owned by a Brazilian mining company. In this case study, it was possible to observe the reduction of PCM inventory waste by up to 65.62%, with a reduction in the number of maintenance orders stagnated in the computerized system. We can also observe the positive impact on the indicators of the maintenance process of track machines, with an increase of 4,41% in the average value and a reduction of 15,26% in the value of the standard deviation of the operational availability, and reduction of 9,72% of the average of the failures of the track machines.

Keywords: Lean Office, inventory wastage, Planning and Controlling subprocess of the maintenance (PCM) of track machines.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VIII
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral.....	13
2.2. Específicos	13
3. REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1. Lean Office	14
3.1.1. Os princípios de implantação do Lean Office	16
3.2. O Mapeamento do Fluxo de Valores.....	19
3.3. Desperdícios.....	25
3.3.1. Desperdícios do Lean Manufacturing.....	25
3.3.2. Os desperdícios do ambiente Office.....	26
3.3.3. Os desperdícios da manutenção.....	27
3.4. Análise e solução de problemas	28
3.5. Manutenção	29
3.6. Ferrovia	31
4. METODOLOGIA	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
5.1. O processo de Manutenção de Máquinas de via.....	47
5.2. Análise inicial do processo de Manutenção de Máquinas de via.....	51
5.3. Análise dos dados dos indicadores referentes ao processo de PCM de Máquinas de via	52
5.4. Análise do subprocesso do PCM de Máquinas de via	60
5.5. Mapeamento do Fluxo de Valor atual do PCM, identificação dos desperdícios e levantamento os problemas.....	62
5.6. Mapeamento do Fluxo de Valor do estado futuro do PCM de Máquinas de via	70
5.7. Redefinição do mapa de processo e papéis e responsabilidades do PCM de Máquinas de via.....	76
5.8. Implementação das métricas Lean de medição de desempenho dos processos.	78
5.9. Padronização do processo para estabilizar os resultados.	79

5.10. Impacto nos resultados dos indicadores da Manutenção de Máquinas de via.

79

CONCLUSÕES.....92

TRABALHOS FUTUROS.....93

REFERÊNCIAS94

LISTA DE ABREVIATURAS

OM – Ordem de manutenção

PCM – Planejamento e controle da manutenção

VP – Via permanente

DO – Disponibilidade operacional

MKBF – Quilometragem média entre falhas

EGP – Equipamento de grande porte

EVP – Equipamento de via permanente

YPM – Ordem de manutenção preventiva de ativos

YCM – Ordem de manutenção condicionada de ativos

YIM – Ordem de melhoria

YSS – Ordem de serviço de apoio

YEM – Ordem de corretiva, ou corretiva emergencial

YRR – Ordem de manutenção de reforma e reparo de componentes, também classificada como manutenção condicionada de componentes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de custos das ferrovias de carga geral no Brasil. Fonte: Adaptado de Faria (2011).	10
Figura 2: Modelo de “Puxada do liderado” no Lean Office. Fonte: Adaptado de Tapping & Shuker (2010).	17
Figura 3: Ícones de mapeamento de fluxo de valores (MFV). Fonte: Jones & Womack (2011).	22
Figura 4: MFV representando o estado atual. Fonte: Modificado de Chiochetta & Casagrande (2007).	23
Figura 5: MFV representando o estado futuro. Fonte: Modificado de Chiochetta & Casagrande (2007).	24
Figura 6: Mapa das ferrovias brasileiras (Fonte: ANTF, 2018).	32
Figura 7: Investimentos nas ferrovias brasileiras de 2010 a 2015. Fonte: ANTF (2018).	33
Figura 8: O desdobramento dos subsistemas de transporte ferroviário. Fonte: Adaptado de Coimbra (2008).	33
Figura 9: Seção transversal da linha férrea. Fonte: Magalhães et al. (2011), pag. 171.	34
Figura 10: Distribuição espacial dos quatro elementos da superestrutura. Fonte: Adaptado pelo autor de Magalhães et al. (2011).	35
Figura 11: Distribuição e transmissão de cargas de esforços entre os elementos da linha férrea. Fonte: Magalhães et al. (2011).	36
Figura 12: Ilustração do corte transversal de um trilho ferroviário. Fonte: Semprebone et al. (2005), pag. 9.	37
Figura 13: Mapa do processo de manutenção de máquinas de via. Fonte: Próprio Autor.	49
Figura 14: Mapa do subprocesso PCM de máquinas de via. Fonte: Próprio Autor.	50
Figura 15: Disponibilidade operacional de máquinas de via em 2017.	51
Figura 16: Quantidade de ordens de manutenção condicionada de ativos no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.	54
Figura 17: Quantidade de ordens de manutenção condicionada de componentes no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.	Erro! Indicador não definido.
Figura 18: Quantidade de OM de máquinas de via com diferentes tempos de existência, no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.	56
Figura 19: Tratamento das OM no mês de criação de ativos de máquinas de via no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.	58
Figura 20: Tratamento das OM no mês de criação de componentes de máquinas de via no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.	58
Figura 21: Cumprimento do plano de manutenção preventiva no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.	60
Figura 22: Não conformidades diagnosticadas por subprocessos do PCM.	61
Figura 23: Mapa do fluxo de valor atual de planejar manutenção condicionada de ativos e componentes de máquinas de via.	63
Figura 24: Classificação dos problemas e desperdícios do fluxo no valor do subprocesso de PCM de máquinas de via.	64

Figura 25: Distribuição das cargas de trabalho dos aprovisionadoras do PCM de máquinas de via.	65
Figura 26: Ciclo vicioso de problemas do fluxo de valores do PCM de máquinas de via.	68
Figura 27: Responsabilidade pela gestão de estoques dos materiais de manutenção.	69
Figura 28: Fluxo de valor do estado futuro do subprocesso de PCM de máquinas de via.	71
Figura 29: Percentual de responsabilidade de reposição de materiais de manutenção de máquinas de via após o desenho do MFV do estado futuro.	73
Figura 30: Mudanças no mapa do subprocesso de PCM de máquinas de via.	77
Figura 31: Disponibilidade operacional de máquinas de via.	81
Figura 32: MKBF das máquinas de via.	82
Figura 33: Falhas das máquinas de via.	83
Figura 34: Quantidade de OM de manutenção condicionada de ativos.	85
Figura 35: Quantidade de OM de manutenção condicionada de componentes.	Erro! Indicador não definido.
Figura 36: Tratamento das OM de ativos dentro do mês de criação.	87
Figura 37: Tratamento das OM de componentes dentro do mês de criação.	88
Figura 38: Quantidade de OM por faixa de tempo de existência no sistema informatizado.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métricas da manutenção por categoria. Fonte: Pinto (2013).	30
Tabela 2: Frotas de ativos de manutenção de via permanente.	48

1. INTRODUÇÃO

O principal desafio das empresas atualmente é a capacidade de conseguir competir em um mercado globalizado, onde os preços são ditados pelas escolhas dos clientes, e ao mesmo tempo entregar retornos ótimos aos acionistas, realizando preços de vendas vantajosos e custos unitários baixos. A combinação destes dois fatores dita a competitividade das empresas no cenário mundial atual.

A indústria ferroviária tem sido um vetor de desenvolvimento industrial e econômico em muitas nações, sendo a base da expansão territorial norte americana e a base da integração das cadeias produtivas na Europa e na Ásia, estando intimamente ligada ao desenvolvimento das indústrias siderúrgicas, de mineração, agrícolas e manufactureiras.

O modal ferroviário compete em relação aos outros modais principalmente pela eficiência energética e o baixo custo unitário quando consideramos grandes volumes de transporte. É também empregado como integrador de cadeias logísticas, possibilitando o escoamento de produtos entre terminais onde há conexões com outros modais como: rodoviário, aquaviário, portuário e aéreo.

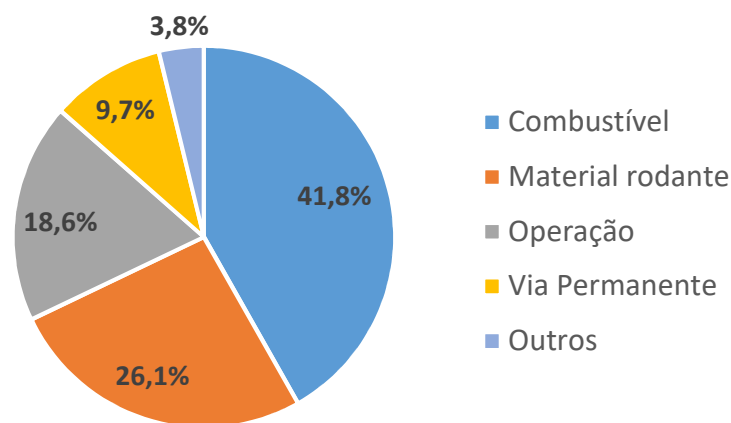
Na indústria de produção de *commodities*, como no caso da mineração, o modal logístico normalmente utilizado para escoamento por terra dos grandes volumes produzidos é o ferroviário, que geralmente transporta a *commodities* da região onde é produzida até a região portuária, onde será embarcado em navios que levarão a *commodities* através do oceano para suas regiões de destino. Normalmente, esta *commodities* ao ser desembarcada nos portos de destino ainda será transportado por ferrovia até os clientes finais. Atualmente no Brasil, 95% do volume de minérios de ferro e 40% do volume de *commodities* agrícolas são transportados pelo modal ferroviário.

Sendo assim, fica claro a ligação íntima do modal ferroviário com a produção de *commodities*, estando este modal atrelado à competitividade da indústria de base, onde a eficácia e os custos unitários de operação das ferrovias que integram o sistema logístico da cadeia de produção industrial comporão os resultados globais das empresas envolvidas. Seguindo as lições aprendidas com o sucesso dos Estados Unidos, Europa e China, a superação dos gargalos logísticos nacionais só será possível com a ampliação do modal ferroviário.

Do ponto de vista formal, os principais custos das ferrovias estão relacionados a: compra de combustível, que é utilizado como fonte de energia nas locomotivas que

tracionam os trens; custo com manutenção de materiais rodantes, que são locomotivas e vagões; custos com a operação de trens e os custos com a manutenção de via, que são custos com pessoal, material e ativos industriais para a manutenção de superestrutura e infraestrutura da via permanente. Na Figura 1 é mostrado a distribuição dos custos operacionais das ferrovias brasileiras de carga geral.

Figura 1: Distribuição de custos das ferrovias de carga geral no Brasil. Fonte: Adaptado de Faria (2011).



A atividade de manutenção dos ativos industriais é onerosa e fundamental para a eficiência global dos sistemas produtivos (FABRO *et. al.*, 2003). Manter os ativos industriais em pleno funcionamento quando os mesmos são necessários, com o máximo de eficiência, com o mínimo de riscos à saúde e segurança e ao meio ambiente, e o mínimo de custos de materiais e mão-de-obra para as atividades de manutenção, é fundamental para a competitividade do negócio.

Na indústria ferroviária os ativos são especializados e geralmente são feitos por encomenda, o que tornam altos os preços dos ativos, materiais e peças, quando comparamos com os ativos do modal rodoviário por exemplo. Por isso, o máximo de utilização, de produtividade e de disponibilidade destes ativos devem ser almejadas, como também evitar os estoques de materiais e peças para manutenção destes equipamentos, o que exige um excelente planejamento da manutenção.

O planejamento da manutenção de ativos ferroviários pode ser baseado em diferentes estratégias de manutenção, dentre elas destacam-se: preventiva, corretiva emergencial e condicionada. As manutenções: preventiva e condicionada são chamadas de manutenções planejadas. Quando a máquina para sem que haja planejamento desta

parada, é considerado um evento de corretiva emergencial. A manutenção corretiva emergencial pode custar o dobro do valor de uma manutenção condicionada, levando-se em conta a mão-de-obra empregada, o custo com a aquisição emergencial de peças e materiais e a perda de produção ocasionada pela parada do ativo.

As ocorrências de manutenções corretivas são perdas parciais ou totais da capacidade da máquina em desempenhar sua função. Os eventos de manutenções corretivas são comuns na maioria dos sistemas industriais, e são inimigos da eficiência global dos sistemas produtivos. Na indústria ferroviária não é diferente. Então, a excelência no planejamento da manutenção de um ativo industrial é fundamental para que haja excelência no resultado do negócio.

Para que os custos da manutenção impactem o mínimo possível no resultado do negócio, é necessário que haja a execução eficaz das manutenções planejadas. É fundamental para tanto, que todas as condições para execução das atividades da manutenção sejam garantidas, de modo que: o ativo passe o mínimo de tempo possível parado para manutenção, haja o mínimo de estoque possível de peças para a realização das manutenções, seja empregado o mínimo de mão-de-obra possível e o desempenho do ativo seja restabelecido ao patamar de normalidade.

Para que o desempenho dos ativos produtivos seja mantido, é fundamental que haja o monitoramento dos parâmetros críticos e das condições físicas dos ativos, sendo possível assim a detecção de anormalidades que poderão ter suas causas raízes tratadas antes que ocorra uma falha ou defeito. A manutenção condicionada cumpre esta função.

Deste modo podemos afirmar que um processo de manutenção com alto desempenho deve detectar rapidamente as anormalidades dos equipamentos, planejar as atividades de manutenção no menor tempo, dispor os recursos na frente de serviço da manutenção com o menor ônus possível, e executar a manutenção do ativo com a maior qualidade, no menor tempo, com o menor desperdício, com saúde e segurança e cuidado ao meio ambiente.

Desta forma, o planejamento e controle da manutenção, também conhecido como PCM, é o processo da manutenção responsável pelo planejamento das atividades de manutenção, definindo a melhor janela de parada dos ativos junto aos processos de operação da produção, que utilizam os ativos para produzir, e aos processos de execução da manutenção, que realizam as manutenções dos ativos. Também são responsabilidades do PCM a disposição dos recursos necessários para manutenção e o monitoramento da execução da manutenção do início ao fim das atividades.

Um dos principais indicadores do desempenho da manutenção é o volume de ordens de manutenção condicionada (usualmente abreviado por OM) no sistema informatizado, pois este sugere se o PCM está tratando as anormalidades detectadas pelas equipes de inspeção no ritmo demandado.

Diante disto, percebe-se a importância em se reduzir os desperdícios do processo PCM, pois possibilita a redução do tempo total entre a detecção de uma anomalia e o seu tratamento (*lead time* do PCM), e consequentemente, reduz as estagnações de OM no sistema informatizado. Fortuitamente, o processo PCM pode ser melhorado via aplicação de ferramentas da filosofia *Lean* em seus sistemas produtivos.

Desta forma, neste trabalho, é aplicado a ferramenta *Lean Office* no processo de PCM da manutenção de equipamentos de via permanente de uma empresa ferroviária, com o objetivo de reduzir os desperdícios do processo de PCM e compreender o impacto do *Lean Office* no fluxo de valor do PCM de máquinas de via. Esta necessidade vem da compreensão de que um sistema enxuto deve eliminar desperdícios em todo o seu sequenciamento do valor, da concepção da demanda à entrega do produto acabado ao cliente.

2. OBJETIVOS

2.1.Geral

Reduzir o desperdício de inventário do processo de Planejamento e Controle da manutenção (PCM) de máquinas de via permanente através da aplicação da ferramenta *Lean Office*.

2.2.Específicos

- Aplicar a metodologia *Lean Office* no PCM da manutenção de máquinas de via;
- Mapear o fluxo de valor atual do PCM de máquinas de via;
- Mapear o fluxo de valor futuro considerando as melhorias para redução dos desperdícios identificados no fluxo atual;
- Avaliar o impacto nos indicadores de manutenção de máquinas de via com a aplicação do *Lean Office*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Lean Office

Muitas empresas estão realizando esforços de implementação das ferramentas de *Lean Manufacturing* em seus processos produtivos, geralmente nas transformações físicas, sem que haja a preocupação de implementar os princípios enxutos em toda a cadeia de valor do negócio (TAPPING & SHUKER, 2010). Os efeitos dessa abordagem é a criação de ilhas de excelência, que logo voltam às condições iniciais de desempenho, sem que haja a percepção de impactos positivos nos resultados globais do negócio.

De acordo com D'Ascenção (2001) nós brasileiros costumamos valorizar os processos de transformação física, considerados fins, e classificamos as áreas administrativas como áreas meios, o que influencia na displicência da empresa em buscar a simplificação e a racionalização dos processos administrativos, que vai desde a solução dos problemas dos fluxos até a redução dos custos.

No entanto, para Womack & Jones (2004), a mentalidade enxuta é o entendimento da necessidade de eliminar os desperdícios em toda a organização, desde a concepção da demanda, passando pela transformação física do produto, até chegar a entrega ao cliente.

O tempo total do sequenciamento do valor por toda a cadeia nós chamamos de tempo *throughput*. As práticas de implantação da mentalidade enxuta nos processos geralmente tomam forma em melhorias radicais visíveis, com resultados mensuráveis, em chão de fábrica, com o objetivo de reduzir este tempo *throughput*.

Esta transformação inicial no chão de fábrica, com melhorias visíveis e impactantes, é estratégica, e os autores Womack & Jones (2004) afirmam a necessidade de se ter resultados imediatos, com ganhos mensuráveis nos indicadores do negócio através da implementação veloz das ações de melhoria, o que ajuda a vender a imagem positiva da implementação do *Lean* e impulsiona o engajamento das pessoas chaves da empresa (DENNIS, 2009).

Porém, em alguns casos, esta implementação inicial não evolui para uma abordagem global focada no fluxo de valor total por famílias de produtos, gerando um acúmulo de melhorias pontuais em forma de *Kaizens*, focados em processos isolados (WOMACK & JONES, 2004), sem que haja um realinhamento de todo o fluxo de valor, o que condena a empresa a retornar à condição de desempenho inicial e à antipatia dos empregados diante da filosofia enxuta.

Esse fenômeno ocorre principalmente devido à ausência de um mapeamento dos fluxos de valores (informações, materiais e produtos) em processamento onde seria identificado os problemas de: quebra de conexões, atrasos, acúmulos, desperdícios, excessos e variabilidades. Tal mapeamento do estado atual do processo possibilita a elaboração de planos de ações para transformação desse fluxo de valor em um fluxo de valor do estado futuro, a partir de quando os problemas identificados no estado atual fossem tratados (WOMACK & JONES, 2004).

Podemos observar também que a facilidade com que os problemas físicos dos processos são identificados e mensurados, causa o fenômeno de as pessoas desenvolverem ações de melhorias focadas apenas nas células de transformações físicas, não sendo realizadas as mensurações e identificações de desperdícios à níveis de fluxos de informações, que permeiam os processos administrativos (TAPPING & SHUKER, 2010).

Dessa forma, Tapping & Shuker (2010) afirmaram que para haver uma transformação *Lean* sustentável, é necessário o emprego de um processo comprovado de transformação *Lean* que abranja todo o fluxo de valor (JONES & WOMACK, 2011; ROTHER & HARRIS, 2016; SMALLEY, 2016).

O *Lean Office* surge exatamente da necessidade da implementação da mentalidade enxuta em todo o sequenciamento do valor, eliminando os desperdícios dos processos produtivos, para atendimento à demanda dos clientes (TAPPING & SHUKER, 2010). Segundo Leite & Vieira (2015), a transformação pelo *Lean Office* persegue a erradicação dos desperdícios dos processos produtivos.

Para McManus (2003), a implementação dos princípios *Lean* em atividades não manufatureiras e intangíveis é possível, apenas ressaltando que o valor teria que ser entendido, em sua natureza, diferente dos processos tangíveis, pois o mesmo é, em sua essência, informações e conhecimentos. Isto dificulta a mensuração e a identificação detalhada dos fluxos no ambiente *office*, diferente das atividades manufatureiras, onde é mais fácil a identificação dos valores fluindo e dos seus desperdícios.

Já Reis (2004) afirma que a identificação de desperdícios em um processo administrativo é mais complexa que em um processo de manufatura, devido às características de intangibilidade, simultaneidade e heterogeneidade. Sampson & Froehle (2006), acrescentam outras duas características a tais fatores, a citar: intensidade de trabalho e presença do cliente no momento do serviço.

De acordo com Ferro (2005), a tarefa de mapear os fluxos dos processos administrativos não é uma tarefa fácil, principalmente devido à variabilidade e a complexidade em identificar os valores e os desperdícios fluindo nos processos. No entanto, a própria aplicação da ferramenta *Lean Office* permite tornar os fluxos mais visíveis e transparentes, facilitando assim a melhoria contínua dos processos administrativos, através da solução de problemas e da eliminação de desperdícios. De modo similar, Süffert (2004) afirma que à semelhança dos processos de manufatura, os processos de serviços possuem o mesmo potencial para a implantação da mentalidade enxuta.

Jacobs & Chase (2009), por sua vez, afirmam que as empresas manufatureiras e as empresas de serviços se assemelham quanto à dependência dos seguintes aspectos: característica do mercado em que atuam, produção que são especializadas e a tecnologia dos equipamentos necessários para tal produção, além das culturas de habilidades e da corporação à que pertencem.

Os autores Tapping & Shuker (2010) publicaram a primeira obra dedicada ao *Lean Office* em 2003, abordando os oito passos para planejar, mapear e sustentar melhorias *Lean* nas áreas administrativas. Para os autores, o cerne do *lean office* é eliminar as variabilidades dos processos administrativos, empregando ferramentas conhecidas do *Lean Manufacturing*, adaptando-as ao ambiente administrativo (KEYTE & LOCHER, 2016).

3.1.1. Os princípios de implantação do Lean Office

Os autores Tapping & Shuker (2010) definem o *Lean Office* como um processo de gerenciamento do fluxo de valor através do MFV, sigla para Mapeamento do Fluxo de Valor, que é um processo de planejamento de melhorias dos processos de modo a alcançar a implementação *Lean* em todo o sistema produtivo. O principal item em sua estratégia de implantação é o envolvimento das pessoas em todo o processo, desde as áreas executantes até as áreas administrativas (RAMOS, 2016).

Para os autores, o *Lean Office* é implementado através da aplicação de princípios *Lean* na gestão do fluxo de valor em processos administrativos, de modo a eliminar os desperdícios e maximizar o valor gerado aos clientes, toda vez que estes realizarem um pedido. Dessa forma, foram definidos oito princípios para a implementação do *Lean* nos processos administrativos.

À semelhança dos cinco princípios do *Lean Manufacturing*, elaborados por Womack & Jones e publicados no livro “A Mentalidade Enxuta nas Empresas”, estes princípios servem como guias informativos para a transformação *Lean* das empresas que almejam a implementação da filosofia enxuta (HICKS, 2007). Os oito princípios do *Lean Office* de Tapping e Shuker são:

- **Princípio 1 – Comprometer-se com o Lean:** o modelo tradicional de mudanças onde a liderança empurra as mudanças para os liderados através de desdobramento de diretrizes não é um modelo eficiente, pois o conhecimento de fato da realidade dos desperdícios dos processos é detido pelos liderados que lhes dão diretamente com a execução dos processos (TAPPING & SHUKER, 2010).

Conforme Fig. 2, o melhor modelo então seria o qual as mudanças organizacionais sejam protagonizadas pelos liderados, os quais puxam os recursos necessários para a realização das mudanças, através do conhecimento dos propósitos desdobrados à serem seguidos e os desperdícios dos processos que devem ser eliminados (TAPPING & SHUKER, 2010).

Figura 2: Modelo de “Puxada do liderado” no *Lean Office*. Fonte: Adaptado de Tapping & Shuker (2010).



Nesta etapa são definidas algumas atividades fundamentais da liderança para o sucesso do *Lean Office*, dentre elas destacamos duas, que são: identificar um Champion (ou gerente) do fluxo de valor e membros iniciais da equipe que comporão o núcleo de implantação, e dar o *kick-off* do projeto, considerando assim um marco inicial com mobilização para comunicação efetiva do início da realização do projeto às áreas envolvidas.

- **Princípio 2 – Escolher o fluxo de valor:** Os fluxos de valores de produtos e serviços que agregam valor para o cliente devem ser priorizados. Esta decisão é tomada com base no maior impacto positivo, nos resultados do negócio, que seria obtido com a implantação do *Lean Office*;
- **Princípio 3 – Aprender sobre o *Lean*:** Deve-se providenciar suporte para aprendizado e nivelamento do conhecimento sobre os princípios *Lean* de toda a equipe envolvida na implantação do projeto de *Lean Office*. O mapeamento das carências de conhecimento é o primeiro passo, posteriormente são aplicadas ações de aprendizado, para que todos os membros da equipe dominem os conhecimentos à nível que lhes serão demandados;
- **Princípio 4 – Mapear o estado atual:** Deve-se mapear o fluxo de valor priorizado, de tal forma que fique claro as etapas geradoras de valor e os problemas e desperdícios existentes, retratando fielmente o cenário atual do processo a ser melhorado. É nesta etapa onde devem ser expostos os problemas e os desperdícios presentes no fluxo de valor, para posteriormente elaborarmos uma proposta de fluxo de valor onde estes problemas e desperdícios sejam mitigados, e será elaborado o plano de melhorias, ou plano kaizen, que possibilitará a realização da transformação do fluxo do estado atual no fluxo do estado futuro.
- **Princípio 5 – Identificar as métricas *Lean*:** Deve-se estabelecer métricas de desempenho que orientem as propostas de melhoria, segundo a perspectiva de geração de valor para os clientes. Para o sucesso desta etapa, é fundamental que haja a concordância da equipe sobre quais indicadores são considerados chave para a gestão do fluxo de valor do processo, de modo que permita a equipe do processo solucionar problemas e melhorar continuamente o desempenho através do acompanhamento na rotina dos resultados destes indicadores;
- **Princípio 6 – Mapear o estado futuro (utilizando os conceitos de demanda, fluxo e nivelamento):** Neste princípio, deve ser elaborado um mapa futuro do fluxo de valor contemplando as propostas de melhorias. É nesta etapa do processo onde há a possibilidade de ser realinhado o fluxo de valores do processo, eliminando desperdícios e reduzindo o *lead time* do processo (KACH, et. al., 2014). As melhorias das conexões e o mapeamento do valor, fluindo de modo puxado pelos clientes, são possíveis serem propostos nesta etapa, deixando claro, através de notações padrões, os mecanismos empregados no fluxo de valor futuro;

- **Princípio 7 – Criar planos *Kaizen*:** Deve ser elaborado plano de ação para implementação das propostas de melhoria. É este plano de ação que contemplará os esforços necessários para se alcançar o fluxo de valor do estado futuro. Este plano de ação deve visar eliminar desperdícios e bloquear as causas raízes dos problemas que interrompem o fluxo de valor (COELHO, 2013), (PINTO, 2015) e (IMAI, 1986). O plano de ação deverá contemplar ao menos: os donos das ações, as datas de conclusão previstas para as ações, o porquê da existência destas ações, onde serão implantadas as ações e como devem ser implantadas estas ações (AGUIAR, 2002);
- **Princípio 8 – Implementar os planos *Kaizen*:** Deve-se gerenciar a implementação dos planos de melhoria, atentando para a eficácia das ações e a retenção das melhorias na rotina de trabalho dos processos. A execução das ações planejadas é um dos maiores desafios das empresas modernas, influenciando diretamente na competitividade das companhias (BOSSIDY & CHARAN, 2011). Uma empresa que planeja com eficácia seu plano de ação e o executa de modo eficaz, alcançará seus objetivos.

3.2. O Mapeamento do Fluxo de Valores

O Mapeamento do Fluxo de Valores (MFV) é uma ferramenta do *Lean* que permite, de forma eficaz, o mapeamento do sequenciamento das atividades geradoras de valor e o levantamento do caminho que percorrem as informações, os materiais e os produtos em todo o sequenciamento das atividades, permitindo a exposição de problemas, desperdícios e *lead time* do processo (MONTEIRO, 2016), (FERRO, 2003), (DE LIMA, 2016), (NASH & POLING, 2011).

Deste modo, o MFV permite a compreensão de toda a cadeia do processo, enxergando desperdícios e oportunidades de melhoria, desde a concepção da demanda até a entrega do produto acabado ou serviço ao cliente (ROTHER & SHOOK, 2003).

Ainda para Monteiro (2016), o MFV permite enxergar e eliminar os desperdícios em todo o sequenciamento do valor, aumentando assim a eficiência dos sistemas produtivos, evitando a realização de melhorias pontuais, e focando em priorizar os resultados globais do sistema, em detrimento às melhorias locais. Para Heusner (2015), a eficaz eliminação dos desperdícios torna a empresa mais competitiva, e a ferramenta de

mapeamento de fluxo de valores contribui para enxergar e eliminar os desperdícios de um processo produtivo (ROCHA, 2015).

Deste modo, Monteiro (2016) conclui que o mapeamento do fluxo de valor ajuda as empresas a se desenvolverem nos seguintes aspectos: otimização do *lead time* do processo, otimização da distribuição de recursos materiais e humanos, visualizar a real condição dos processos da organização e o estabelecimento da melhoria contínua, focando na eliminação de desperdícios, aplicando as ferramentas *Lean* adequadas a cada situação.

Já Rother & Shook (2003) afirmam que a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor possibilita à empresa o aprimoramento do conhecimento e do controle do processo produtivo através de: definição real da capacidade produtiva, mapeamento da mão de obra real, viabilização de recursos necessários, desenvolvimento de metas de melhorias do processo, otimização do uso do espaço físico devido à redução de estoques, redução dos custos outrora gerados por retrabalho, otimização do emprego de equipamentos e engajamento das pessoas na empresa, tudo isso alinhando os esforços as reais necessidades do processo.

Para Krings, Levine & Wall (2006), dentre os ganhos que várias organizações tiveram ao adotarem o princípio enxuto estão: a redução de desperdícios e a redefinição de papéis e responsabilidades. A capacidade de enxergar e eliminar os desperdícios é o desafio base para todo o profissional que queira aumentar a agregação de valor de seu processo, e torna-lo mais competitivo (ROTHER & SHOOK, 2003).

Para Monteiro (2016), o foco na redução do *lead time* é essencial para as empresas, pois de acordo com Rother & Shook (2003), quanto menor for o *lead time* de produção em um processo, menor será o tempo de retorno do investimento aportado para compra dos recursos necessários à produção. Os autores Rother & Shook (2003) definiram as fases de implementação do MFV como seguem:

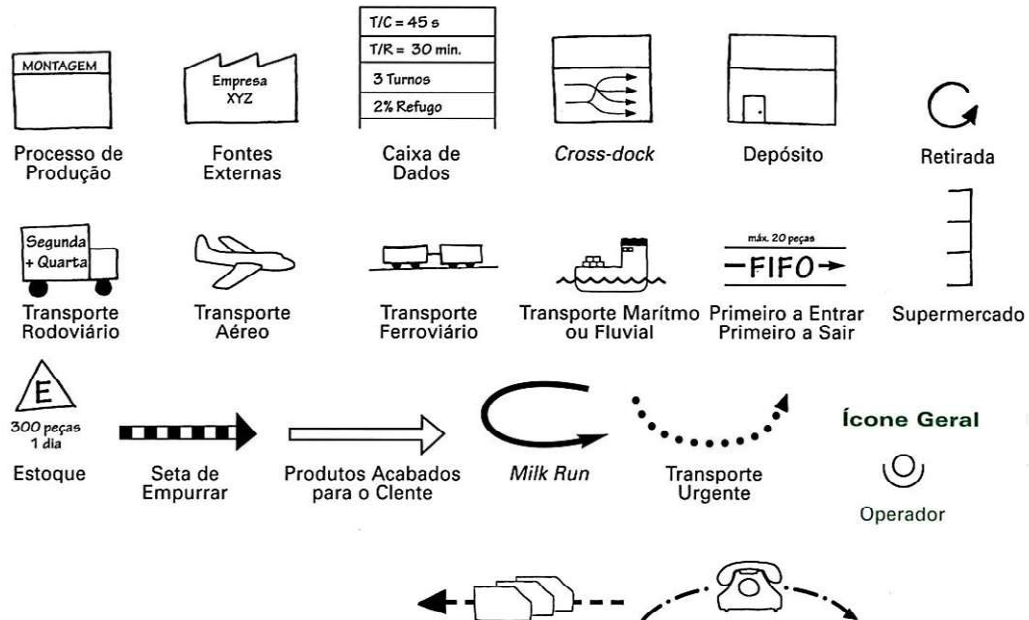
- Escolha da família de produtos ou serviços – uma das maiores vantagens oferecidas pelo mapeamento do fluxo de valores é a desagregação dos problemas operacionais à nível dos produtos específicos. Isto facilita o tratamento dos problemas do processo pelos gerentes. Normalmente, a fim de identificarmos as famílias de produtos, observamos aqueles que passam pelas mesmas etapas de processamento e utilizam os mesmos equipamentos antes de serem despachados aos clientes. Podemos definir as famílias de produtos a partir de diversos pontos

iniciais de mapeamento, de modo a mapearmos o fluxo de valor de acordo com a necessidade gerencial.

- Representação do estado atual – após a escolha da família de produtos que será mapeada, é fundamental a realização do percurso de trás para frente no processo, desde o momento anterior a expedição ao cliente até a conexão com os fornecedores de informações e materiais. É nesta etapa onde enxergaremos e representaremos graficamente o sequenciamento das atividades geradoras de valor e os desperdícios. Para realização do mapeamento existem ícones gráficos padrões, que são empregados para fluxos de informações e para fluxos de materiais conforme poderemos observar na Fig. 3. Na Fig. 4 encontra-se representado um exemplo de um MFV do estado atual.

Figura 3: Ícones de mapeamento de fluxo de valores (MFV). Fonte: Jones & Womack (2011).

Ícones do Fluxo de Material



Ícones do Fluxo de Informação

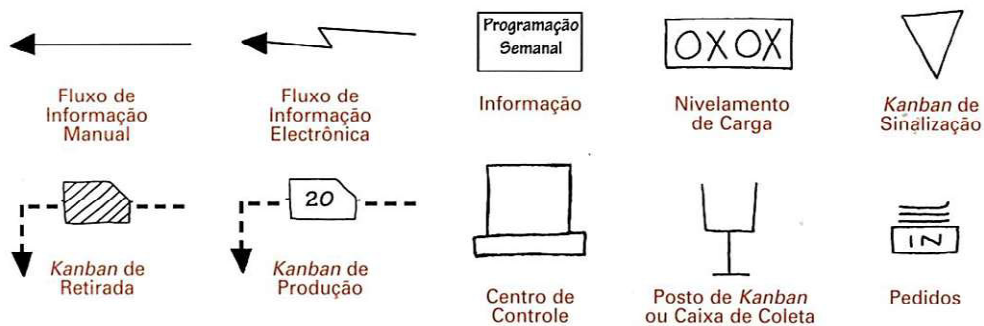
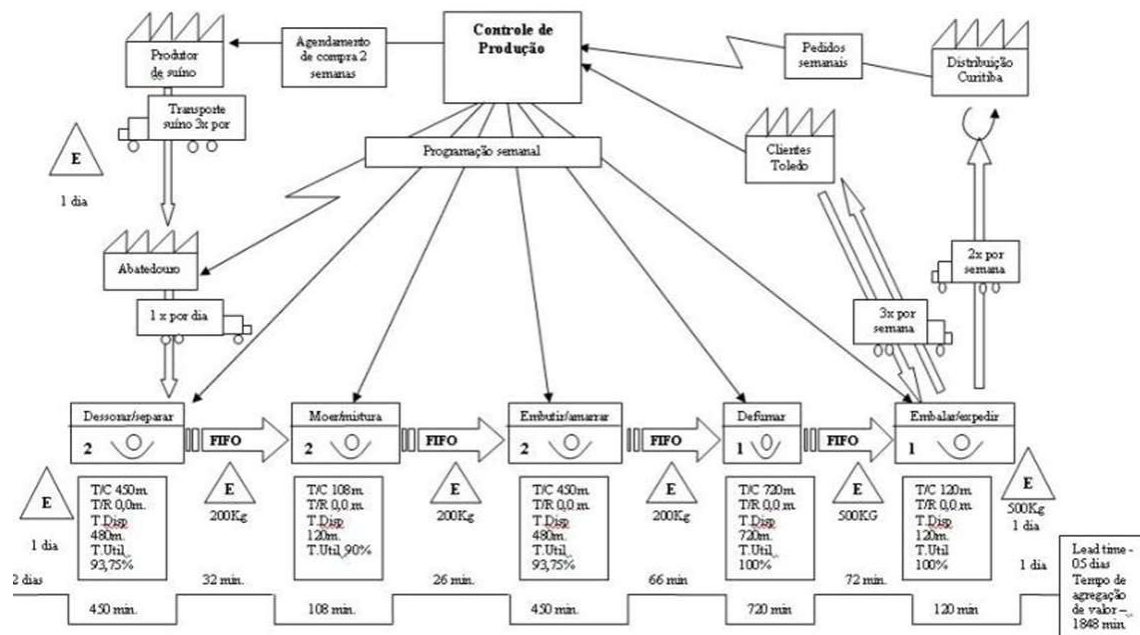
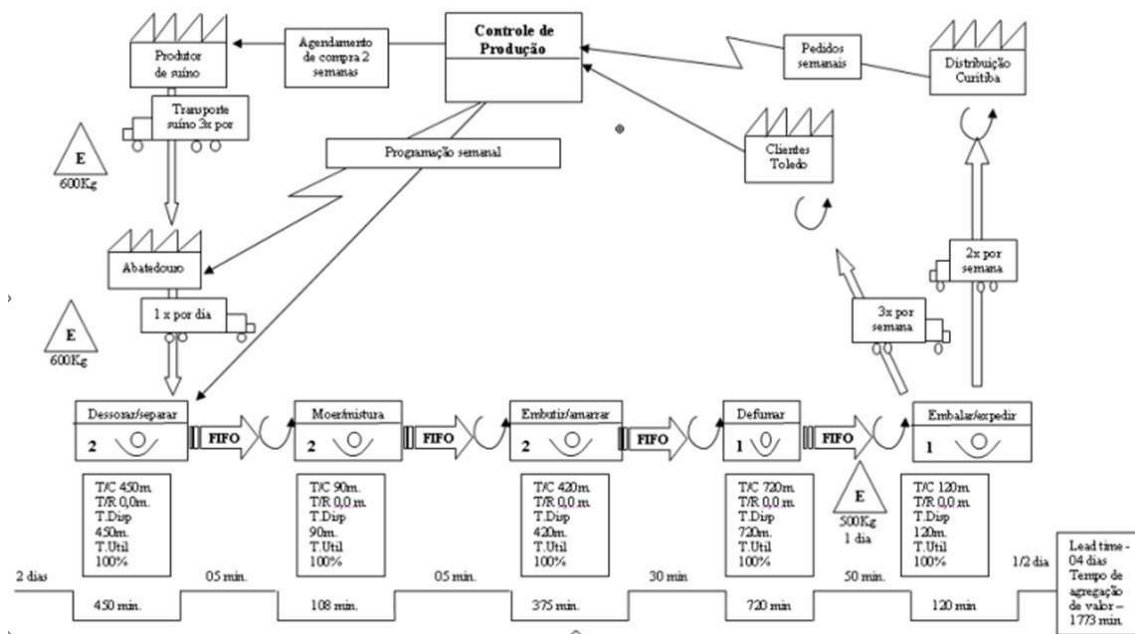


Figura 4: MFV representando o estado atual. Fonte: Modificado de Chiochetta & Casagrande (2007).



- Representação do estado futuro – de acordo com Jones *et al.* (2011), nesta etapa definimos os resultados de evolução do fluxo de valores após a realização de melhorias do fluxo, considerando a eliminação de etapas desnecessárias e a eliminação dos desperdícios. O produto desta etapa é proveniente da resposta concreta e planejada que a equipe de mapeamento do fluxo de valor dará à seguinte pergunta: “O que deve ser feito e em que sequência para criar um estado futuro melhor?”. Na Fig. 5 é mostrado uma representação de MFV de estado futuro.

Figura 5: MFV representando o estado futuro. Fonte: Modificado de Chiochetta & Casagrande (2007).



- Implantação do plano do fluxo de valor – por fim, são implantados os planos de ações desenvolvidos com base nas oportunidades de melhorias do fluxo de valor identificadas na etapa de desenho do fluxo de valor do estado futuro. Esta etapa é crucial para o sucesso da mudança e está diretamente relacionada à competência de gerenciamento do processo (ROTHER & SHOOK, 1999).

De acordo com os autores Tapping & Shuker (2010), para que haja a devida implementação do MFV na empresa, são necessárias quatro funções cruciais para tal, sendo elas: o comprometimento com a melhoria do fluxo de valor, o entendimento da demanda dos clientes, o mapeamento com precisão do fluxo de valor no estado atual e a comunicação com todos os envolvidos no fluxo de valor.

Tais autores declaram que o papel da liderança na implementação do *Lean* é transmitir propósito, objetivo e preocupações, suportando e bancando o aporte de recursos como: treinamentos, reconhecimento, comunicação e capacitações em ferramentas *Lean*, conforme as equipes de funcionários se engajam na solução dos problemas existentes. Esta dinâmica onde a liderança fornece o norte verdadeiro e os funcionários puxam os recursos para a implementação das melhorias é o motor de transformação *Lean*, que os autores Tapping & Shuker (2010) dizem ser fundamental.

Então, de acordo com Tapping & Shuker (2010), neste processo, a liderança desempenha o papel de agente de mudança, suportando as equipes executantes com visão e recursos, enquanto que as equipes executantes são o coração do sistema, atuando como guardiães da busca incessante pela eliminação de desperdícios, melhoria das condições de trabalho, aumento da estabilidade dos resultados e disciplina com o método.

3.3. Desperdícios

Segundo Ohno (1988), criador dos conceitos dos sete desperdícios da produção, dizemos que desperdício é uma ação que não acrescenta valor ao produto ou serviço, sobre o ponto de vista do cliente, acrescentando apenas tempo e custo a produção. Já para Pinto (2013), definimos desperdício como toda e qualquer atividade que, no ponto de vista dos clientes, não acrescenta valor ao produto ou ao serviço.

3.3.1. Desperdícios do Lean Manufacturing

Bhamu & Singh Sangwan (2014) afirmam que a mentalidade enxuta é uma forma de repensar a organização e melhorar o sistema industrial, focando na identificação e eliminação de desperdícios. Já os autores Womack & Jones (2004) definem três categorias de atividades que existem nos processos produtivos: as que agregam valor, as que não agregam valor, mas são necessárias, e as que não agregam valor.

Também chamamos por desperdícios tipo 1, as atividades que não agregam valor, mas que são necessárias ao processo produtivo. Estes desperdícios devem ser mitigados, quando não forem possíveis de serem eliminadas. Chamamos por desperdícios tipo 2 as atividades que não agregam valor, e que não são necessárias ao processo produtivo, estas atividades adicionam apenas tempo e custo ao processo. Estas atividades devem ser eliminadas imediatamente.

Os processos administrativos das empresas integram o fluxo de valor do negócio, e por consequência precisam ser enxugadas, assim como os processos de manufatura, de modo à apresentarem menores *lead times*, maiores eficiências e menores desperdícios (LAGO, CARVALHO & RIBEIRO, 2008). A aplicação do *lean* nos processos administrativos surge da necessidade de produzir com maior agregação de valor possível, do ponto de vista dos clientes.

Para Ohno (1988) e Womack & Jones (2004), os sete desperdícios que devemos enxergar e eliminar dos sistemas produtivos são:

- **Superprodução:** produzir mais que o necessário, não seguindo o ritmo de demanda do cliente. Este desperdício é considerado o pior dos sete, devido ao fato de o mesmo esconder a existência dos demais desperdícios no processo (VIEIRA MESQUITA et al., 2014).
- **Espera:** tempos de ociosidade dos trabalhadores ou das máquinas, esperando os recursos necessários para a realização do trabalho demandado.
- **Transporte:** movimentação de materiais, produtos e informações pelo processo, de modo a conectar as células de trabalho, ou mesmo estocar recursos.
- **Processamento excessivo:** realização de trabalho além da especificação do produto.
- **Estoque:** estoques de materiais, insumos e pedidos, que não estão sendo processados, aguardando o momento para sofrerem processamento.
- **Movimentação:** movimentação do trabalhador no processo produtivo, que não estão agregando valor no ato de seu movimento.
- **Retrabalho:** necessidade de retrabalhar os produtos ou as informações devido ao não atendimento aos requisitos de qualidade. Este desperdício pode estar relacionado a falta de padronização do processo, ou a falta de regulação ou defeitos nas máquinas (SOARES, 2013).

3.3.2. Os desperdícios do ambiente Office

Para Rubrich (2004), existem outros desperdícios identificados no ambiente administrativo, além dos desperdícios apresentados por Ohno (1988), dos quais destacamos 6 desperdícios, que foram apontados pelo autor, sendo eles: arranjo físico ou layout do escritório, excesso de materiais de escritório e equipamentos, espaço de trabalho desorganizado, objetivos departamentais não-alinhados com a estratégia da empresa, tempo perdido para localizar pastas e documentos nos arquivos físicos, e ações para resolver problemas secundários, irrelevantes para a função do empregado;

Já o autor Lareau (2003) descreveu 26 desperdícios do ambiente administrativo, dentre estes, destacamos 12 desperdícios, conforme seguem:

- **Controle:** ações de controle de processos, que não agregam valor ao produto final;

- **Variabilidade:** ações de correção dos produtos gerados;
- **Alteração:** alterações deliberadas dos processos administrativos, de modo a produzir resultados adversos aos requeridos;
- **Estratégia:** aporte de recursos para atendimento da estratégia interna da companhia, sem que haja agregação de valor ao produto do ponto de vista dos clientes;
- **Confiabilidade:** aporte de recursos para que haja capacidade de reação e correção em casos de ocorrência de resultados imprevisíveis e com causas desconhecidas;
- **Normalização:** ações de adequação de formato ou conteúdo dos produtos gerados pelo processo, de modo a atender requisitos de qualidade dos mesmos;
- **Sub-otimização:** ações de diferentes processos que concorrem entre si na execução de produtos duplicados, ou um processo adulterando os produtos gerados pelo outro;
- **Processos Informais:** aporte de recursos para execução de processos informais, normalmente ocorrendo de forma paralela, de modo a compensar a incapacidade dos processos oficiais.
- **Informação Perdida:** perda de informações ao longo do processo, o que causa a interrupção o fluxo, sendo necessário o retrabalho;
- **Falta de Integração:** esforço despendido para a transferência de informações entre diferentes áreas e departamentos;
- **Irrelevância:** recursos despendidos em ações que gerarão produtos e informações que não serão utilizadas por nenhum cliente;
- **Disciplina:** ocorrência de quebra do fluxo contínuo devido ao não cumprimento de rotinas estabelecidas;

3.3.3. Os desperdícios da manutenção

Para Pinto (2013) e Ohno (1988), na manutenção são observados desperdícios característicos do processo, podendo estes serem do tipo: trabalho improdutivo, atrasos, má gestão de materiais e peças de reserva, retrabalho, subutilização de recursos, gestão de dados incorreta e negligência na aplicação de equipamentos.

3.4. Análise e solução de problemas

A solução de problemas é algo fundamental na administração de um negócio, visto que um problema é a distância existente entre um resultado real e um resultado almejado (CAMPOS, 1996). No cenário atual do mercado, a competitividade das empresas garante a sobrevivência destas. De acordo com Correa (2004), para uma empresa ser competitiva, esta deve ser uma exímia solucionadora de problemas.

Ishikawa (1985), por exemplo, a raiz do sucesso financeiro das empresas japonesas é o gerenciamento disciplinado dos processos, por todos na empresa, aplicando-se o método de análise e solução de problemas. Para Alvarez (1996), podemos dividir a excelência das organizações em duas áreas: a primeira diz respeito ao processo de planejamento estratégico e a segunda está relacionada com os processos de soluções dos problemas do dia a dia e de melhoria contínua.

Para Feigenbaun (1994), a solução de problemas deveria possuir duas identidades fundamentais: a solução de curto prazo e a de longo prazo. A solução de curto prazo seria a ação corretiva para contenção dos efeitos do problema, de modo a minimizar os impactos potenciais, e garantir a retomada das operações. A solução de longo prazo seria a solução voltada ao bloquear as causas raízes geradoras dos problemas. Este segundo tipo de solução atém-se a aplicação rigorosa do método de análise e cheque da eficiência da solução aplicada.

De acordo com Turner (2008), o método de análise e solução de problemas apresenta quatro etapas fundamentais em sua implementação: identificar o problema, analisar o problema, implementar as soluções e verificar as soluções implementadas. Para Campos (2004), existem diversas ferramentas de análise e solução de problemas, mas o método implementado é o mesmo, o fundamentado no método científico, onde podemos destacar: a identificação do problema, priorizando as causas raízes, a elaboração dos planos de ação, a execução do plano de ação, o cheque da eficácia do plano de ação executado, a tomada de ações corretivas de acordo com o resultado do cheque de eficácia do plano, e a padronização das soluções, de modo a estabilizar os resultados.

3.5. Manutenção

A manutenção pode ser entendida como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários para garantir o funcionamento adequado de máquinas e equipamentos dos sistemas produtivos (DE ALMEIDA, 2018) (FABRO et al., 2003). Para Pinto (2013), a manutenção é o conjunto das atividades que prezam por manter em boas condições de funcionamento os equipamentos, sistemas e instalações, através da aplicação de manutenções planejadas e não planejadas, de modo que o sistema operacional alcance o desempenho esperado.

De acordo com De Almeida (2018), ao longo do tempo surgiram 5 tipos de manutenção, que são elas: corretiva, preventiva, preditiva, manutenção produtiva total, também conhecida como TPM, sigla em inglês para *Total Productive Maintenance* e manutenção centrada na confiabilidade (MCC). Para Pinto (2013), a manutenção é subdividida em modelos de manutenção, sendo estas classificadas em: manutenção preventiva sistemática, manutenção condicionada, manutenção corretiva programada, que são as melhorias ou reformas dos ativos, e manutenção corretiva de emergência, que são as corretivas executadas quando ativo apresenta defeito ou falha.

3.5.1. Manutenção Condicionada

De acordo com Pinto (2013), manutenção condicionada é uma estratégia de manutenção que alia: a inspeção rotineira dos equipamentos industriais, o planejamento da manutenção para correção dos problemas diagnosticados pela inspeção e as ações planejadas que devem ser executadas antes que ocorram as falhas. Este modelo de manutenção possibilita otimizar a parada do ativo industrial para a realização da manutenção, possibilitando que os recursos necessários para a manutenção sejam planejados e provisionados na frente de serviço para a realização da manutenção com mínimo de transtorno possível as operações.

3.5.2. Indicadores da manutenção

Para Pinto (2013), os indicadores da manutenção têm que ajudar o processo de manutenção a estar conectado à estratégia da empresa. Estes indicadores estão distribuídos em três categorias: métricas *bottom line*, métricas de desempenho da

manutenção e métricas de eficácia do planejamento. Alguns indicadores que o autor elencou para cada uma das três categorias estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Métricas da manutenção por categoria. Fonte: Pinto (2013).

Métricas <i>Bottom Line</i>	Desempenho da Manutenção	Eficácia do Planejamento
Custo da manutenção / Unidades produzidas	% de atividades de manutenção planejadas	Horas planejadas em função do total de horas atual
Custo de energia / Unidades produzidas	Resultados dos projetos de melhoria contínua	Robustez dos planos de programas de manutenção preventiva (MP e Condicionada)
Percentual de <i>down time</i>	Dimensão do <i>backlog</i> (Ordens de manutenção aberdas)	Cumprimento dos planos de manutenção preventiva (MP e Condicionada)
Capital imobilizado em materiais e peças de reserva	Índice de satisfação dos clientes da manutenção	Utilização de recursos da manutenção

De acordo com Fabro (2003), os indicadores de desempenho da manutenção são informações monitoradas que indicam o desempenho do processo de manutenção quanto ao alcance dos seus objetivos estratégicos.

No entanto, mesmo que não tenha sido destacado na tabela 1 que traz os exemplos de indicadores apresentados por Pinto (2013), os autores Fogliatto & Ribeiro (2009) afirmam que o índice de disponibilidade, ou apenas disponibilidade, é um dos principais indicadores de manutenção, por expressar o tempo que o equipamento está disponível para o processo de operação, quando ele precisa do equipamento.

Para Cerveira & Sellitto (2015), o indicador disponibilidade é importante para aplicações de gestão de manutenção de equipamentos gargalos dos processos, pois quanto maior for a disponibilidade dos mesmos, menor será o impacto no volume de produção.

Para a empresa estudada, o índice de disponibilidade do equipamento, também chamado de disponibilidade operacional do equipamento, expressa a relação entre o tempo demandado pela operação do equipamento, também chamado de tempo de jornada, com o tempo que o equipamento ficou indisponível para a operação, também chamado de tempo indisponível. De modo geral, a disponibilidade operacional de um dado sistema pode ser expressa conforme Equação 1:

$$DO (\%) = \frac{\text{Tempo de jornada} - \text{Tempo indisponível}}{\text{Tempo de jornada}} \quad (\text{Eq. 1})$$

3.6. Ferrovia

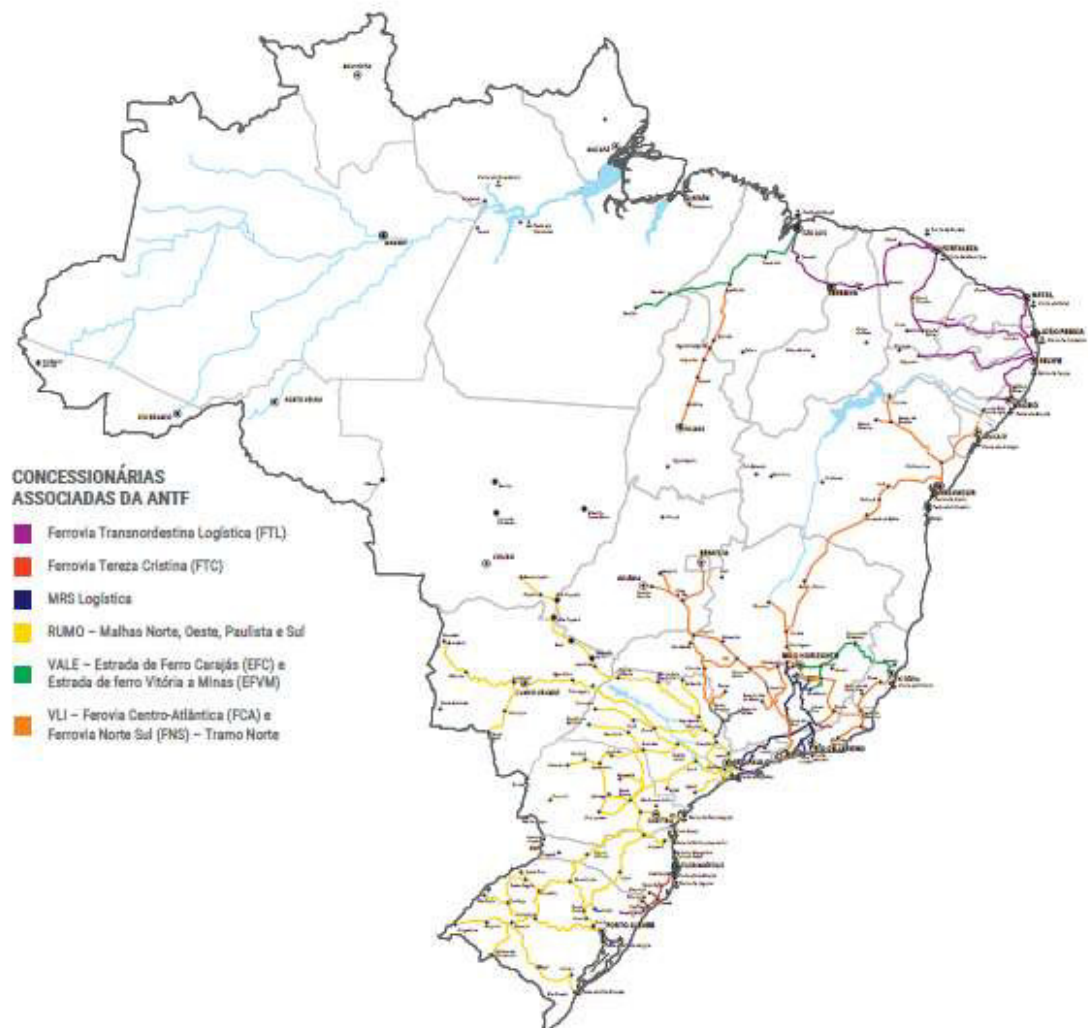
De acordo com Dos Santos et al. (2018), a solução para que ocorresse a retomada da expansão da malha ferroviária brasileira e o aporte de investimentos para aumento da produtividade e eficiência das ferrovias, foi a realização de contratos de concessão das ferrovias ao capital privado.

Para Santos (2012), o início das concessões das ferrovias com privatizações das empresas iniciou-se na década de 90, e este processo possibilitou o aumento da participação do modal ferroviário no transporte de cargas no Brasil, passando a responder por 25% do transporte nacional já em 2006, segundo Dos Santos et al. (2018). No entanto, a falta de integração da malha ferroviária e a condição da infraestrutura ferroviária ser muito antiga, a eficiência do sistema ferroviário brasileiro ainda é baixo. Este fato se dá principalmente pelo fato de que os investimentos para renovação da via permanente destas ferrovias exigem grandes volumes de capital.

Em se tratando de investimento, Dos Santos, *et. al.* (2018) afirma que para instalação de uma ferrovia este é intensivo principalmente em infraestrutura ferroviária e nos ativos rodantes, que são vagões e locomotivas. O que justificaria este volumoso investimento seriam grandes volumes transportados a grandes distâncias, sendo assim, não invariavelmente as ferrovias brasileiras com melhores índices de eficiência são as ligadas aos *commodities* minerais e agrícolas.

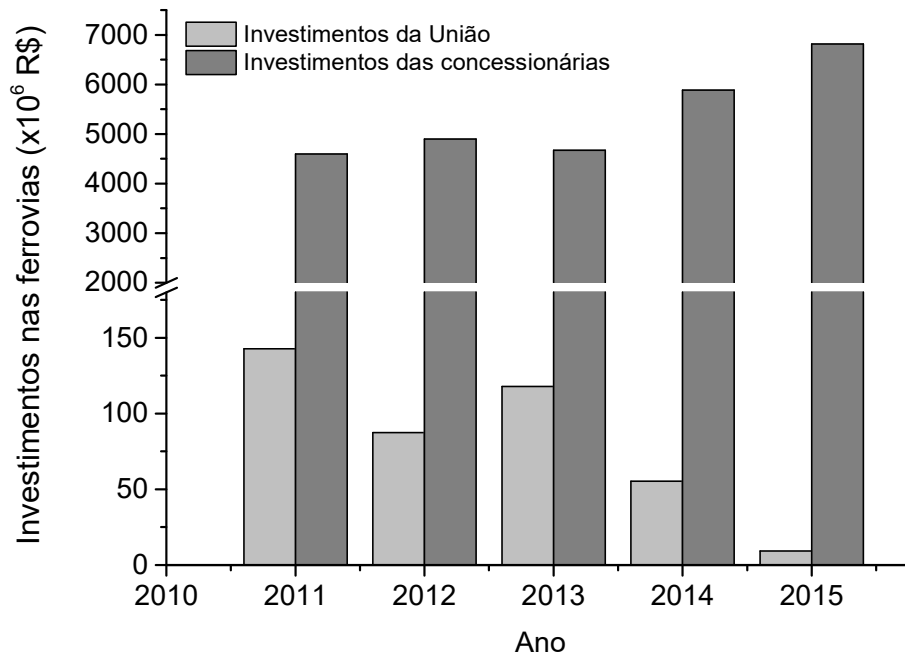
Segundo a ANTF (2018), o Brasil possui cerca de 27.782 Km de ferrovia, ligando os polos produtores aos principais portos brasileiros, e interligando ferrovias, como no caso da Ferrovia Norte Sul, que se liga à Estrada de Ferro Carajás, possibilitando o escoamento das produções agrícolas do centro-norte do país para o porto do Itaqui no Maranhão. Na figura 6 vemos o mapa das ferrovias no Brasil.

Figura 6: Mapa das ferrovias brasileiras (Fonte: ANTF, 2018).



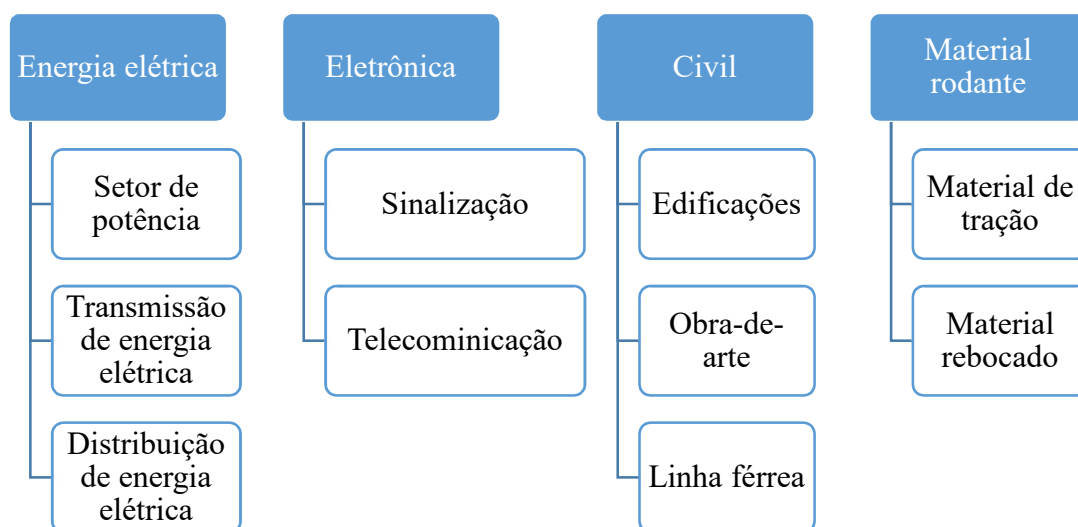
Segundo a ANTF (2018), as ferrovias associadas a ela investiram mais de R\$ 92 bilhões de reais entre 1996 e 2017, o que refletiria o sucesso da concessão de serviços de transporte ferroviário a iniciativa privada. Estes investimentos ocorreram principalmente na melhoria e recuperação da malha ferroviária, na compra e reforma dos materiais rodantes e na aquisição de tecnologias. Na figura 7 podemos ver o aumento expressivo do investimento da iniciativa privada em ferrovias, ao mesmo tempo que a União reduz sua parcela de investimentos em ferrovias.

Figura 7: Investimentos nas ferrovias brasileiras de 2010 a 2015. Fonte: ANTF (2018).



Segundo Coimbra (2008), o sistema de transporte ferroviário pode ser dividido em subsistemas, são eles: energia elétrica, eletrônica, material rodante e civil. Estes subsistemas se dividem em outros subsistemas (Fig. 8).

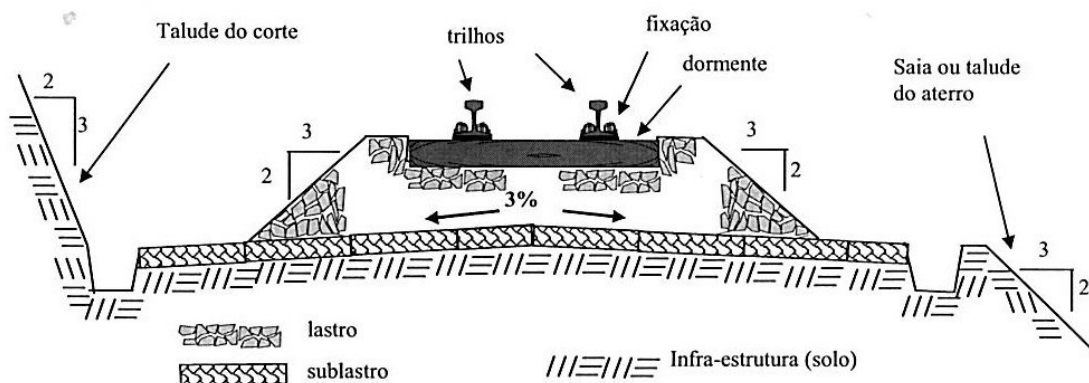
Figura 8: O desdobramento dos subsistemas de transporte ferroviário. Fonte: Adaptado de Coimbra (2008).



3.6. Via permanente

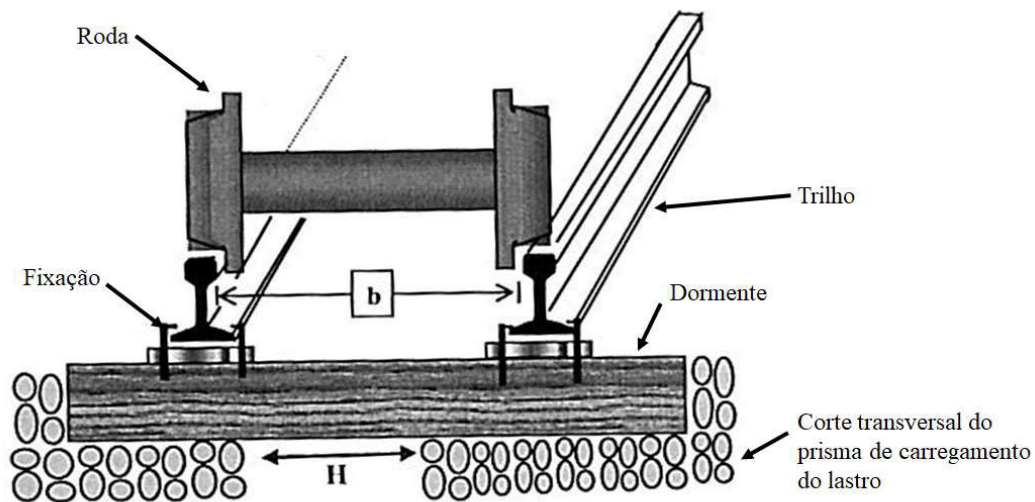
O subsistema Linha férrea, apresentado na figura 8, é desdobrado em dois outros subsistemas, sendo estes a infraestrutura e a superestrutura ferroviárias. A linha férrea pode ser entendida como o conjunto de construções, instalações e equipamentos destinados a possibilitar o tráfego de veículos ferroviários (COIMBRA, 2008). Na Fig. 9 podemos observar uma ilustração do corte transversal da linha férrea, observando a distribuição espacial dos elementos que a compõe.

Figura 9: Seção transversal da linha férrea. Fonte: Magalhães *et al.* (2011), pag. 171.



O autor Magalhães *et al.* (2011) define a superestrutura ferroviária como um conjunto de quatro elementos heterogêneos que interagem entre si, de modo a fornecer as condições adequadas de suporte, pista de rolamento e guia para o material rodante que trafega na mesma. Estes quatro elementos que integram a superestrutura ferroviária são: trilhos, dormentes, fixações e lastro. Podemos verificar na Fig. 10 a distribuição espacial destes elementos.

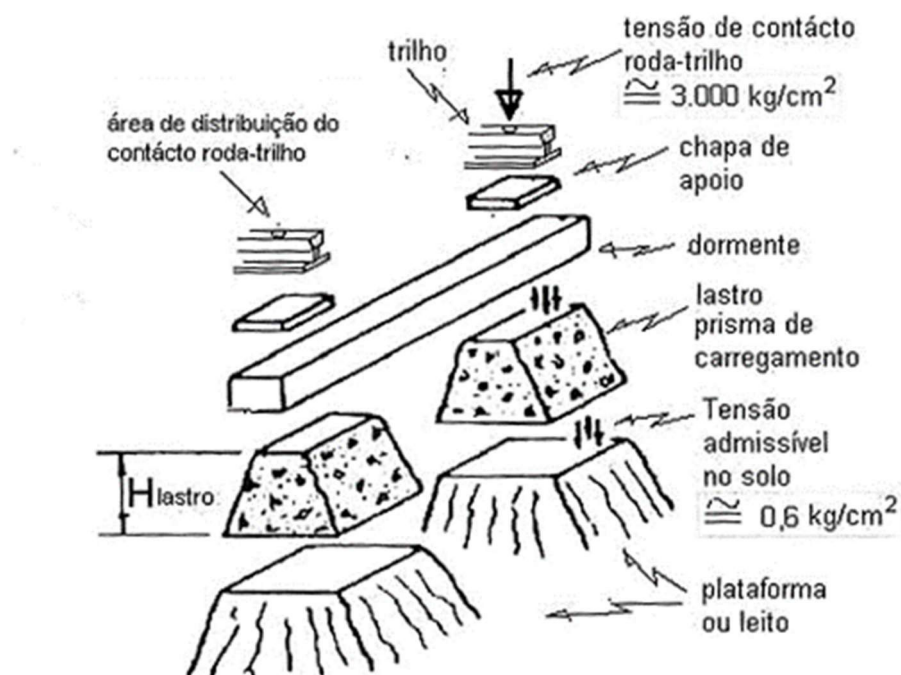
Figura 10: Distribuição espacial dos quatro elementos da superestrutura. Fonte: Adaptado pelo autor de Magalhães *et al.* (2011).



Já para o autor Branco *et al.* (2000), a superestrutura ferroviária tem a função de receber e distribuir as cargas de esforços de aplicação direta, decorrentes da circulação do material rodante, para a infraestrutura ferroviária, garantindo a segurança operacional e a estabilidade longitudinal, lateral e vertical do plano de rolamento dos veículos rodantes (BRANCO *et al.*, 2000).

Em relação a distribuição das cargas de esforços para a o leito, situado na infraestrutura, o autor Magalhães *et al.* (2011) define que os quatro elementos da superestrutura exercem papéis fundamentais de suporte a circulação, distribuindo e transmitindo as cargas de esforços entre eles. Esta distribuição e transmissão da carga chega até o leito ferroviário, onde há a transmissão de uma carga de solicitação que esteja dentro do limite de resiliência deste leito. O fenômeno de distribuição e transmissão de cargas de esforços, que ocorrem na linha férrea, estão ilustrados na Fig. 11.

Figura 11: Distribuição e transmissão de cargas de esforços entre os elementos da linha férrea. Fonte: Magalhães *et al.* (2011).



Como indicado na Fig. 11, a tensão de carregamento no contato da roda do material rodante com o trilho é atenuada em aproximadamente 99,98% até ser transmitida ao leito, de modo a atender a tensão admissível do solo do leito ferroviário.

De acordo com Brina (1982), podemos chamar a superestrutura da linha férrea pela nomenclatura de via permanente. Nos capítulos seguintes, serão apresentados alguns componentes da via permanente.

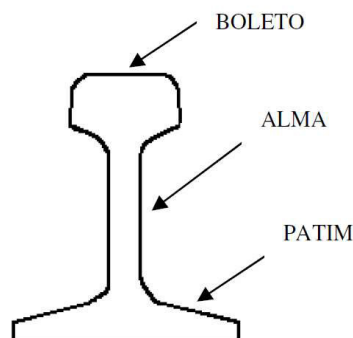
3.6.1.1. Trilho

O trilho é uma viga de aço carbono que recebe os carregamentos de esforços provenientes do contato direto com a roda dos veículos ferroviários. Estes carregamentos podem ser dinâmicos, quando os materiais rodantes se encontram em movimento, ou podem ser estáticos, quando os materiais rodantes estiverem parados. Podemos dizer que o trilho exerce a função de suportar e guiar os veículos ferroviários em circulação (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

O trilho possui três partes principais, sendo elas: o boleto, a alma e o patim. Estes elementos do trilho são dimensionados conforme as especificações de carregamentos que

o trilho será empregado. O boleto é o elemento do trilho que entra em contato direto com a roda dos veículos ferroviários, e este transmite a tensão do carregamento para a alma do trilho, quando esta transmitirá as cargas para o patim, que por fim transmitirá as cargas do carregamento ao dormente. Na Fig. 12 podemos conferir o corte transversal de um trilho, onde são apresentadas as suas três partes principais.

Figura 12: Ilustração do corte transversal de um trilho ferroviário. Fonte: Semprebone *et al.* (2005), pag. 9.



3.6.1.2.Dormente

Os dormentes são elementos que suportam os dois trilhos ferroviários e estão dispostos na direção transversal ao eixo principal da via permanente. Os dormentes estão dispostos entre os trilhos e o lastro, sendo os transmissores das cargas de carregamento dos trilhos para o lastro (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

As principais funções dos dormentes da via permanente são: suportar os trilhos, absorver as cargas verticais e horizontais transmitidas pelos trilhos, manter a estabilidade da via nos planos vertical e horizontal (lateral e longitudinal) e manter o isolamento elétrico dos trilhos (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Os dormentes podem ser de diferentes tipos de materiais, podendo ser de: madeira, concreto, concreto monobloco, aço e sintético. O emprego dos diferentes tipos de dormentes deve seguir a orientação dos requisitos de operação da ferrovia e das condições do meio as quais a via permanente está exposta. Os quatro elementos que caracterizam os dormentes devem ser especificados de acordo com a aplicação, e são eles: as dimensões, a forma, o peso e o material (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

3.6.1.3. Lastro

Conforme conferimos no capítulo anterior, o lastro é o elemento da via permanente que recebe as cargas de esforços dos dormentes e transfere para o leito da infraestrutura ferroviária. As principais funções do lastro são: distribuir uniformemente sobre o leito as cargas que recebe dos dormentes, estabilizar a via permanente nas direções verticais, longitudinais e laterais, amortecer através das suas propriedades físicas de elasticidade e amortecimento as cargas de esforços dinâmicos exercidas pela circulação dos materiais rodantes, drenar as águas de chuva e permitir a recuperação geométrica da linha mediante operações de alinhamento e nivelamento executadas pela manutenção de via permanente (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Para que o lastro consiga desempenhar estas funções descritas acima, é necessário que o mesmo apresente algumas características técnicas, que são elas: natureza do material, granulometria do material empregado, forma geométrica dos grãos do material empregado, resistência a ruptura dos grãos aos esforços de compressão, resistência ao desgaste ou abrasão, massa específica. Os materiais mais comumente empregados no lastro são: pedra britada, escória de aciaria e cascalho quebrado (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

3.6.2. Manutenção da via permanente

Os elementos da via permanente sofrem degradação ao longo do tempo, necessitando da aplicação de estratégias de manutenção que contemplem: a preservação das características técnicas necessárias para a circulação ferroviária segura e eficiente, menores custos com a reposição de materiais de via permanente, e menores impactos de indisponibilidade da via permanente para a circulação de trens.

Os tipos de manutenção de via permanente são dois: a conserva tradicional e a conserva cíclica. A conserva tradicional atua na manutenção após a falha, atuando de modo não planejado, respondendo emergencialmente as necessidades da via permanente. Já a conserva cíclica é o método empregado de modo que haja uma periodicidade da manutenção, empregando-se ciclos de manutenção da via permanente (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

A estratégia de conserva cíclica da via permanente concentra os recursos de manutenção em janelas de manutenções preventivas. Este modelo de manutenção gera a

possibilidade de mecanização das atividades de serviços de manutenção. Este modelo também aumenta a confiabilidade da via permanente, e reduz as ocorrências de sinistros ferroviários, consequentemente aumentando a eficiência da circulação ferroviária (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Os serviços executados na manutenção da via permanente são: esmerilhamento periódico dos boletos dos trilhos, para evitar a evolução das trincas internas nos trilhos, substituição de barras de trilhos degradados, substituição de dormentes deteriorados, desguarnecimento e renovação de lastro colmatado, limpeza de ombro de lastro, alinhamento e nivelamento da linha (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

A manutenção mecanizada da via permanente permite ao processo de manutenção de via permanente executar o esmerilhamento de trilhos, o desguarnecimento e renovação de lastro colmatado, a limpeza de ombro de lastro e o alinhamento e nivelamento da linha. Devido as maiores capacidade e qualidade da manutenção mecanizada da via permanente, a manutenção cíclica da via torna-se muito mais eficiente (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Existem atividades de inspeção que auxiliam a tomada de decisão do processo de planejamento de manutenção da via permanente. Este auxílio ocorre através da detecção de falhas ou defeitos nos elementos da via permanente, empregando inspeção dos parâmetros técnicos da via, utilizando técnicas de medição direta. Estas técnicas de detecção podem ser executadas por tecnologias embarcadas em veículos ferroviários, ou por de técnicos de manutenção de via permanente que circulam na via inspecionando visualmente os elementos da superestrutura (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Os equipamentos utilizados para a realização destes serviços de manutenção da via permanente são ativos intensivos em capital, produzidos sobre encomenda, e geralmente são produzidos fora do Brasil, o que encarece a manutenção e a torna ineficiente, pois o processo de reposição de materiais e peças apresentam *lead times* elevados.

4. METODOLOGIA

O passo-a-passo da metodologia empregada neste estudo seguiu a sistemática de estudo de caso, que é caracterizado como um método de pesquisa qualitativo de caráter empírico (POMMERENING, 2018), (YIN, 2015). Segundo os mesmos autores, neste tipo de pesquisa faz-se necessário a coleta de evidências através de visitas à organização estudada, possibilitando entrevistar os atores e observar *in loco* o fenômeno estudado ocorrendo. Para esta realização, o pesquisador deve compreender a complexidade do fenômeno e estar consciente dos diferentes pontos de vista sobre o mesmo.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi fundamental a coleta e análise de dados dentro de um contexto real, apresentando uma sequência lógica, de modo a possibilitar a conexão do problema e das questões iniciais às conclusões (YIN, 2015).

Desse modo, o estudo de caso iniciou-se com a análise do processo de máquinas de via e do subprocesso de PCM com o objetivo de diagnosticar os problemas reais, quando houve a possibilidade de recomendar a metodologia do *Lean Office* para a solução dos mesmos. Esta medida surgiu exatamente da necessidade de vinculação da aplicação da metodologia *Lean Office* à solução de um problema real diagnosticado pela empresa, o que, de acordo com Tapping & Shuker (2011), aumenta as chances de sucesso da implantação pelo engajamento e patrocínio dos líderes e dos liderados da empresa.

Estas análises iniciais dos processos de manutenção de máquinas de via e do PCM utilizaram-se de métodos de análise de indicadores e de observação direta do processo, de modo que houvesse confirmação dos problemas diagnosticados nos indicadores. As informações utilizadas para as análises foram cedidas pelo processo de manutenção de máquinas de via, com a devida validação gerencial do uso destas informações. Estas informações foram provenientes de dados extraídos do sistema informatizado oficial da empresa.

Estes dados citados acima são referentes a notas de manutenção (Notas), que são criados por técnicos que inspecionam os ativos e detectam necessidades de manutenção, e ordens de manutenção (OM) que são criadas no sistema informatizado de manutenção pelo subprocesso PCM e recebem classificações conforme o tipo de manutenção a qual se referem, estas classificações são: YPM (Ordem de manutenção preventiva de ativos), YCM (Ordem de manutenção condicionada de ativos), YIM (Ordem de melhoria), YSS (Ordem de serviço de apoio), YEM (Ordem de corretiva, ou corretiva emergencial) e

YRR (Ordem de manutenção de reforma e reparo de componentes, também classificada como manutenção condicionada de componentes).

As OM que foram utilizadas para media a quantidade de ordens estagnadas no sistema informatizado de manutenção foram as YCM e YRR, que se referem a OM de manutenção condicionada de ativos e de componentes, respectivamente. Os indicadores de % de tratamento de OM dentro do mês de criação e de quantidade de OM por faixa de tempo de existência estão contaminados com OM do tipo YPM, YIM, YSS e YEM.

No entanto, estas informações foram consideradas úteis para análise das alterações dos resultados dos indicadores influenciadas pelas modificações realizadas nos processos, pois as OM tipo YPM são sistemáticas planejadas para as 52 semanas do ano, não sofrendo alterações de quantidades ao longo do ano, e representam 23,17% do total das OM em fevereiro de 2018, e as OM tipo YIM, YSS e YEM representam 10,74% do total das OM em fevereiro de 2018.

As análises de campo utilizaram formulários de diagnóstico de processo, elaborados pelo processo corporativo responsável pelas auditorias internas dos processos da empresa estudada. Estes diagnósticos em campo contaram com a participação ativa dos integrantes dos processos que compunham a equipe de implantação do projeto, como também de convidados de outros processos da empresa, de modo a apresentarem pontos de vistas imparciais sobre os fenômenos dos processos.

Para implementação do método de *Lean Office*, foi escolhido como referência para estruturação dos marcos projeto o método proposto por Don Tapping e Tom Shuker, em sua obra intitulada “8 passos para implementar o *Lean Office*”, publicada em 2010, de modo que fosse alcançado o objetivo principal de redução de desperdícios de inventário do processo do PCM e o aumento do desempenho dos indicadores de manutenção. Para tal, foram estabelecidos os critérios de:

- As métricas utilizadas para avaliação do desempenho do processo devem ser calculadas através de dados extraídos do sistema informatizado oficial da empresa;
- Os desperdícios avaliados e tratados devem ser aqueles mensuráveis através dos dados do sistema informatizado;
- As oito etapas propostas pela metodologia de Tapping & Shuker (2010) deverão ser implementadas.

Desse modo, a implementação da metodologia *Lean Office* seguiu-se da seguinte forma: divulgação para a equipe do PCM de máquinas de via do projeto de *Lean Office* do PCM, capacitação da equipe do PCM de máquinas de via nos conceitos *Lean*, mapeamento do fluxo de valor atual do PCM, realizando a identificação dos desperdícios e o levantamento dos problemas, elaboração do mapa do estado futuro do PCM de máquinas de via, elaboração do plano de ação para tratamento dos problemas identificados no processo atual, redefinição do mapa de processo e dos papéis e responsabilidades do PCM de máquinas de via, proposição das métricas *Lean* de medição de desempenho dos processos e padronização do processo para estabilizar os resultados.

Na etapa de divulgação para a equipe do PCM de máquinas de via do projeto de *Lean Office* do PCM, tomando como referência o primeiro princípio de implementação do *Lean Office* que é “comprometer-se com o *Lean*”, foi definida uma estratégia inicial com o objetivo central de engajamento das pessoas chaves para a implantação do projeto, adotando como ponto chave da comunicação o problema que a metodologia *Lean Office* iria ajudar a resolver.

Esta estratégia de divulgação e engajamento foi definida como o cumprimento das seguintes etapas: elaboração da carta do projeto, apresentação da carta do projeto aos integrantes da equipe do projeto, ao supervisor do PCM e ao gerente de manutenção de máquinas de via, apresentação da carta do projeto, pelo gerente de máquinas de via, a todos os líderes dos subprocessos de máquinas de via e, por fim, apresentação da carta do projeto de *Lean Office*, pelo gerente, para todos os empregados da manutenção de máquinas de via.

Os membros da equipe do projeto foram definidos de acordo com as experiências que possuíam nos subprocessos de PCM e suas competências quanto a: liderança informal, capacidade de comunicação, trabalho em equipe e análise e solução de problemas. No total, foram escolhidos seis membros para composição da equipe de implantação. O patrocinador do projeto foi estabelecido como o próprio gerente da área, o líder de implantação do projeto foi definido como o supervisor do subprocesso de PCM de máquinas de via e o coordenador do projeto foi estabelecido como o analista de processos da gerência de manutenção de máquinas de via.

Os pontos chaves nesta etapa foram: o alinhamento dos marcos do projeto de *Lean Office* junto ao líder do projeto, e o mesmo ser o supervisor da equipe de PCM, o que facilitou a deliberação de responsabilidades sobre a execução de ações previstas dentro dos marcos do projeto, e o alinhamento dos demais líderes da manutenção de máquinas

de via quanto ao desafio do projeto e as responsabilidades que cada um teria no alcance do sucesso da implantação do projeto de *Lean Office* no PCM de máquinas de via.

Na etapa de capacitação da equipe do PCM de máquinas de via nos conceitos *Lean*, o objetivo fundamental foi o nivelamento do conhecimento de todos os envolvidos no projeto sobre os conceitos *Lean* considerados chaves pela equipe do projeto, para que houvesse sucesso na implantação através das pessoas, de modo que todos pudessem compreender os conceitos e contribuir com as melhorias da realidade do seu processo.

Inicialmente, foi realizado o mapeamento dos conceitos fundamentais para a implantação do projeto pelos participantes. Esta ação foi realizada junto com o processo, da empresa estudada, responsável pela capacitação dos funcionários. A listagem dos conceitos básicos foi realizada com base nos marcos do projeto, do mesmo modo foi mapeada a carência de conhecimento da equipe do projeto para cada conceito listado, o que possibilitou a proposição das ações de desenvolvimento necessárias.

Outro aspecto da capacitação da equipe que deve ser ressaltado é que todos os treinamentos foram realizados por membros internos da empresa, no caso dos conceitos básicos adquiridos no *workshop* de construção dos SIPOC dos subprocessos de último nível e dos fluxos atual e futuro do PCM, foram disseminados pelo próprio coordenador do projeto, que possui credenciamento de educador interno da empresa, o que minimizou o ônus por aquisição dos treinamentos e reduziu o tempo para a execução destes.

A etapa de mapeamento do fluxo de valor atual do PCM, realizando a identificação dos desperdícios e o levantamento dos problemas, teve a estratégia de sempre buscar a concordância entre os integrantes do projeto. A sequência de etapas desse marco foi definida de modo a possibilitar, a todos os membros da equipe, o entendimento da realidade do fluxo de valores do PCM de máquinas de via e o levantamento das referências internas da empresa sobre a organização de outros PCM da empresa e como seus valores fluem.

As etapas desse marco foram: levantamento das documentações existentes do subprocesso PCM de máquinas de via, mapeamento prévio, pelo coordenador do projeto, do fluxo de valor atual do PCM de máquinas de via, identificando, previamente, os principais desperdícios e problemas de interrupção do fluxo contínuo, levantamento das documentações existentes dos subprocessos PCM de outros processos de manutenção da empresa, estudo do mapa de fluxo de valor de outros PCM de processos de manutenção da empresa e, finalmente, mapeamento do MFV do estado atual do planejamento de manutenções condicionadas do subprocesso PCM de máquinas de via, por todos os

membros da equipe do projeto, identificando os desperdícios e os problemas de interrupção do fluxo contínuo.

Os desperdícios foram determinados à luz dos: sete desperdícios elencados por Ohno (1997), dos desperdícios do ambiente Office abordados por Lareau (2003) e Rubrich (2004) e os desperdícios da manutenção, elencados por Pinto (2013).

A dinâmica de construção do MFV do estado atual foi em forma de *workshop*, de modo cooperativo, com a participação de todos os *stakeholders* do projeto. O propósito desta etapa foi mapear o fluxo de valor atual, diagnosticando os problemas e os desperdícios existentes em cada etapa geradora de valor do PCM de máquinas de via.

Um ponto fundamental da estratégia utilizada no *workshop*, foi a disposição na parede de folhas de papel, onde as mesmas simbolizavam os subprocessos de último nível, sendo aplicado os conceitos de mapeamento de processos, onde os integrantes do *workshop* puderam conectar as etapas geradoras de valor considerando: as entradas e saídas necessárias, fornecedores e clientes, e sinalizando os problemas, existentes nessas interfaces, que impediam o valor de fluir sem interrupções, e os desperdícios. Estes subprocessos foram conectados em forma de fluxo, de modo visual e expositivo.

Durante toda a dinâmica, o coordenador do projeto provocou os participantes à pensarem em quais seriam as entradas necessárias para composição das saídas dos subprocessos, isso os conduziu a construir o fluxo de trás para frente, desde a entrega da programação das OM para a execução da manutenção, até o recebimento das notas de manutenção da equipe de inspeção de ativos. Deste modo, ficou claro os problemas de quebra de fluxo contínuo, queima de etapas e espaços em branco no processo.

Outro aspecto fundamental foi a instigação dos presentes, para reflexão sobre os desperdícios presentes em todo o fluxo de valor do PCM, e sobre a falta de visibilidade dos desperdícios do fluxo de valor do PCM, causado por indisponibilidade de informações de sistema, como no caso da falta de visibilidade da quantidade de OM acumuladas ao longo do fluxo de valor do PCM de máquinas de via.

Na etapa de elaboração do MFV do estado futuro do PCM de máquinas de via, foram consideradas as análises das raízes dos problemas diagnosticados no fluxo de valor do PCM, conforme apresentadas no capítulo anterior, e tomadas como referências as soluções de gerenciamento do fluxo de valor empregadas pelos outros PCM da empresa estudada, para proposição das melhorias no MFV do estado futuro, considerando as propostas de soluções dos problemas idealizadas pelos integrantes da equipe do projeto,

de modo que, os problemas e os desperdícios fossem reduzidos ou eliminados pelos próprios integrantes do PCM de máquinas de via.

No mesmo *workshop*, onde foi elaborado o mapeamento do MFV do estado atual, os integrantes do projeto propuseram o realinhamento do valor e a redistribuição das cargas de trabalho entre os subprocessos de último nível do PCM de máquinas de via, sem falar na criação de novos subprocessos, de modo a balancear as cargas de trabalho e possibilitar a execução eficaz das atividades fundamentais para o fluxo de valor do processo de PCM de máquinas de via.

A etapa de elaboração do plano de ação para tratamento dos problemas identificados no processo atual, que foi realizada com o objetivo de realizar a transformação proposta nas etapas anteriores, foi implementado de modo que a equipe do projeto se conduzisse na execução das ações que iriam suportar as transformações planejadas anteriormente. A elaboração do plano de ação ocorreu no mesmo *workshop* onde foram mapeados os MFV dos estados atual e futuro.

Neste evento, foi realizada a identificação das causas raízes dos problemas e desperdícios mapeados no MFV atual e foram priorizadas as causas raízes consideradas causadoras de interrupção do fluxo contínuo do PCM de máquinas de via, sendo proposto assim as soluções de realinhamento do valor de modo a tratar estas causas raízes, o que serviu de base para o mapeamento do MFV do estado futuro.

Este plano de ação perseguiu o objetivo de transformar o MFV do estado atual no MFV do estado futuro, o que faz a execução deste plano de ação ser condição *sine qua non* para a transformação enxuta do fluxo de planejamento das manutenções condicionadas do subprocesso de PCM de máquinas de via.

A priorização destas ações serviu para organizar a execução das mesmas em uma sequência cronológica que atenda às necessidades prioritárias, visto que os recursos de implantação das ações são limitados. A estratégia utilizada para a elaboração do plano de ação foi delegar as ações aos membros da equipe do projeto, que são responsáveis naturais pelos subprocessos de último nível, aos quais as ações estão relacionadas. Estas ações foram definidas e concordadas pela equipe do projeto em *workshop*, de modo que todos puderam contribuir com ideias e criticar o que estava sendo planejado.

O plano de ação foi elaborado de modo a que cada ação contivesse as seguintes informações mínimas: quem executará a ação, onde a ação será implantada, o que deve ser realizado na ação, quando a ação deve ser finalizada, porquê é necessário a execução dessa ação e como esta ação deve ser implantada.

Para o gerenciamento da execução do plano de ação desenvolvido, onde foi estabelecida a rotina de gestão do cumprimento das ações pelos integrantes da equipe do processo, sendo reportado rotineiramente relatório por e-mail para todos os envolvidos e realizadas reuniões periódicas de gestão do avanço no cumprimento das ações, com participação da liderança e dos liderados, pertencentes a equipe do projeto. Estas reuniões não objetivavam apenas a cobrança da execução das ações, mas também eram fóruns onde a equipe poderia solicitar aos líderes recursos e apoio para a realização de alguma ação e poderia compartilhar as experiências que cada membro estava obtendo durante o projeto.

Na etapa seguinte, a de redefinição do mapa de processo e dos papéis e responsabilidades do PCM de máquinas de via, foi realizada a redistribuição das cargas de trabalho e dos papéis e responsabilidades dos subprocessos de último nível do PCM de máquinas de via. Isto foi possível devido as etapas de elaboração dos MFV dos estados atual e futuro, onde foram apresentadas as propostas de realinhamento do valor e eliminação dos desperdícios.

A próxima etapa foi a de proposição das métricas *Lean* de medição de desempenho dos processos, onde foi realizado o levantamento dos indicadores necessários para o gerenciamento do fluxo de valor do PCM, de modo que ficasse claro os desperdícios e os problemas de interrupção do fluxo contínuo, possibilitando assim o restabelecimento da condição normal do processo o mais rápido possível. Foram utilizados para tomada de decisão de quais seriam as métricas a serem implantadas as propostas de Pinto (2013) e os indicadores que foram utilizados durante as análises de dados do processo do PCM. A premissa imposta para os indicadores foi a de que os mesmos deveriam ser calculados com base em dados extraídos do sistema informatizado de manutenção.

A última etapa foi a de padronização do processo para estabilizar os resultados, esta foi proposta de modo a que os resultados colhidos com a implementação das soluções permanecessem ao longo do tempo, atingindo patamares cada vez mais elevados, sem que houvesse regressão a condição inicial do projeto. Para isso foram utilizados treinamentos teóricos e práticos dos empregados da gerência de manutenção de máquinas de via com base em procedimentos revisados ou elaborados durante o estudo.

A padronização do processo não é contemplada no método proposto por Tapping & Shuker (2010) como um dos oito princípios, no entanto, como as ações de transformação do fluxo de valor do PCM de máquinas de via envolveram muitas alterações quanto a: “o que fazer” e “como fazer”, a equipe do projeto entendeu ser fundamental esta etapa, para que houvesse a alta concordância entre os envolvidos nas

atividades rotineiras do PCM de máquinas de via, e os resultados alcançados fossem mantidos ao longo do tempo.

Nos capítulos a seguir deste presente trabalho, foram apresentados a empresa e o processo alvo da implantação da metodologia *Lean Office*, como também foram apresentadas as etapas de implantação da metodologia do *Lean Office* no PCM de máquinas de via.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos na implantação da metodologia utilizada na implementação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via. A seguir, encontram-se dez capítulos, onde um deles trata da apresentação da área alvo que recebeu a implementação do *Lean Office*, e os outros nove tratam dos resultados obtidos com a implantação da metodologia *Lean Office* utilizada neste estudo.

5.1. O processo de Manutenção de Máquinas de via

A área alvo do estudo de aplicação da ferramenta *Lean Office* foi o processo de manutenção de máquinas de via de uma ferrovia pertencente a uma empresa mineradora brasileira. Este processo é responsável pela manutenção dos ativos que são utilizados pelo processo de manutenção da via permanente, que os utiliza para executar a manutenção cíclica mecanizada da via permanente, como: esmerilhamento de trilho, desguarnecimento e renovação de lastro colmatado, alinhamento e nivelamento de linha e inspeção dos parâmetros técnicos da via permanente.

A manutenção destes equipamentos é muito importante para que haja a disponibilidade operacional destes ativos, de modo que as equipes de manutenção da via permanente utilizem os mesmos, e possam garantir os requisitos de engenharia que a superestrutura da linha férrea precisa apresentar, de modo a minimizar os riscos de ocorrência de acidentes ferroviários e evitar o aumento dos custos com manutenções de trilhos e outros elementos da via permanente, que seriam degradados com maior velocidade se não houvesse a manutenção cíclica mecanizada dos mesmos.

As diferentes frotas de ativos de via permanente estão dispostas na Tabela 2, onde podemos conferir a denominação da frota, a quantidade de ativos por frota, a classificação dos ativos e os serviços aos quais os mesmos são destinados.

Tabela 2: Frotas de ativos de manutenção de via permanente.

Ativos	Especialização	Grupo	Quantidade
Reguladora de Lastro	Regulagem de lastro aplicada em correção geométrica de linha ou renovação de lastro.	EGP	10
Socadora de Linha	Socaria de lastro aplicada em correção geométrica de linha ou renovação de lastro.	EGP	9
Socadora de AMV	Socaria de lastro em AMV (Aparelho de mudança de via) aplicada em manutenção de AMV ou renovação de lastro.	EGP	1
Esmerilhadora de AMV	Esmerilhamento de AMV (Aparelho de mudança de via) aplicado em manutenção preventiva de AMV.	EGP	1
Trem Esmerilhador	Esmerilhamento de trilhos aplicado em manutenção preventiva de trilhos.	EGP	1
Desguarnecedora à Vácuo	Desguarnecimento de lastro aplicado em renovação de lastro de AMV (Aparelho de mudança de via)	EGP	1
Desguarnecedora total	Desguarnecimento de lastro aplicado em renovação de lastro de linha.	EGP	1
Renovadora	Renovação de linha ou construção de nova linha, lançando trilhos e dormentes na posição de instalação.	EGP	1
Módulo de desguarnecimento	Armazenamento de rejeitos na renovação de lastro, acoplando a Desguarnecedora Total.	EGP	17
Carro Ultrassom	Inspeção por ultrassom dos trilhos.	Inspeção	3

Continuação da Tabela 2.

Carro Controle	Inspeção dos parâmetros da via permanente.	Inspeção	1
Auto de Linha e Auto de serviço	Transporte de equipes e materiais para as frentes de serviço e execução de movimentação de cargas com guindaste munk adaptado	EVP	32
Equipamento de serviços gerais de Via Permanente	Trator rodo-ferroviário com guindaste com manipulador multiferramentas, empregado em serviços diversos de manutenção de via permanente.	EVP	11
Vagonete	Transporte de equipes da manutenção de via permanente.	EVP	8

O processo de manutenção de máquinas de via é constituído por subprocessos conforme fluxograma ilustrado na Fig. 13.

Figura 13: Mapa do processo de manutenção de máquinas de via. Fonte: Próprio Autor.



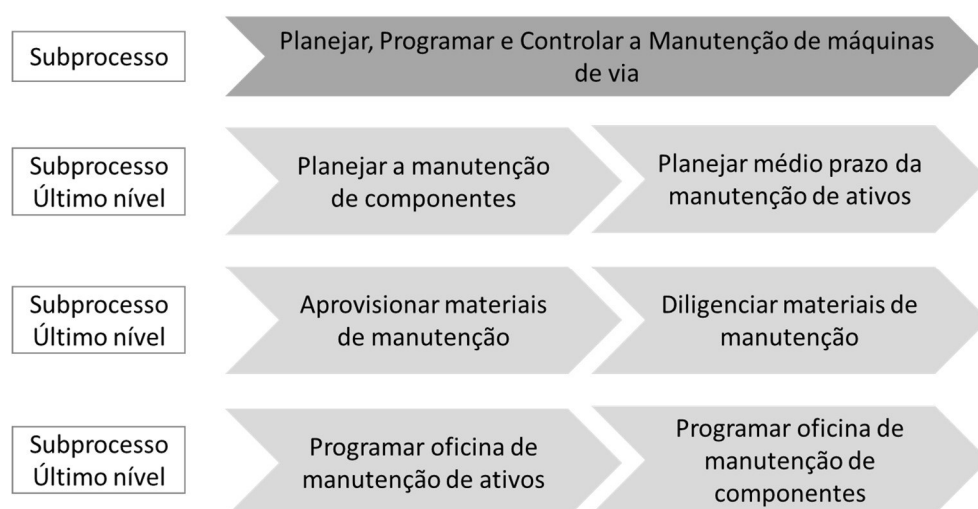
O subprocesso de execução da manutenção dos ativos de máquinas de via está distribuído em 4 complexos de oficinas, onde são realizadas manutenções de ativos de

EVP, EGP e Inspeção, e estes complexos de oficinas são denominadas regionais, e a nomenclatura dada as 4 regionais são: regional 1, regional 2, regional 3 e regional 4. Para o subprocesso de manutenção de componentes de máquinas de via existe a oficina de manutenção de componentes de máquinas de via, localizada na regional 1.

Os EVP são os equipamentos de via permanente, que são utilizados pelo processo de manutenção de via permanente para execução de serviços de corretivas diversas. Os EGP são os equipamentos de grande porte, utilizados nas manutenções mecanizadas da via permanente. Estes ativos EGP são intensivos em capital, e demandam grandes quantidade de mão-de-obra para as manutenções dos mesmos. Os ativos de Inspeção são equipamentos móveis rodoferroviários, que são empregados na inspeção e detecção de defeitos e parâmetros da via permanente, que são utilizados para análise preditiva da manutenção.

Falamos acima sobre os processos de execução da manutenção de ativos e componentes de máquinas de via, mas quanto ao subprocesso de PCM de máquinas de via, podemos informar que no momento inicial do estudo este se dividia em: planejar a manutenção de componentes, planejar médio prazo da manutenção de ativos, aprovisionar materiais de manutenção, diligenciar materiais de manutenção, programar oficina de manutenção de ativos e programar oficina de manutenção de componentes. Estes subprocessos de último nível estão representados no mapa do processo do PCM na Fig. 14.

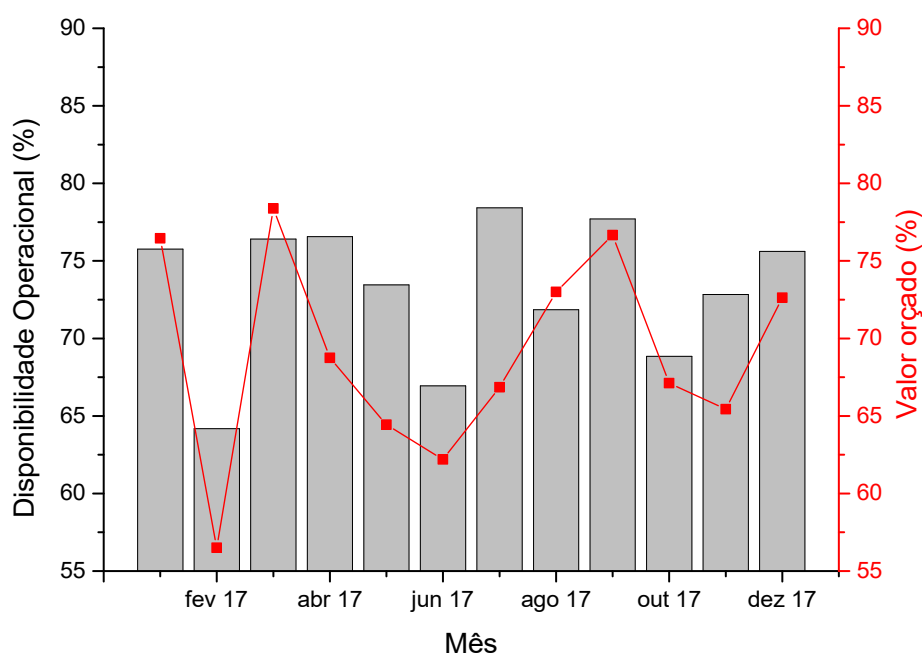
Figura 14: Mapa do subprocesso PCM de máquinas de via. Fonte: Próprio Autor.



5.2. Análise inicial do processo de Manutenção de Máquinas de via

Conforme apresentado no capítulo de metodologia, inicialmente foi realizado a análise sobre as perdas de desempenho do processo de manutenção de máquinas de via. Foram analisadas as causas das perdas do indicador de manutenção chamado disponibilidade operacional de máquinas de via. Este indicador apresentou a série histórica referente ao ano de 2017 conforme podemos observar à seguir (Fig.15).

Figura 15: Disponibilidade operacional de máquinas de via em 2017.



Como podemos notar, o indicador de disponibilidade operacional apresentou valores acima do orçado em 10 meses ao longo do ano de 2017, ficando abaixo da meta apenas nos meses janeiro e agosto. Desse modo, a média do valor realizado da DO em 2017 foi de 73,13%, enquanto que a média do valor da DO orçado para o mesmo período foi de 68,53%. Observando por este ângulo, julgá-íamos não serem necessários esforços de análise para tratar os problemas deste indicador, visto que ele atendeu satisfatoriamente a meta de 2017.

No entanto, para o ano de 2018, o orçamento de DO saltou para 74,25%, e o valor da DO referente à 2017, ajustado às premissas do ano de 2018, apresentou o valor de 72,98%. Este ajuste do valor da DO de 2017 em relação as premissas de 2018 se dá pelo fato de que a DO em 2017 levou em consideração em seu cálculo os ativos: Renovadora,

Desguarnecedora total e os Módulos de desguarnecimento, porém, em 2018 estes ativos não foram mais considerados no cálculo da DO de manutenção de máquinas de via. Objetivando comparar os valores das DO realizadas em 2017 e orçadas em 2018, foi realizado o ajuste das bases de dados de 2017 conforme premissas de 2018.

Assim sendo, observamos um problema de perda no indicador de disponibilidade operacional de máquinas de via de 1,27%, quando comparamos os valores de realizado 2017 e orçado 2018. Para desdobramento deste problema de 1,27%, foi realizado o método de desdobramento em árvore, onde o problema de perda de DO das frotas de máquinas de via foi desdobrado até o nível de ativo. Isso possibilitou identificar os ativos que eram os responsáveis pela perda do indicador de DO de máquinas de via.

Após identificados os ativos responsáveis pela perda do indicador de DO de máquinas de via, foi realizado o desdobramento do problema de perda do indicador de DO destes ativos até nível do item do ativo que necessitou de manutenção. Este desdobramento permitiu a identificação dos problemas que causaram as perdas de disponibilidade operacional dos equipamentos relacionados as condições dos ativos, pois foram identificadas as ordens de manutenção (OM) que causaram impactos na DO.

As análises das OM de corretivas, relacionadas as perdas do indicador de DO, evidenciaram que as causas raízes dos problemas se davam devido à falta de manutenção destes itens e que estes itens problemáticos geralmente possuíam notificações de necessidade de manutenção condicionada cadastradas no sistema informatizado, sem que estas notificações de manutenção condicionada tivessem sido tratadas pelo PCM de máquinas de via, enquanto que este seria o papel esperado de ser desempenhado pelo PCM, de disponibilizar os recursos para a execução da manutenção condicionada destes itens antes que o defeito ou a falha dos mesmos ocorram.

5.3. Análise dos dados dos indicadores referentes ao processo de PCM de Máquinas de via

De acordo com a direção que a análise das perdas do indicador de DO apontou, foram analisadas as causas raízes dos problemas relacionados as manutenções corretivas que ocasionaram as perdas de DO, o que possibilitou diagnosticar que 80,77% das causas estavam relacionadas a falta de manutenções dos itens dos ativos e 19,23% estavam relacionadas a falta de qualidade das execuções das manutenções realizadas. Esta análise mostrou que o processo de planejamento da manutenção condicionada, que se iniciava na

execução da rotina de inspeções sistemáticas, quando eram abertas notificações de manutenções no sistema informatizado pelos inspetores, não estava atendendo as necessidades dos ativos de máquinas de via.

Esta afirmação se fez possível devido ao fato de que 80,77% dos eventos de manutenção corretiva, que causaram perda de DO, estavam relacionados aos itens que possuíam notas de manutenção abertas no sistema informatizado de manutenção, mas que não haviam sido tratadas a tempo pelo PCM de máquinas de via. Esta falta de planejamento dos serviços de manutenção deixaram os ativos em condições precárias, impactando diretamente na disponibilidade operacional destes ativos, devido a ocorrência de corretivas onerosas ao sistema produtivo, que poderiam ter sido evitadas caso fossem atendidas, em tempo necessário, as notificações de manutenção sinalizadas pela equipe de inspeção dos ativos.

Foram analisadas algumas hipóteses que poderiam ser consideradas as causas relacionadas ao não atendimento das notificações de manutenção. Os possíveis problemas apontados foram:

- Acúmulo de notas e OM de manutenção condicionada dos ativos e componentes no sistema informatizado;
- Não execução dos planos preventivos dos ativos;

Analisando a quantidade de ordens de manutenção condicionada de ativos e componentes no sistema informatizado de manutenção, foi constatado que havia um acúmulo considerável de ordens de manutenção no sistema informatizado, conforme podemos observar nas Figuras 16 e 17. Estes indicadores são do tipo quanto menor, melhor.

Figura 16: Quantidade de ordens de manutenção condicionada de ativos no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.

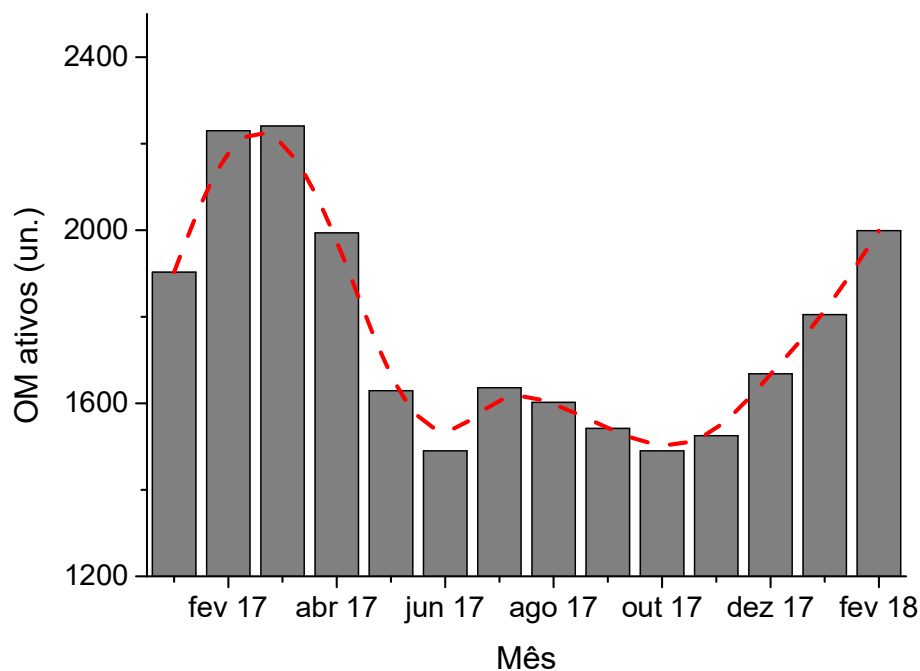
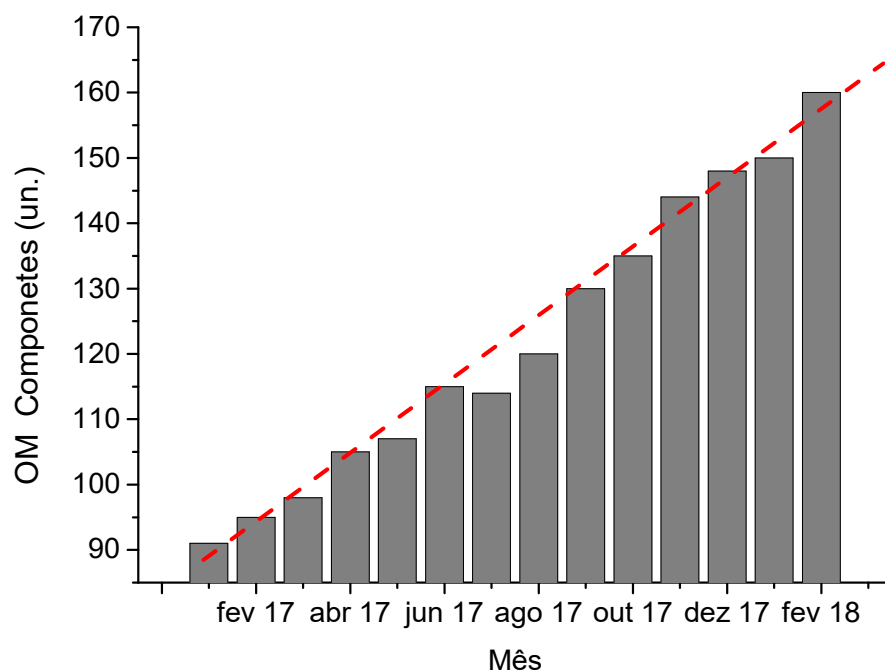


Figura 17: Quantidade de ordens de manutenção condicionada de componentes no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.



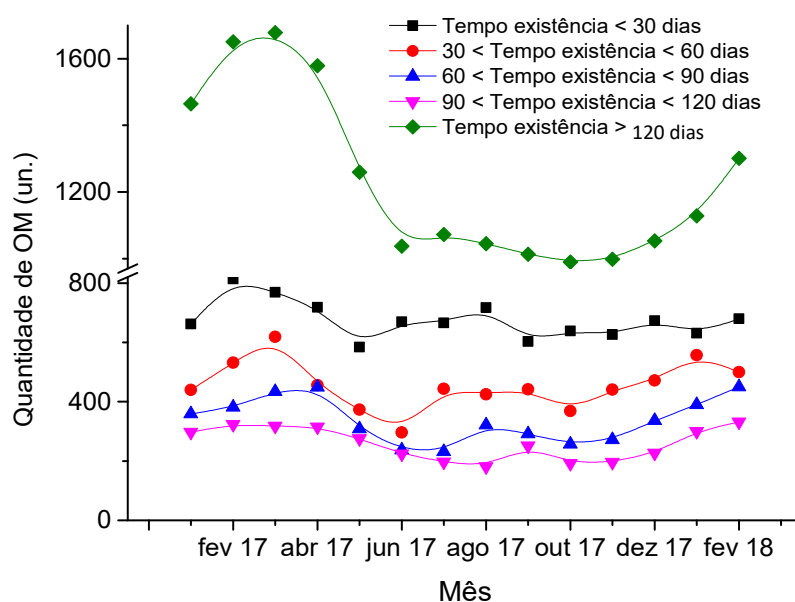
É notável que a quantidade de ordens de manutenção condicionada dos ativos apresentou variação ao longo de 2017, com tendência de crescimento no período que compreende o último trimestre de 2017 e o primeiro bimestre de 2018. Também podemos observar que a quantidade de ordens de manutenção condicionada de componentes apresenta variação ao longo de 2017, com tendência de crescimento no período referente a janeiro de 2017 até fevereiro de 2018, com uma taxa de crescimento quase constante ao longo do período analisado.

É válido ressaltar que a redução da quantidade de OM na carteira de serviços dos ativos, que ocorreu no segundo trimestre de 2017, foi proveniente de ação de redução compulsória da quantidade de OM da carteira de serviço dos ativos de máquinas de via. Esta redução ocorreu através do saneamento do banco de dados do sistema informatizado, realizando cancelamento compulsório de notas e OM que não continham informações necessárias para o planejamento adequado, ou que possuíam tempo de existência no sistema informatizado acima de 365 dias. Estas ordens de manutenção foram classificadas como não procedentes.

Esta ação foi implementada pelo processo PCM de máquinas de via até outubro de 2017. A mesma apresentou características de força-tarefa, onde não houve a preocupação em tratar as causas raízes do acúmulo de ordens de manutenção no sistema informatizado, o que ocasionou a reincidência do acúmulo de ordens de manutenção no sistema informatizado logo após o término da força-tarefa, já no segundo semestre do ano de 2017, que coincidiu com a mudança da liderança do PCM de máquinas de via.

Outro caminho utilizado para analisar o problema do acúmulo de OM no sistema informatizado de manutenção foi o de analisar as estagnações destas OM no mesmo, as estratificando por faixa de tempo de existência das mesmas. Este indicador é do tipo quanto menor melhor. Os estratos de faixa de tempo de existência das OM utilizados na análise foram: menor que 30 dias, entre 30 e 60 dias, entre 60 e 90 dias, entre 90 e 120 dias e maior que 120 dias. É importante ressaltar que o relatório de dados do sistema informatizado, para realização da análise por faixa de tempo de existência das OM, não possibilitou observar isoladamente as OM de YCM e YRR, pois a base para esta informação estava contaminada com outros tipos de OM do sistema, como: YEM, YIM, YPM e YSS. O comportamento da estagnação das OM de manutenção de máquinas de via por faixa de tempo de existência no sistema informatizado de manutenção pode ser observado na Fig. 18.

Figura 18: Quantidade de OM de máquinas de via com diferentes tempos de existência, no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.



Podemos observar nos gráficos acima que houve redução na quantidade de OM no sistema informatizado no mesmo período de 2017 que houve a força tarefa de redução da quantidade de OM no sistema informatizado (Fig. 16, 17 e 18), e da mesma maneira observou-se a retomada no crescimento da estagnação das OM já no último bimestre do ano de 2017. Este comportamento de redução e posterior aumento da quantidade de OM ocorreu para todas as faixas de tempo de existência, exceto a faixa de tempo menor que 30 dias, que permaneceu estável ao longo do último quadrimestre do ano de 2017.

Com estas observações, foi seguro afirmar que o acúmulo das ordens no sistema informatizado estava relacionado diretamente ao envelhecimento destas OM no sistema, visto que a quantidade de OM que permaneceu na faixa de existência menor que 30 dias era estável ao longo do tempo, enquanto que a quantidade de OM que integrava as faixas com maiores períodos de tempo cresceu acentuadamente no último bimestre de 2017 e primeiro bimestre de 2018. Este acúmulo por envelhecimento das OM é característico de estagnação de produtos em processamento, ocorrendo entre as etapas dos processos, e isto é um desperdício do processo de PCM de máquinas de via.

Outro indicador que foi utilizado para avaliar a estagnação das OM no sistema informatizado foi o de “percentual de tratamento das OM dentro do mês no qual a OM foi criada”. Este indicador expressa o percentual das OM que foram criadas e tratadas

dentro do mês de criação da OM (Equação 3), o que foi utilizado para explicar o comportamento do subprocesso do PCM quanto a celeridade de tratamento da carteira de OM.

$$OM_{criação} (\%) = \frac{\sum OM_{tratadas}}{\sum OM_{criadas}} \quad (\text{Eq. 3})$$

na qual: a $OM_{criação}$ é o percentual de OM que foram tratadas dentro do mês que foram criadas, $OM_{tratadas}$ é o somatório de OM que foram tratadas no mês que foram criadas, e $OM_{criadas}$ é o somatório de OM que foram criadas no mês.

É importante considerar que o relatório deste indicador, a partir do sistema informatizado, estava contaminado com dados de OM tipo YEM, YIM, YPM e YSS. Outro aspecto importante é que devido a este relatório permitir a estratificação dos dados a nível de centros de trabalho de manutenção, ou seja, por regionais de manutenção, é possível identificarmos as estagnações das OM para ativos e componentes.

Os indicadores de tratamento das OM no mês de criação dos ativos e componentes são apresentados nas Figuras 19 e 20, respectivamente. Estes indicadores são do tipo que quanto maior, melhor. Os comportamentos destes indicadores se assemelham aos apresentados nos dois indicadores anteriores (Fig. 16, 17 e 18), porém de forma inversamente proporcional, reforçando a confirmação da hipótese de que há estagnação das OM de manutenção condicionada de ativos e componentes no sistema informatizado de manutenção.

Figura 19: Tratamento das OM no mês de criação de ativos de máquinas de via no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.

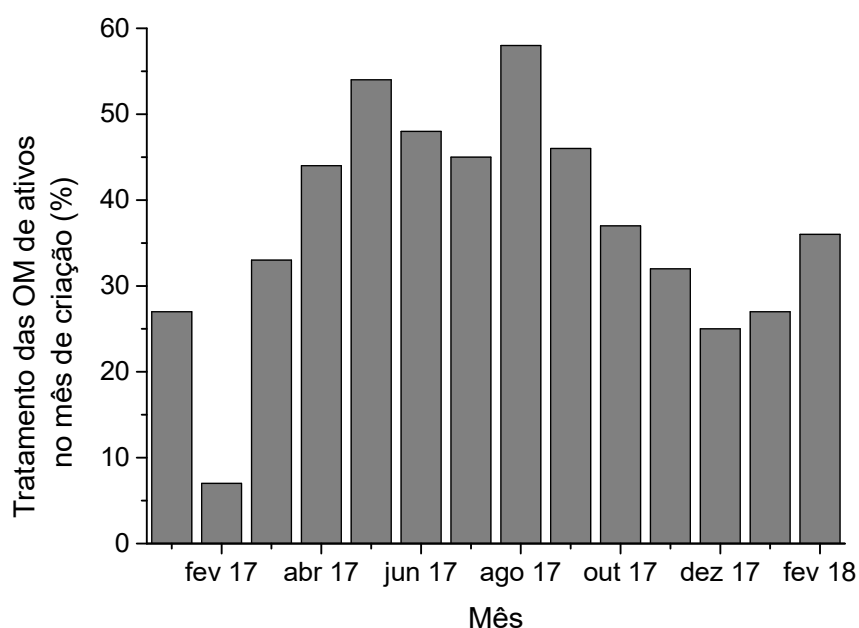
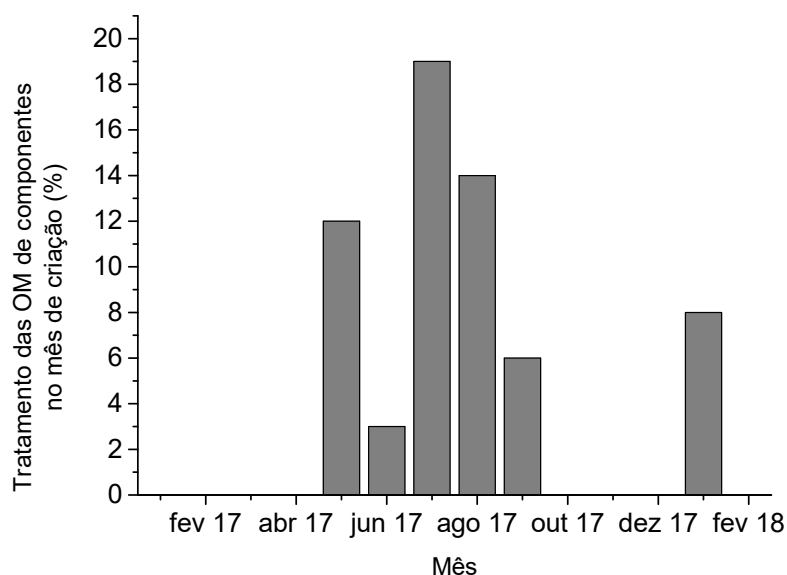


Figura 20: Tratamento das OM no mês de criação de componentes de máquinas de via no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.



Ainda de acordo com a Fig. 19, o indicador tratamento das OM no mês de criação de ativos se comportou com aumento significativo durante os meses de março a agosto

de 2017, e a partir de setembro de 2017 este número regrediu acentuadamente, mostrando um leve crescimento no primeiro bimestre de 2018.

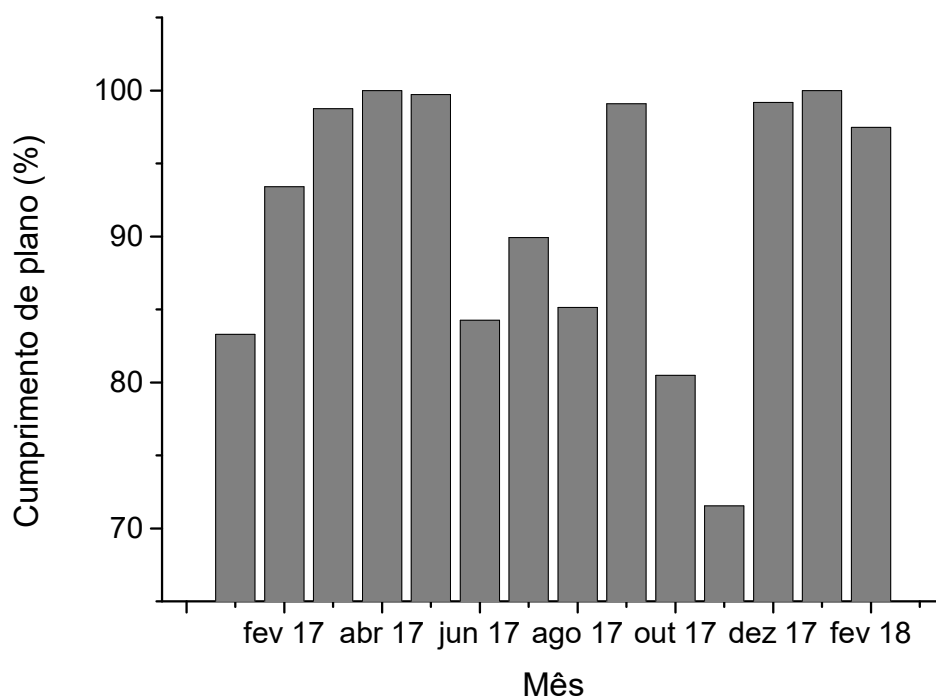
Já quando observamos o comportamento do indicador de tratamento das OM de componentes no mês de criação (Fig. 20), notamos que seu valor foi zero no período de janeiro a abril de 2017, apresentou crescimento no período de maio a setembro de 2017, e a partir de então, voltou a apresentar valores nulos até dezembro de 2017. Foi notado também que no primeiro bimestre de 2018 apenas janeiro apresentou valor maior que zero e novamente em fevereiro de 2018 apresentou valor nulo.

Analisando estes comportamentos descritos acima, ficou claro que a força tarefa executada pela gestão do PCM no ano de 2017, com o objetivo de sanear a carteira de serviços do PCM de máquinas de via, foi responsável por aumentar o valor dos tratamentos das OM dentro do mês de criação no período analisado. No entanto, os valores dos indicadores retornaram para patamares inferiores a partir do momento que a força-tarefa se desfez. Esta instabilidade de resultados é desfavorável para os resultados do processo, dessa forma, fica evidente que estes resultados ao longo de 2017 não foram alcançados de modo sustentável.

Desse modo, com base nas análises dos indicadores apresentadas, foi concluído que haviam estagnações das ordens de manutenção dos ativos e componentes, e que estas poderiam estar relacionadas a ineficiência no gerenciamento do fluxo de valores do planejamento de manutenções condicionadas dos ativos e componentes de máquinas de via, o que era responsabilidade do subprocesso de PCM de máquinas de via, o que tornou necessária a análise de campo do processo PCM de máquinas de via, para verificação de como o PCM de máquinas de via está gerenciando o seu fluxo de valores.

Quanto a hipótese de não execução dos planos preventivos dos ativos, a mesma não foi confirmada na análise do indicador de cumprimento de planos de manutenção, consequentemente a mesma foi rejeitada. Segundo Fig. 21, o cumprimento de planos preventivos apresentou grande variabilidade de resultado ao longo do ano de 2017, no entanto, conseguiu cumprir a quantidade acima do orçado para 2017, realizando uma média de Cumprimento de Plano (CP) de 96,05%, comparando a uma CP orçada para 2017 de 93,00%. É válido ressaltar que, no primeiro bimestre do ano de 2018, o indicador de CP apresentou valores de 100,00% em janeiro, valor limite máximo para o indicador de CP de máquinas de via, e 97,47% em fevereiro.

Figura 21: Cumprimento do plano de manutenção preventiva no período de janeiro de 2017 a primeiro bimestre de 2018.



5.4. Análise do subprocesso do PCM de Máquinas de via

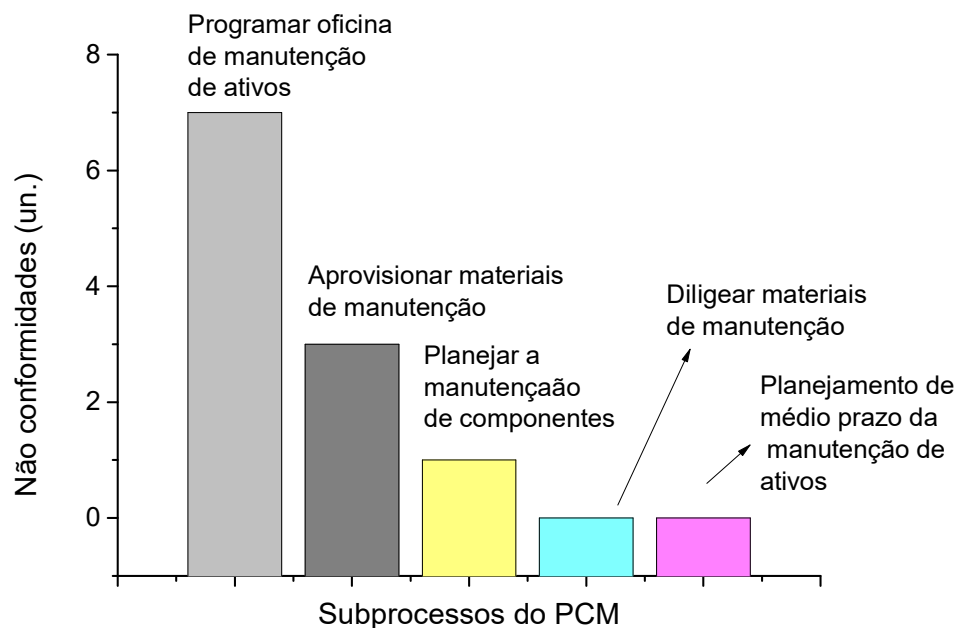
Com base na confirmação da hipótese de que havia estagnação de ordens de manutenção condicionadas de ativos e componentes, foi realizada a análise do subprocesso do PCM de máquinas de via, onde para isso, foi realizado diagnóstico deste subprocesso através da aplicação de formulário padrão de diagnóstico, desenvolvido pela área normativa de gestão de processos da empresa estudada.

As perguntas chave deste formulário foram elaboradas de modo a conduzir o processo de diagnóstico a buscar evidências de existência dos requisitos mínimos que um subprocesso de PCM deve atender. Este diagnóstico do subprocesso de PCM objetivou confirmar as análises dos dados e compreender as causas raízes relacionadas aos problemas de estagnações de OM de ativos e componentes.

Podemos constatar, analisando o resultado do diagnóstico do subprocesso de PCM de máquinas de via (Fig. 22) que dos vinte requisitos diagnosticados, onze apresentaram não conformidades. Sendo que, analisando as não conformidades distribuídas por subprocessos de último nível do PCM de máquinas de via, entendemos que estas não

conformidades se concentravam nos subprocessos de: Programar oficina de manutenção de ativos, com sete não conformidades, Aprovevisionar materiais de manutenção, com três não conformidades e Planejar a manutenção de componentes, com uma não conformidade.

Figura 22: Não conformidades diagnosticadas por subprocessos do PCM.



Avaliando as não conformidades, foi observado que o requisito de gestão sobre a carteira de serviços não é atendido. Este requisito se referia a uma atividade de Controle da manutenção, e que era tido, no caso do PCM de máquinas de via, como responsabilidade da programação da manutenção de ativos. Notamos também que, haviam sobrecargas de trabalhos em alguns subprocessos, como por exemplo, o subprocesso de último nível “Aprovevisionar materiais de manutenção” que tanto planejava as ordens de manutenção, quanto reabastecia os materiais de manutenção nas frentes de serviços.

Esta não conformidade citada acima, a falta da gestão sobre a carteira de serviços, foi diagnosticada como causa raiz da estagnação de OM nas carteiras de serviços do PCM de máquinas de via. Este problema ocorria pelo não tratamento da carteira de manutenção de modo sistematizado e com foco nas reais necessidades da manutenção de máquinas de

via, o que estava diretamente relacionado a ineficiência do processo do PCM em atender a demanda de processamento de notificações de manutenção.

Desse modo, avaliando tanto os resultados da análise de dados quanto o subprocesso do PCM de máquinas de via, foi possível concluir que as causas dos problemas de perdas dos indicadores de máquinas de via estavam diretamente ligadas a ineficácia do processo do PCM no cumprimento do seu papel, que era atender as necessidades de planejamento de recursos para a execução de manutenções condicionadas das máquinas de via.

Desse modo, foi escolhida a metodologia *Lean Office* para ser implantada neste caso específico, visto que se tratava de uma ferramenta a qual possui treinamento interno na empresa estudada e que se propunha a solucionar os problemas identificados no subprocesso de PCM da manutenção de máquinas de via.

Outro ponto favorável a metodologia é que a área alvo já possuía processos de execução da manutenção com iniciativas *Lean Manufacturing* implementadas, o que facilitaria a estruturação de equipe do projeto, visto que as pessoas já possuíam competências para o sucesso da implementação.

Então, o estudo de caso de implantação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via foi decorrente da real necessidade do processo de manutenção de máquinas de via em melhorar seus indicadores de manutenção, diagnosticada na análise dos problemas destes indicadores, e a metodologia *Lean Office* foi empregada para a solução destes problemas porque a literatura a apresenta como potencialmente eficaz para a solução dos mesmos.

5.5. Mapeamento do Fluxo de Valor atual do PCM, identificação dos desperdícios e levantamento os problemas

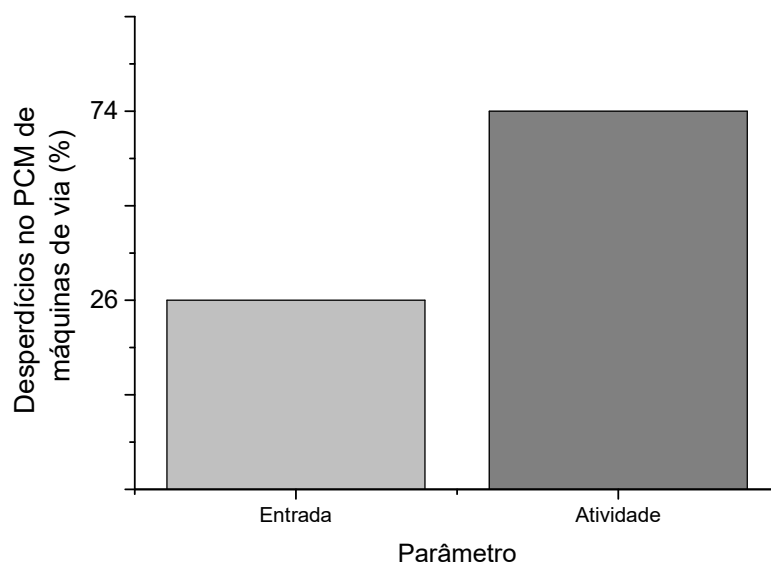
Podemos observar na Fig. 23 o mapa de fluxo de valor atual do processo do PCM de máquinas de via.

[illegible]

Podemos observar no MFV atual do subprocesso do PCM, a confirmação dos problemas levantados nos estudos dos indicadores e do processo do PCM de máquinas de via. Alguns desses problemas confirmados foram a falta de alinhamento das etapas geradoras de valor com os subprocessos de último nível do PCM, a falta de gerenciamento dos estoques de ordens de manutenção ao longo do fluxo de valor do PCM, a falta de definição correta das criticidades das notas de manutenção, a queima de etapas do fluxo de valor causada pelo apressamento de ordens de manutenção e a falta de programação semanal das ordens de manutenção.

Analisando os problemas e desperdícios diagnosticados no MFV atual, conferimos que estes são de natureza interna do subprocesso de PCM de máquinas de via, onde na Fig. 24 observamos que 74% dos problemas e desperdícios eram provenientes de causas ligadas as atividades do PCM e 26% estavam ligadas a problemas com entradas de informações ou matérias que outros processos de interface forneciam ao PCM de máquinas de via.

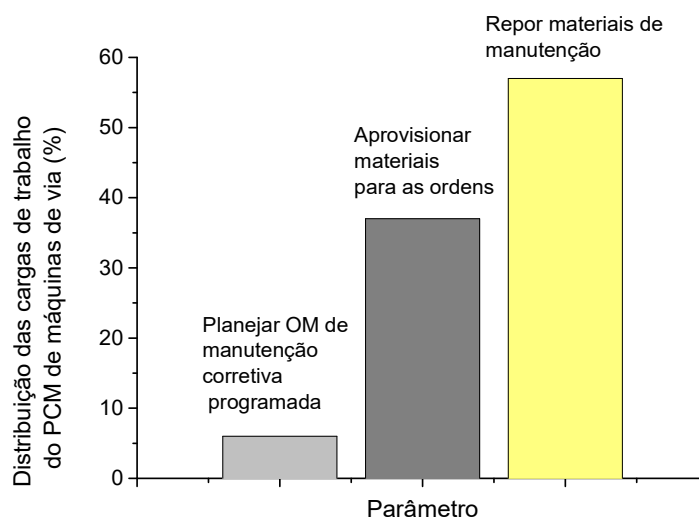
Figura 24: Classificação dos problemas e desperdícios do fluxo no valor do subprocesso de PCM de máquinas de via.



Outro problema que se destacou foi a sobrecarga de trabalho do subprocesso de último nível “aprovisionar materiais”, onde o mesmo era responsável pelo planejamento das OM, aprovisionamento dos materiais para as OM e reposição dos materiais nas frentes

de serviço. Isto foi observado na visita em campo, constatando-se o desbalanceamento das atividades de rotina dos aprovisionadores, observando-se o tempo de jornada dedicada a atender a demanda das atividades de PCM que lhes competiam. Na Fig. 25, podemos conferir o percentual da rotina dos aprovisionadores para as atividades de PCM de máquinas de via.

Figura 25: Distribuição das cargas de trabalho dos aprovisionadores do PCM de máquinas de via.



Este problema de desbalanceamento estava diretamente relacionado a não realização do planejamento das OM com a qualidade necessária, o que gerava, por exemplo, problemas de não alocação dos recursos necessários, ou até mesmo a não realização da gestão da carteira de OM pelos aprovisionadores, que era parte da atividade de planejar OM de manutenção condicionada.

Pudemos identificar o elevado tempo da jornada de trabalho dos aprovisionadores para a atividade de reposição de materiais, isso se dava principalmente pela realização de atividades de descarregamento, armazenamento, conferência e expedição dos materiais, que eram entregues pelo processo chamado de Gestão de estoques, que era um processo de interface do PCM, no depósito de materiais.

Esta sequência de atividades é desperdício, pois não agregava valor, e é caracterizada predominantemente como transporte. Estas atividades de reposição de materiais demandavam 57% do tempo do trabalho dos aprovisionadores. As atividades de aprovisionamento de materiais exigiam a segunda maior parcela do tempo deste subprocesso, com valor de 37% da jornada de trabalho.

Esta atividade de provisionamento de materiais demandava esta parcela do tempo dos provisionadores devido a diversos problemas do fluxo de valor, como por exemplo: a falta de detalhamento dos materiais nas notas, a falta de itens com fabricantes homologados no sistema informatizado, a descontinuidade de itens no sistema informatizado e a falta de estoques de segurança para itens com giro de estoque que justifiquem estratégias de estocagem.

Estes problemas e desperdícios, presentes nas atividades dos provisionadores, geravam retrabalhos e necessidade de execução de atividades adicionais, para que fosse possível fazer o valor fluir. Um exemplo dos efeitos destes problemas era a solicitação, pelos provisionadores, para a equipe técnica do subprocesso de Confiabilidade ajude a revisar descrição dos materiais e da sequência de trabalho a ser executada, que se encontravam descritas de forma errada nas OM.

Outro fator de desperdício no fluxo de valor referente as atividades de provisionamento, era que os provisionadores não realizavam o cadastro, no sistema informatizado, das listas de tarefas para os serviços de manutenção, e não realizavam o fluxo de homologação de fabricantes, para os itens utilizados nas OM de manutenções condicionadas, o que gerava retrabalho destas atividades toda as vezes que surgiam demandas de manutenção que necessitavam de descrição de passo a passo das tarefas, ou que necessitavam de materiais.

Outro problema grave que impedia o valor fluir de modo contínuo, era a falta de critérios para o planejamento das OM, de modo que contemplasse a real necessidade dos ativos de máquinas de via. Dito isto, pelo motivo de que não havia a priorização de forma correta das notas, pelos técnicos de manutenção que as abriam, a equipe de provisionadores não realizava o planejamento das OM contemplando as prioridades da manutenção. Por causa disso, os técnicos de manutenção, quando se deparam com a condição problema a qual o ativo se encontrava durante a inspeção, geravam o apressamento das OM de manutenção condicionada que estavam relacionadas a estas condições problemas, sendo que estas não haviam sido programadas para a janela de manutenção.

Estes apressamentos das OM geravam outros problemas graves no fluxo de valor, como: a manutenção não cumpria a janela de manutenção do ativo, atrasando a liberação e impactando na DO, o processo de manutenção de VP não cumpria a parada para manutenção dos ativos acordada, por causa de que a manutenção de máquinas de via ainda estava com a posse de ativos que já deveriam estar liberados, a equipe de execução

da manutenção de ativos de máquinas de via utiliza materiais de outras OM para realização das atividades das OM apressadas e as OM apressadas eram encerradas comercialmente no sistema informatizado contemplando materiais de outras OM.

Este encerramento comercial das OM apressadas no sistema informatizado de manutenção contendo materiais de outras OM gerava a quebra no fluxo de gestão de custos corporativos, necessitando que o subprocesso de “aprovisionar materiais” e o processo corporativo de suporte realizassem a correção do erro.

Outro problema que existia no MFV do PCM de máquinas de via era a não realização da programação das OM pelos programadores. Este efeito é causado por que a equipe técnica de execução da manutenção de ativos não confiava que as OM programadas eram realmente as OM críticas, porque não existe priorização pelo PCM das OM por nível de criticidade, o que fazia com que a equipe de execução da manutenção fizesse a intervenção imediata, durante a janela de manutenção, na solução de problemas que não estavam programados, mas que precisam de manutenção durante a janela.

Todo esse encadeamento de problemas ocorria como um ciclo (Fig. 26), se alimentando sempre da falta de critério de criticidade na abertura das Notas, de modo que o técnico de manutenção não comunicava exatamente o teor da prioridade dos problemas, o que causava o não fornecimento para o aprovisionador de materiais da base de informação para que ele pudesse distribuir o planejamento das OM por períodos de manutenção, o que contribuiria para a definição do tempo de processamento necessário das OM em cada etapa do fluxo de valor do PCM, o que atenderia as reais necessidades dos ativos de máquinas de via, visto que as OM prioritárias gastariam um menor *lead time* (tempo total do sequenciamento das atividades de PCM) para fossem processadas até a programação semanal dos ativos.

Figura 26: Ciclo vicioso de problemas do fluxo de valores do PCM de máquinas de via.

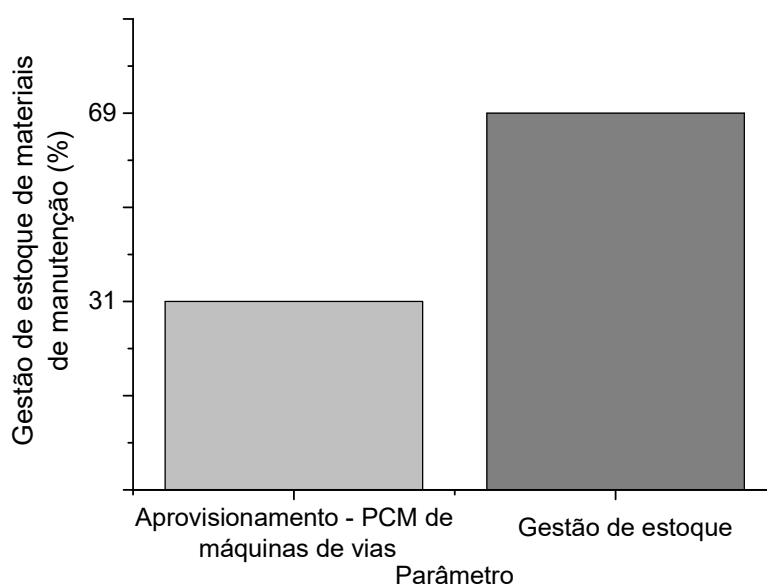


Dessa forma, ficou evidente que a causa raiz dessa cadeia de problemas e desperdícios, presentes no fluxo de valores do PCM de máquinas de via, era a falta de definição da criticidade das notas de manutenção de ativos.

Os problemas encontrados no fluxo de valor também estavam relacionados com falta de know-how na aquisição e gestão de estoques de materiais de manutenção de ativos e componentes, que deveriam ser executadas pela equipe do PCM de máquinas de via. Na Fig. 27, podemos conferir o percentual de materiais de manutenção que eram de responsabilidade da gestão de estoques e os que eram de responsabilidade do subprocesso

“aprovisionar materiais” do PCM de máquinas de via. Esta responsabilidade diz respeito a reposição e gestão de estoques dos materiais de manutenção.

Figura 27: Responsabilidade pela gestão de estoques dos materiais de manutenção.



A gestão de reposição de 31% dos materiais de manutenção de máquinas de via era executada pela equipe de aprovisionadores, e estava relacionada como contribuidora dos problemas de estagnação das OM no sistema informatizado com status de sistema de aguardando reposição de materiais necessários para execução das OM. Isto se dava pela falta de conhecimento por parte da equipe de aprovisionadores do PCM de máquinas de via do fluxo de aquisições e compras de materiais de manutenção, o que causava a interrupção do fluxo contínuo pela não execução ou retrabalho das atividades deste fluxo de aquisições de compras de materiais.

Esta demora na reposição dos materiais de manutenção faziam os problemas diagnosticados pela equipe de inspeção de ativos evoluírem para condições de falhas eminentes destes ativos, sem que os materiais das OM de manutenção condicionada houvessem chegado. Isto gerava o problema de apressamento de OM ainda em status de “aguardando materiais”, conforme vimos anteriormente.

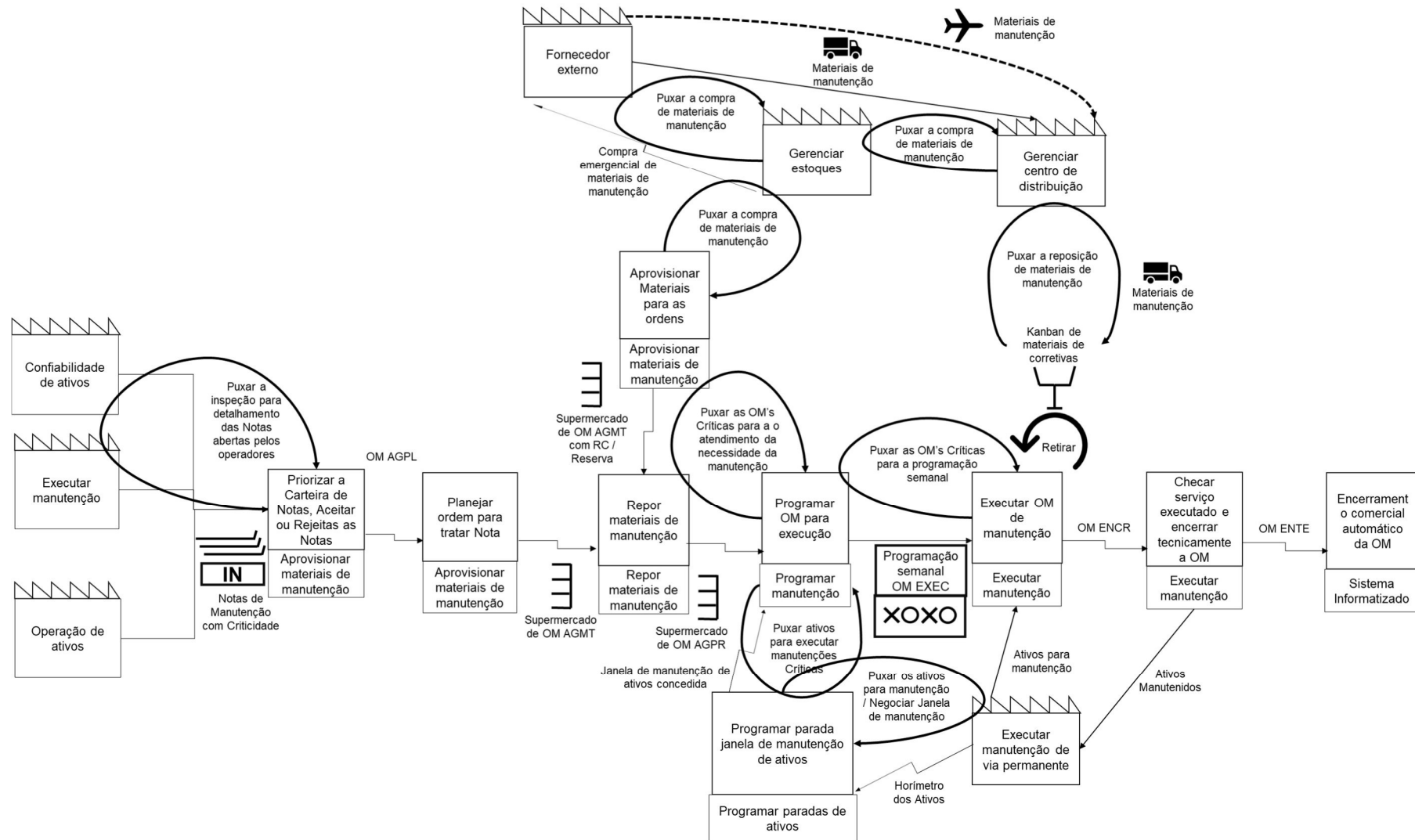
Quanto a falta de reposição de materiais para execução das OM, as OM de manutenção condicionada de componentes eram consideravelmente impactadas por este problema, dado que a natureza da manutenção dos componentes exigia a troca obrigatória

e condicional de materiais, toda vez que fosse realizada intervenção de manutenção nos mesmos, o que exigia reposição de materiais e gestão de estoques de peças sobressalentes, o que o PCM de máquinas de via não conseguia atender de modo satisfatório.

5.6. Mapeamento do Fluxo de Valor do estado futuro do PCM de Máquinas de via

Na Fig. 28, podemos conferir a proposta de fluxo de valor do estado futuro para o subprocesso do PCM de máquinas de via. Nele, contemplamos as soluções propostas para eliminação das raízes dos problemas de interrupção do fluxo contínuo e para eliminação ou mitigação dos desperdícios.

Figura 28: Fluxo de valor do estado futuro do subprocesso de PCM de máquinas de via.

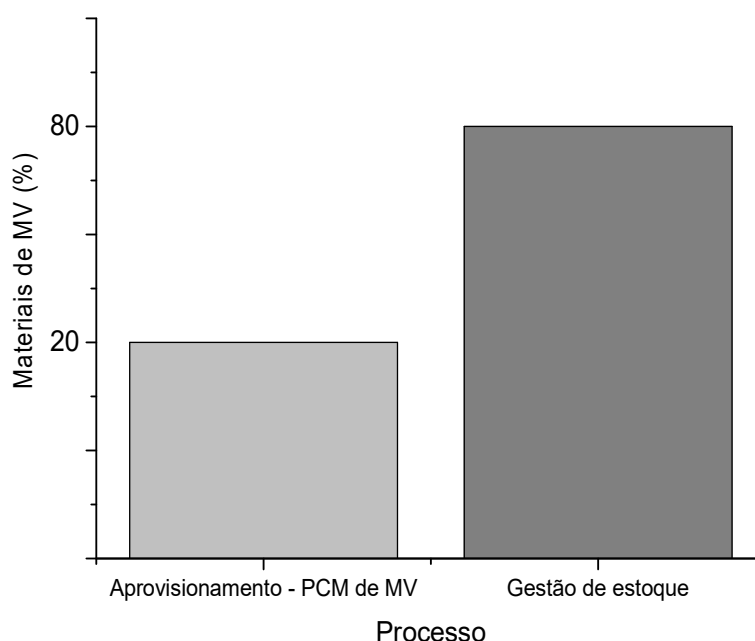


Podemos observar que o MFV do estado futuro contempla a estratégia de puxar o valor a partir das reais necessidades dos clientes, nesse caso, os clientes que puxam o valor é o subprocesso de execução da manutenção de ativos e o subprocesso de execução da manutenção de componentes. É válido apontar que esta mudança de estratégia possibilitou estabelecer o fluxo puxado a partir do cliente, o que contribuiu para que fosse realizado o realinhamento do fluxo de valor de todo o subprocesso do PCM referente ao planejamento de manutenções condicionadas.

Podemos conferir também, que o depósito de materiais de manutenção da sala 7 foi descontinuado, visto que foram instalados postos *kanban* (sistema de reposição de materiais que funciona através de cartões que sinalizam a necessidade de reposição) com caixas coletoras, estilo duas caixas, que funcionaria da seguinte forma: ao executante retirar os itens de umas das duas caixas, e essa caixa necessitar de reposição de material, será emitido um sinal de *kanban* ao processo de gerenciar centro de distribuição, sinalizando a necessidade de reposição de materiais, e este irá informar a Gestão de estoques a necessidade de aquisição de materiais para recomposição dos estoques dos supermercados do armazém.

Esta estratégia possibilitou a negociação quanto a redução dos materiais de manutenção que o PCM de máquinas de via era responsável por gerenciar a reposição, passando para responsabilidade da Gestão de estoques a gestão da reposição destes itens. Podemos conferir na Fig. 29, onde a porcentagem de responsabilidade de gestão de matérias pelo subprocesso de provisionamento do PCM reduziu de 31% (Fig. 27) para 20% (Fig. 29) no período do estudo. Esta redução possibilitou a liberação de capacidade de trabalho dos provisionadores devido a redução de desperdícios relacionadas a transporte, armazenamento e conferência de materiais.

Figura 29: Percentual de responsabilidade de reposição de materiais de manutenção de máquinas de via após o desenho do MFV do estado futuro.



Outro fator fundamental de avanço enxuto, apresentado na proposta do fluxo futuro do PCM de máquinas de via, foi o realinhamento do valor através da distribuição das cargas de trabalho entre os subprocessos de último nível, sendo criados três subprocessos novos, onde estes subprocessos passaram a contribuir quanto a execução de atividades que ajudam a manter o valor fluindo sem interrupções. Estes novos subprocessos de último nível foram: Repor materiais de manutenção, programar paradas de ativos e controlar indicadores de PCM. Estes subprocessos foram criados apenas realocando as pessoas que antes atuavam como auxiliares de programação ou como auxiliares de aprovisionadores, o que evitou de se aumentar a quantidade de recursos humanos necessários para fazer o valor fluir.

Ainda tratando de fluxo puxado pelos clientes, um dos principais problemas do fluxo do PCM era o fato de que não havia priorização das notas de manutenção devido ao fato de que não havia apontamento das criticidades pelos técnicos que as abriam no sistema informatizado. Então, foi estabelecido que a etapa de priorização das notas é condição *sine qua non* para a continuidade do fluxo do processo para o passo seguinte de planejamento das OM, assim sendo, se as notas não contiverem as informações necessárias para o planejamento adequando das ordens, os aprovisionadores irão solicitar

aos técnicos de execução da manutenção e da confiabilidade de máquinas de via para que façam o devido preenchimento das mesmas.

Seguindo na apreciação das mudanças propostas pelo fluxo futuro de manutenções condicionadas do PCM de máquinas de via, frisamos que os estoques de ordens passaram a ser monitorados e controlados através de indicadores, onde a simbologia de supermercado de ordens (estoque de OM com classificação de tempo, criticidade e ativo relacionado) possibilitou a quantidade de ordens com status “aguardando processamento” nestas etapas, porém com a devida classificação de criticidade e de tempo de espera na etapa em que se encontravam, e estas informações serviram para tomadas de decisões e para gestão da carteira das ordens de manutenção.

Desse modo, podemos observar que não houve mais as estagnações de OM com status “aguardando planejamento” pelo aprovisionador e de OM “aguardando encerramento técnico” pela execução, pois estas atividades passaram a ser sequenciais ao início do processamento das OM. Isto quer dizer que, quando o aprovisionador iniciava a priorização das notas e abertura das OM para tratamento das notas, o mesmo já realizava o planejamento das OM, e quando a equipe de execução encerrava os serviços de manutenção, os líderes das equipes de execução da manutenção checavam a execução dos serviços e, consecutivamente, encerravam tecnicamente as OM.

Com a execução da gestão da carteira de ordens de modo que a mesma ficou mais transparente, as reais necessidades diagnosticadas pelas equipes da execução da manutenção passaram transmitidas ao longo do fluxo do PCM, tornando possível aos subprocessos do PCM puxarem as OM, conforme as reais necessidades diagnosticadas pelas equipes de execução da manutenção.

A equipe de programação da manutenção, nesse caso, passou a transmitir aos repositores e aprovisionadores a informação das ordens críticas prioritárias para a próxima janela de manutenção de ativos e componentes, geralmente na semana seguinte, conforme alinhamento realizado com a equipe técnica de inspeção de ativos. Estas OM, que ainda se encontravam nas etapas anteriores com status aguardando material, passaram a ter suas prioridades revisadas conforme informação da condição dos ativos passada pela equipe de execução de inspeção.

A equipe de programadores da manutenção passou a informar para a Programação de paradas de ativos a necessidade de janela de manutenção para a realização das atividades críticas necessárias para o restabelecimento da condição normal de operação do ativo.

Na continuidade do fluxo, a programação de paradas dos ativos passou a negociar junto ao cliente, o processo de manutenção de via permanente, a janela semanal de paradas de ativos. Esta janela semanal já era planejada em um horizonte mensal, no entanto, como ocorre a evolução do cenário de produção, de condição do ativo e de manutenção, passou a ser levado em consideração para a elaboração da programação da parada de ativos: a manutenção de via permanente, a condição dos ativos, a localização a qual o ativo se encontra na ferrovia, a disponibilidade de recursos de manutenção e os indicadores de manutenção.

A programação nivelada, na etapa de programar OM para execução, passou a levar em consideração a análise e tratamento da carteira de serviços, considerando a sua prioridade, os recursos disponíveis, os riscos de desvios de cumprimento da programação, bem como do surgimento de novas demandas. A programação da manutenção passou a ser realizada em dois momentos: programação semanal e programação diária (atualização conforme realidade do dia).

Esta programação nivelada também foi implementada para os componentes, no entanto com algumas diferenças, como no caso de que para componentes não seriam negociadas janelas de intervenção, sendo realizadas as manutenções dos componentes que saem dos ativos e são encaminhados a oficina de manutenção de componentes, seguindo a prioridade de manutenção, conforme a criticidade definida pela equipe de inspeção de ativos.

A programação nivelada para componentes passou a levar em consideração a capacidade de atendimento da demanda pelos postos de trabalho, os recursos disponíveis para a execução das manutenções, a demanda para a reposição dos estoques de componentes nas oficinas de manutenção de ativos e a criticidade das OM de manutenção dos componentes, conforme informação passada pela equipe de inspeção de ativos. Estes fatores serviram de entrada para a tomada de decisão de como seria configurada a programação semanal de manutenção de componentes, e esta foi construída junto as equipes de: execução da manutenção de componentes, inspeção de ativos, programação da manutenção e programação de paradas.

A participação das equipes de execução da manutenção e inspeção de ativos passou a ser fundamental para a elaboração de uma programação de manutenção de ativos e componentes de modo que atendesse as reais necessidades da manutenção, com o mínimo de desvios possível. Esta mudança foi fundamental para o sucesso do atendimento das reais necessidades dos ativos, atendendo assim o processo cliente, que

necessitava do ativo o mais rápido possível e nas condições adequadas de operação, com menores custos de manutenção e menores riscos de saúde, segurança e meio ambiente.

Semelhante a solução descrita acima para os ativos, no caso de componentes, as informações de necessidades de materiais e recursos especiais, que não estavam disponíveis nos postos *kanban* para a manutenção corretiva dos componentes, passaram a ser transmitidas pela equipe de execução através da comunicação destas necessidades aos aprovisionadores nas OM físicas preenchidas com todas as necessidade, após a atividade de peritagem dos componentes, o que possibilitou a alocação de recursos pelos aprovisionadores e a devida programação da manutenção. Dessa forma, se tornou fundamental que a equipe de aprovisionadores participasse da reunião semanal de programação, para que estas prioridades fossem alinhadas entre os atores principais desse fluxo.

Esta estratégia de puxar o valor e a estratégia de estocagem utilizando *kanban*, otimizou o fluxo de valores, evitando a interrupção devido a falta de materiais e quebras de conexões. Esta definição de conexões entre os processos foi fundamental para o estabelecimento da sistemática de fluxo contínuo.

As diferenças entre os MVF, atual e futuro, não se encontram apenas na quantidade de subprocessos, mas também na redefinição de papéis e responsabilidades do fluxo de valor e nas conexões entre as etapas geradoras de valor do fluxo, o que possibilitou a execução de atividades que se encontravam nos espaços em branco entre os subprocessos. Estas melhorias planejadas tiveram o objetivo de reduzir os desperdícios e solucionar os problemas de interrupção do fluxo contínuo do processo de PCM de máquinas de via, e, conseqüentemente, impactar de modo positivos nos indicadores da manutenção de máquinas de via.

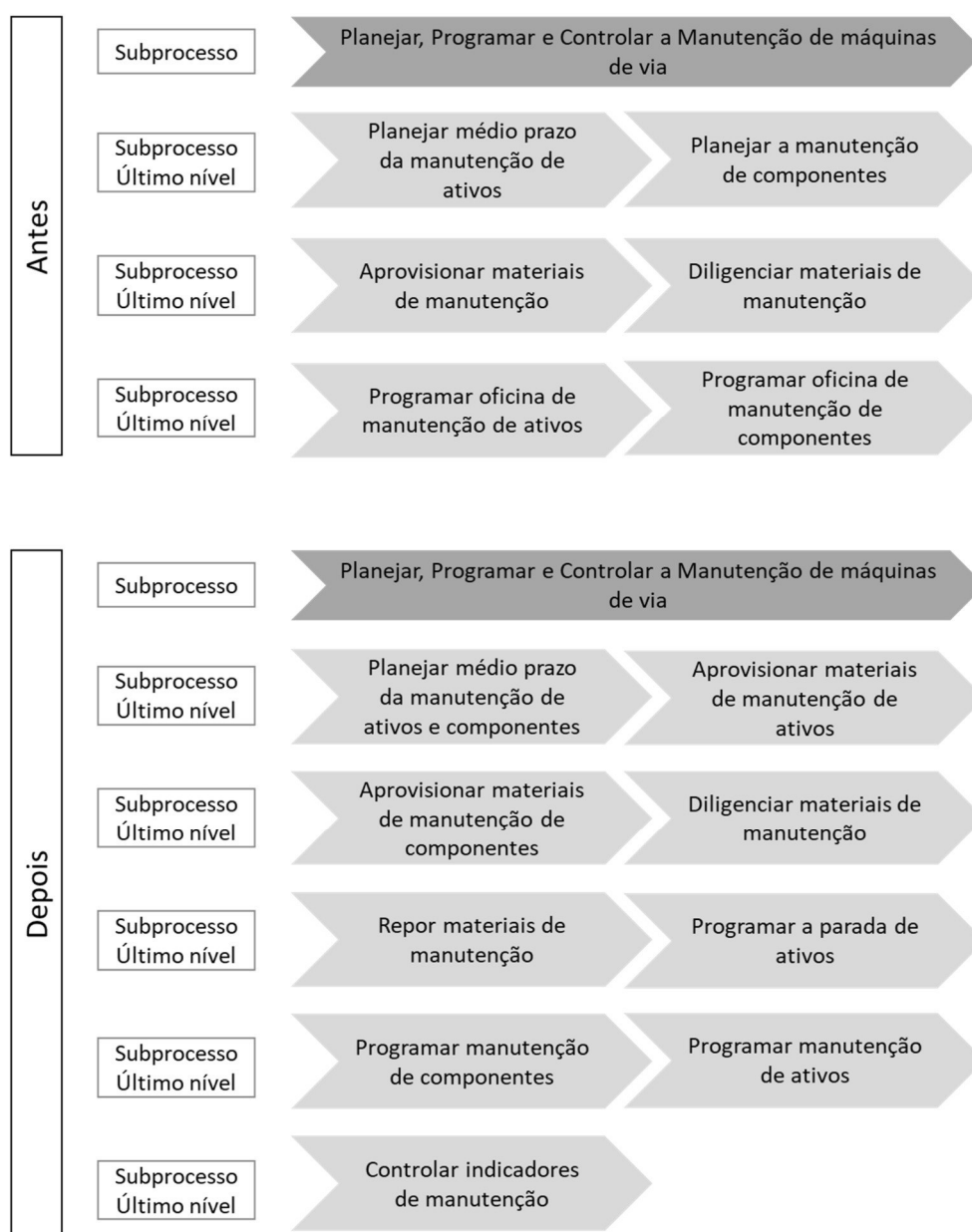
5.7. Redefinição do mapa de processo e papéis e responsabilidades do PCM de Máquinas de via.

Na fase de identificação dos desperdícios e levantamento de problemas, ficou claro o problema de sobrecarga dos aprovisionadores de materiais, quando foram identificadas atividades importantes do fluxo de valor que estavam dispostas em espaços em branco, ou seja, não haviam subprocessos que possuísem responsabilidade por desempenhá-las, como no caso das atividades de programação de paradas de ativos junto

aos clientes, programações semanais de ativos e componentes, gestão sobre os indicadores de manutenção e priorização das carteiras de serviços.

Com base nestes levantamentos, foram propostas modificações tanto no fluxo de valor quanto na estrutura dos processos, conforme estão dispostas na Fig. 30.

Figura 30: Mudanças no mapa do subprocesso de PCM de máquinas de via.



Na redefinição dos papéis e responsabilidades, o subprocesso “planejar médio prazo de manutenção de ativos” passou a ser o subprocesso “planejar médio prazo da manutenção de ativos e componentes”, onde passaram a serem planejados também os

planos de manutenção para as 52 semanas no ano, tanto para ativos quanto para componentes.

Outra mudança fundamental foi a criação dos subprocessos de aprovisionar materiais de manutenção de componentes e aprovisionar materiais de manutenção de ativos, estes subprocessos são responsáveis por planejar e aprovisionar as OM de manutenção condicionada dos componentes e ativos. É válido ressaltar que, no MFV do estado futuro, como o caminho do valor nas etapas de planejamento, aprovisionamento e programação de OM para execução foi definido como o mesmo para ativos e componentes, de modo a englobar as OM de ativos e de componentes.

Aliada a estas mudanças, está a criação do subprocesso de repor materiais de manutenção, que se encarrega do reabastecimento dos materiais de manutenção nas frentes de serviço de manutenção, também recebendo nome genérico no MFV do estado futuro, de modo a representar tanto o fluxo de ativos quanto de componentes.

É válido destacar também a criação do subprocesso de programar a parada de ativos, que tem o papel de programar as janelas de manutenção dos ativos. Por último, foi criado o subprocesso de controlar indicadores de manutenção, que monitora os indicadores de manutenção de máquinas de via e do subprocesso de PCM de máquinas de via, reportando relatórios periódicos destes indicadores.

A criação destes subprocessos de último nível, apresentados acima, não demandou aumento de funcionários no PCM de máquinas de via, sendo possível a realização destas mudanças devido a redução dos desperdícios dos processos, o que liberou capacidade de mão-de-obra do PCM.

5.8. Implementação das métricas *Lean* de medição de desempenho dos processos.

Nesta etapa foram definidos alguns indicadores que passaram a informar para a equipe do PCM de máquinas de via o desempenho do fluxo de valor de planejamento de OM de manutenções condicionadas. Por exemplo, no modo que antes era medido o indicador de quantidade de OM aberta, no sistema informatizado de manutenção, não era possível enxergar as quantidades por subprocessos de último nível, fornecendo apenas a visão do pacote fechado com o total de OM de corretiva programada aberta no sistema.

Diante disso, foi implementado o indicador de monitoramento da quantidade de OM aberta no sistema informatizado por etapa do sequenciamento do valor do MFV do PCM. Este indicador possibilita o gerenciamento do inventário de OM por subprocesso

de último nível do PCM, estabelecendo o supermercado de OM por etapa do MFV, o que ajudou a equipe de PCM a identificar estagnações e tomarem ações de restabelecimento da condição normal do processo, ou de proporem melhorias do fluxo do processo.

Outros indicadores que passaram a fazerem parte da rotina de gestão do PCM de máquinas de via foram: Tratamento de OM no mês de criação, Quantidade de ordens por faixa de tempo de existência no sistema informatizado e Aderência a programação semanal de ativos e componentes. Estes indicadores passaram a ser acompanhados nas rotinas de gestão do PCM de máquinas de via, de modo a facilitar e agilizar: a identificação de problemas e desperdícios e o restabelecimento das condições normais do processo, bem como as execuções de melhorias no fluxo de valor.

5.9. Padronização do processo para estabilizar os resultados.

Para esta etapa, foram elaborados procedimentos operacionais e revisado o manual técnico existente do subprocesso de PCM de máquinas de via. Estes procedimentos foram cadastrados no banco de padrões da empresa estudada e todos os integrantes da equipe de PCM de máquinas de via foram capacitados nestes.

É importante ressaltar que foi estabelecido um período de monitoramento de execução dos padrões pela equipe do PCM, onde os mesmos profissionais que instruíram os membros da equipe de PCM nos novos padrões foram responsáveis por avaliar estes aprendizes em suas rotinas, de modo que fosse possível corrigi-los e conduzi-los a desempenharem corretamente suas novas rotinas de trabalho.

5.10. Impacto nos resultados dos indicadores da Manutenção de Máquinas de via.

A implementação do projeto apresentou impacto direto nos indicadores da manutenção de máquinas de via, tanto quanto nos indicadores específicos do PCM de máquinas de via. Alguns desses indicadores foram apresentados no estudo de análise de dados do subprocesso de PCM de máquinas de via, e serão novamente apresentados neste capítulo com o objetivo de analisar o impacto nos resultados destes indicadores a partir da implantação da metodologia *Lean Office*. É válido ressaltar que os indicadores avaliados são provenientes de relatórios do sistema informatizado de manutenção, conforme premissa deste trabalho, apresentada anteriormente no capítulo de metodologia.

Nas Fig. 31 a Fig. 38, foram inseridas duas linhas tracejadas, uma verde e outra azul. A linha verde se refere ao momento de início do projeto de implementação da metodologia *Lean Office* no PCM de máquinas de via e a linha azul se refere ao momento em que foi iniciada a execução do plano de ação de melhorias, identificadas nas etapas de mapeamento de fluxo de valor do processo de PCM, conforme foi explicado no capítulo de metodologia.

Para fins de análises e comparações dos valores dos indicadores, foram utilizados os valores antes e depois da linha tracejada verde ou antes e depois da linha tracejada azul, conforme o que se pretende entender no esforço de análise, de modo que sejam compreendidos os impactos da implementação da metodologia no comportamento dos indicadores.

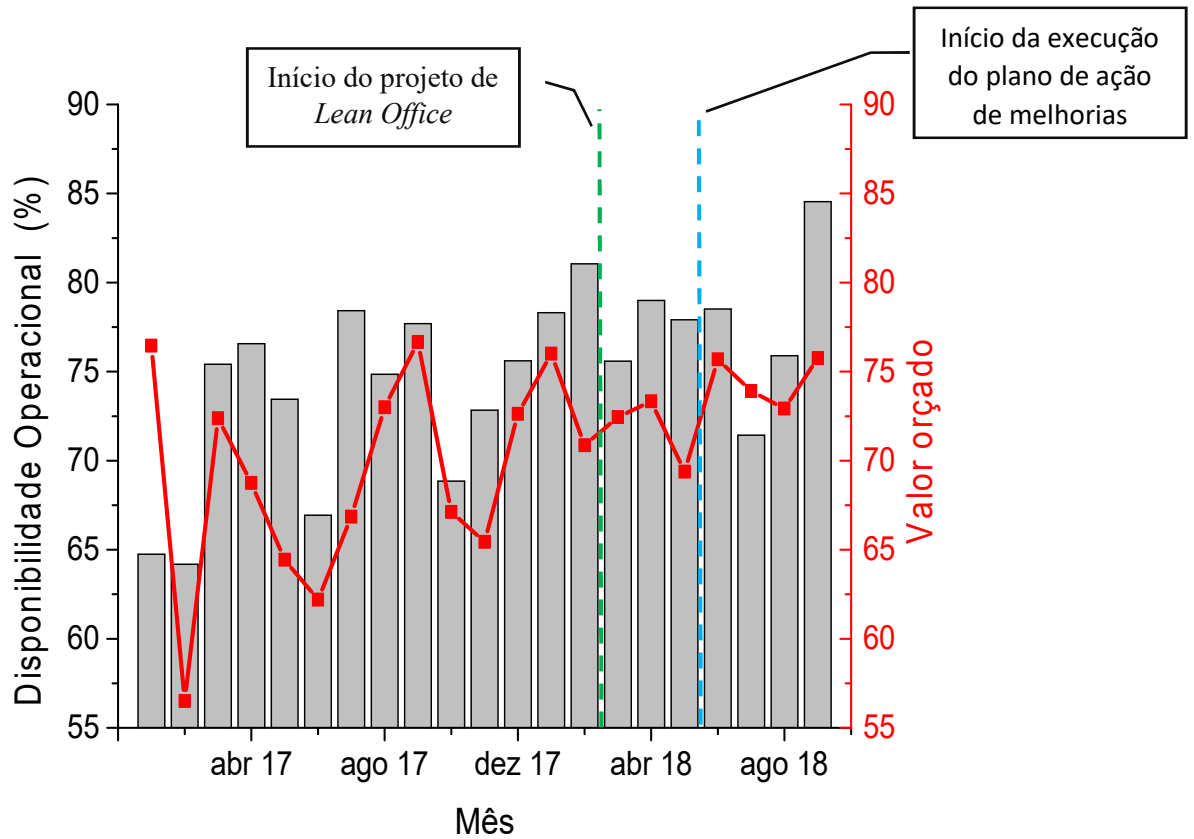
Avaliando os resultados do indicador de DO de máquinas de via, apresentados logo abaixo (Fig. 31), notamos a mudança no seu comportamento, quando comparamos os períodos anterior e posterior a implementação da metodologia *Lean Office* no PCM de máquinas de via (linha tracejada verde).

A mudança é refletida principalmente no aumento da média e redução do desvio padrão dos valores mensais da DO de máquinas de via entre estes dois períodos, um aumento de 4,41% na valor da média da DO, saltando do valor de 74,28% no período anterior a implementação da metodologia *Lean Office*, que compreendeu os meses de janeiro de 2017 a fevereiro de 2018, para o valor de 77,55% no período após a implementação da metodologia do *Lean Office*, que compreendeu os meses de março a setembro de 2018. O desvio padrão da DO também mudou entre estes dois períodos, caindo do valor de 4,72 para 4,00, uma redução de 15,26%.

Isto expressa a estabilização dos resultados do indicador de disponibilidade operacional dos ativos de máquinas de via em um patamar de resultado superior ao que era realizado no período anterior à implementação do projeto de *Lean Office* no PCM de máquinas de via.

Durante o período de influência da implantação do plano de ação de melhorias, o valor da DO ficou abaixo do orçado apenas no mês de julho, quando rapidamente foi restabelecido para a condição normal, acima do orçado, e em setembro de 2018 foi atingido o maior valor da DO no período de janeiro de 2017 a setembro de 2018, com valor de 84,54%.

Figura 31: Disponibilidade operacional de máquinas de via.



Outro indicador da manutenção de máquinas de via é o MKBF, que expressa a média de quilômetros que as máquinas de via trabalham antes de ocorrer uma falha em algum ativo da frota. Este indicador mede a saúde da frota de ativos de máquinas de via, sendo o indicador chave para medição da qualidade da manutenção de máquinas de via, sendo descrito por (Equação 4):

$$MKBF = \frac{\sum_{i=1}^n KBF_i}{N} \quad (\text{Eq. 4})$$

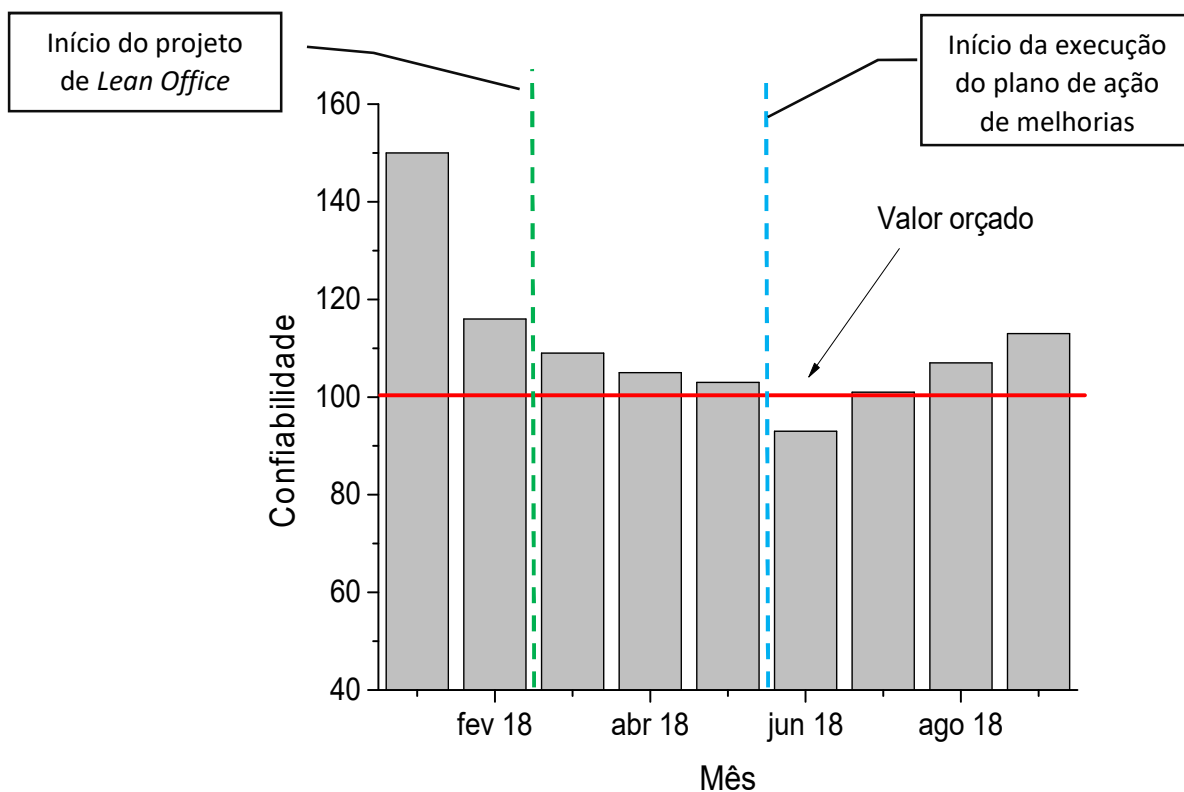
na qual: MKBF é a média de quilometragem que a frota de máquinas de via trabalha até a ocorrência de uma falha, KBF é a quilometragem trabalhada pela frota de máquinas de via entre as falhas, e N é o número total de falhas.

Para a obtenção do resultado do indicador do MKBF de máquinas de via, conforme o apresentado na Fig. 32, a empresa realiza a conversão dos valores do MKBF, utilizando uma tabela de conversão, onde o valor máximo possível é de 150 pontos, o valor mínimo é de 50 pontos, e o valor da meta é 100 pontos.

Na Fig. 32, podemos verificar que os valores do MKBF de máquinas de via iniciaram o ano de 2018 apresentando o valor máximo possível, realizando 150 pontos em janeiro, no entanto, de fevereiro a junho houve o decréscimo do valor realizado do indicador de MKBF, apresentando taxa de queda de 9,5 pontos ao mês, atingindo o valor mínimo do ano em junho de 2018, com valor de 93 pontos. A partir de julho, o valor passou a apresentar crescimento em seu valor, com taxa de crescimento de 6,67 pontos ao mês, chegando ao valor realizado de 113 pontos em setembro de 2018.

Dessa forma, notamos que houve uma mudança nos resultados do indicador de MKBF de máquinas de via a partir da implantação do plano de ação de melhorias proveniente da implantação da metodologia *Lean Office* no PCM de máquinas de via, onde observamos um aumento do indicador de 93 pontos em junho para 113 pontos em setembro, um aumento de 21,51%.

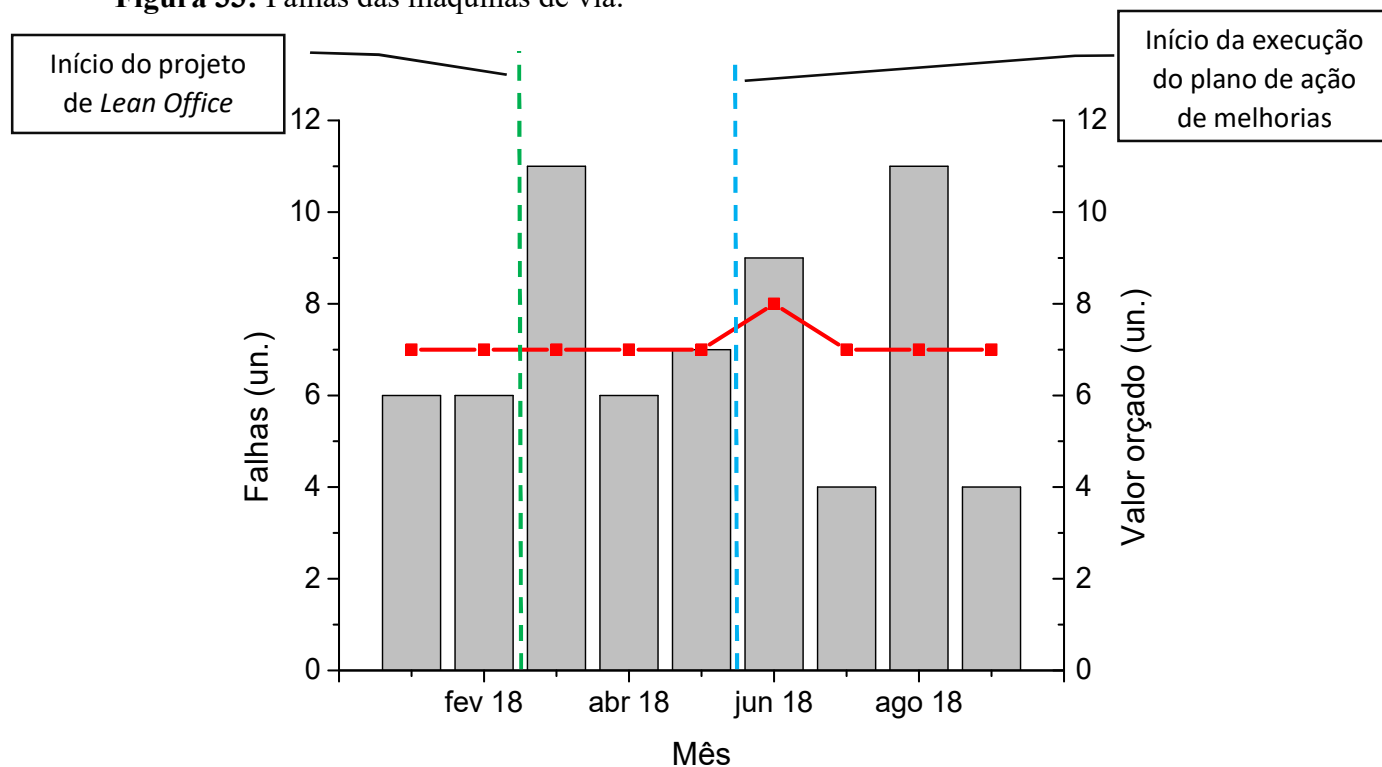
Figura 32: MKBF das máquinas de via.



Para avaliar este comportamento do indicador MKBF de máquinas de via, conferimos, conforme na Fig. 33, o comportamento das falhas dos ativos de máquinas de via ao longo do ano de 2018. Esta análise serviu para analisarmos se o comportamento

do indicador MKBF estava correspondendo ao comportamento da quantidade de falhas dos ativos de máquinas de via ao longo de 2018.

Figura 33: Falhas das máquinas de via.



Podemos notar que, no período após o início da implantação do plano de melhorias houve mudança do comportamento da ocorrência de falhas de máquinas de via em relação ao comportamento apresentado no período anterior. Notamos também que, o período anterior ao início da implantação do plano de ação de melhorias, entre os meses de janeiro a maio de 2018, a média de ocorrência de falhas de ativos por mês foi de 7,2, enquanto que de junho a setembro de 2018 a média de falhas de ativos por mês foi de 6,5. Esta redução da média das falhas entre estes períodos corresponde a 9,72% do valor da média do período anterior.

Outra medida central da distribuição dos dados de falhas dos ativos que podemos utilizar na análise é a moda, a qual seu valor referente ao período anterior a implantação do plano de melhorias foi de 6 falhas de ativos, enquanto que o valor após o início de implantação do plano de melhorias foi de 4 falhas de ativos, então a redução da moda das falhas dos ativos do período anterior ao início do plano de ação de melhorias para o período posterior foi de 33,33%.

Se compararmos o gráfico de MKBF (Fig. 32) e o gráfico de falhas de ativos (Fig. 33), observaremos que os dois demonstram alteração dos comportamentos dos indicadores no período que se encontram sob influência da implantação do plano de ação de melhorias da implantação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via.

Podemos observar também que os indicadores de quantidade de ordens de manutenção condicionada de ativos e de quantidade de ordens de manutenção condicionada de componentes, apresentados nas Fig. 34 e Fig. 35, respectivamente, apresentam mudanças de seus comportamentos de forma mais acentuada no período posterior ao início de implantação do plano de melhorias.

Então, de modo a que pudéssemos entender a influência das melhorias do processo de PCM de máquinas de via, refletida nos indicadores de gestão da carteira de serviços da manutenção, foram analisados detalhadamente as alterações dos comportamentos dos indicadores específicos do PCM da manutenção de máquinas de via.

Avaliando os resultados do indicador de quantidade de OM aberta no sistema informatizado de manutenção condicionada de ativos (Fig. 34), e de componentes (Fig. 35), podemos observar que houve redução na quantidade de OM abertas no sistema no período que compreende os meses de março de 2018 a setembro de 2018, período de implantação do projeto de *Lean Office*, com redução de 24,91% da quantidade de OM de manutenção condicionada de ativos e de 65,62% da quantidade de OM de manutenção condicionada de componentes. Estes valores de redução foram obtidos calculando as reduções dos valores dos dois indicadores de fevereiro de 2018 a setembro de 2018.

No entanto, é notório que as mudanças mais expressivas dos comportamentos destes dois indicadores ocorreram no período posterior ao início da implantação do plano de ação de melhorias. Como houve a redução da estagnação das OM de manutenção condicionada de ativos e componentes no sistema informatizado, o comportamento dos indicadores de quantidade de falhas de ativos e por consequência no indicador de MKBF de máquinas de via apresentaram melhorias, visto que os problemas diagnosticados pela equipe de inspeção dos ativos passaram a ser tratados mais rapidamente, evitando a falha dos ativos.

Figura 34: Quantidade de OM de manutenção condicionada de ativos.

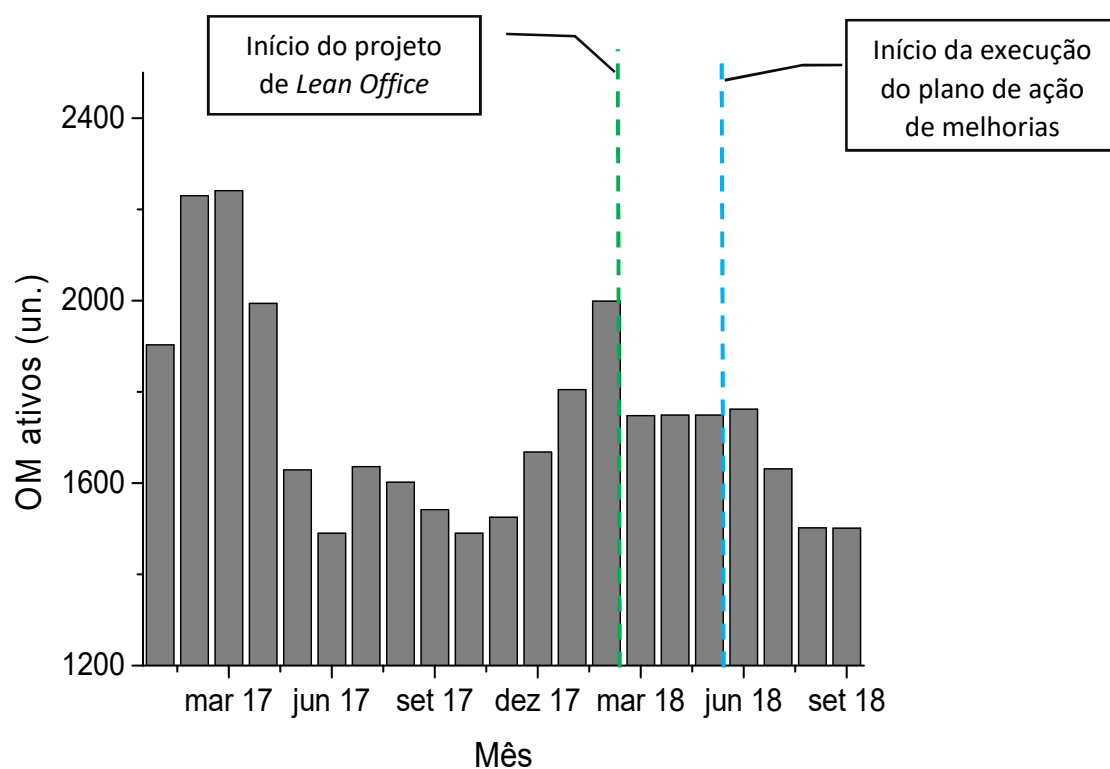
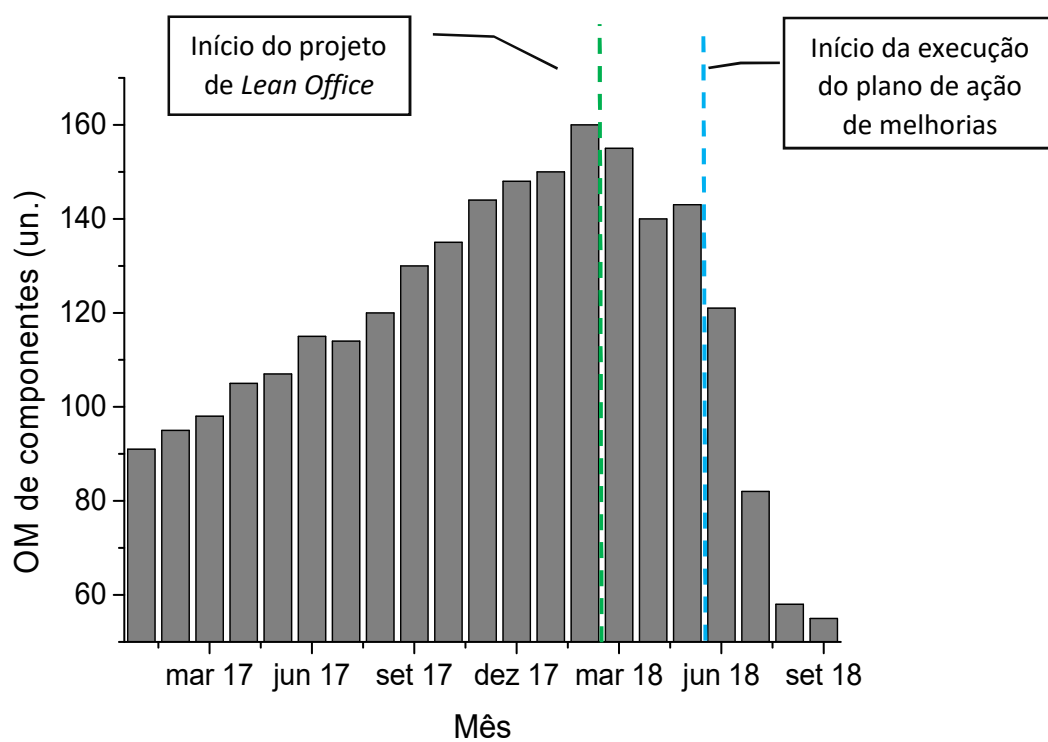


Figura 35: Quantidade de OM de manutenção condicionada de componentes.



No caso das OM de manutenção condicionada de componentes (Fig. 35), a redução foi mais acentuada comparado as OM de manutenção condicionada de ativos (Fig. 34) devido a alguns fatores fundamentais. O primeiro destes fatores foi o que líder do processo de execução da manutenção de componentes atuou ativamente como parceiro do projeto de implantação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via, ajudando a diagnosticar oportunidades de melhorias nas interfaces destes processos, a implementar as ações de melhorias e a manter a execução das rotinas conforme estabelecido no projeto.

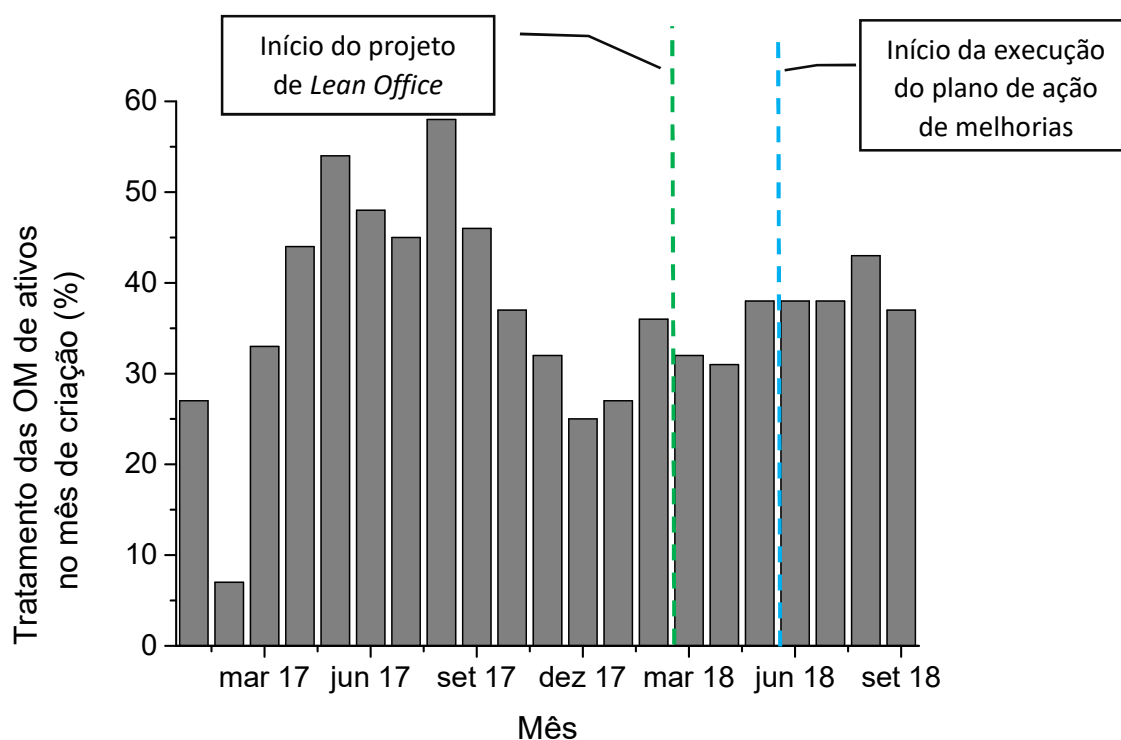
Esta atuação em conjunto, dos processos de PCM e de Execução da manutenção de componentes possibilitou o início da redução das estagnações das OM de manutenção de componentes ainda no período de influência após o início da implantação do projeto de *Lean Office*, a partir do mês de março de 2018, se tornando mais acentuada esta redução após o início da implantação do plano de ação de melhorias.

Outro fator que influenciou nesta diferença foi o de que os processos de manutenção de ativos se distribuíam em 4 regionais distintas, sendo que as regionais 2, 3 e 4 ficavam distantes da regional 1, na qual se encontravam a gestão do PCM de máquinas de via e o processo de execução da manutenção de componentes. Esta dispersão geográfica impactou na velocidade de disseminação das rotinas estabelecidas durante o projeto e no suporte dos líderes à implantação das melhorias pelos liderados.

O terceiro fator de influência foi o de que a manutenção condicionada dos ativos ocorria em janelas de paradas destes ativos negociadas junto aos processos clientes, o que dificultava a realização uma curva de redução das OM de manutenção condicionada de ativos com uma taxa de redução tão acentuada quanto a taxa de redução que é apresentada na curva de redução das OM de manutenção condicionada de componentes, pois o processo de manutenção de componentes realizava a manutenção dos componentes que entravam na fila para serem atendidos, o que tornou a taxa de tratamento de OM de manutenção condicionada de componentes dependente do aprovisionamento de materiais de manutenção e do *lead time* de execução da manutenção destes componentes.

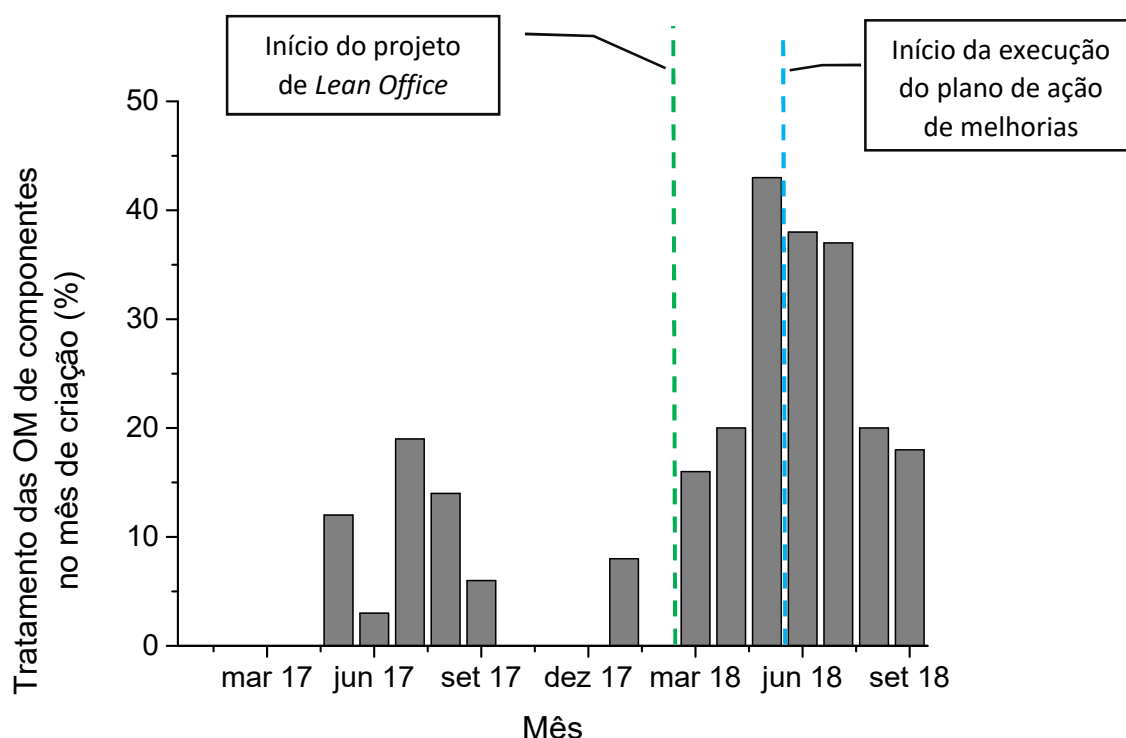
Ainda analisando os indicadores de PCM, observamos que o indicador de tratamento de OM de ativos, apresentado na Fig. 36, e o de tratamento de OM de componentes, apresentado na Fig. 37, apresentou novamente mudança nos comportamentos dos dois indicadores a partir de março de 2018, quando foi iniciada a implantação do projeto de *Lean Office*.

Figura 36: Tratamento das OM de ativos dentro do mês de criação.



Podemos notar que, no indicador referente ao tratamento dentro do mês de criação das OM de ativos, o período de melhores resultados no ano de 2018 foi o período compreendido após o início da implantação do plano de melhorias. No período após o início da implantação do projeto de *Lean Office* o indicador apresenta queda em seu valor, caindo de 36% a 31%, entre os meses de fevereiro e abril de 2018. A partir de maio de 2018, o indicador apresenta aumento do valor até 43% em agosto, voltando a decrescer para 37% no mês de setembro de 2018.

Figura 37: Tratamento das OM de componentes dentro do mês de criação.

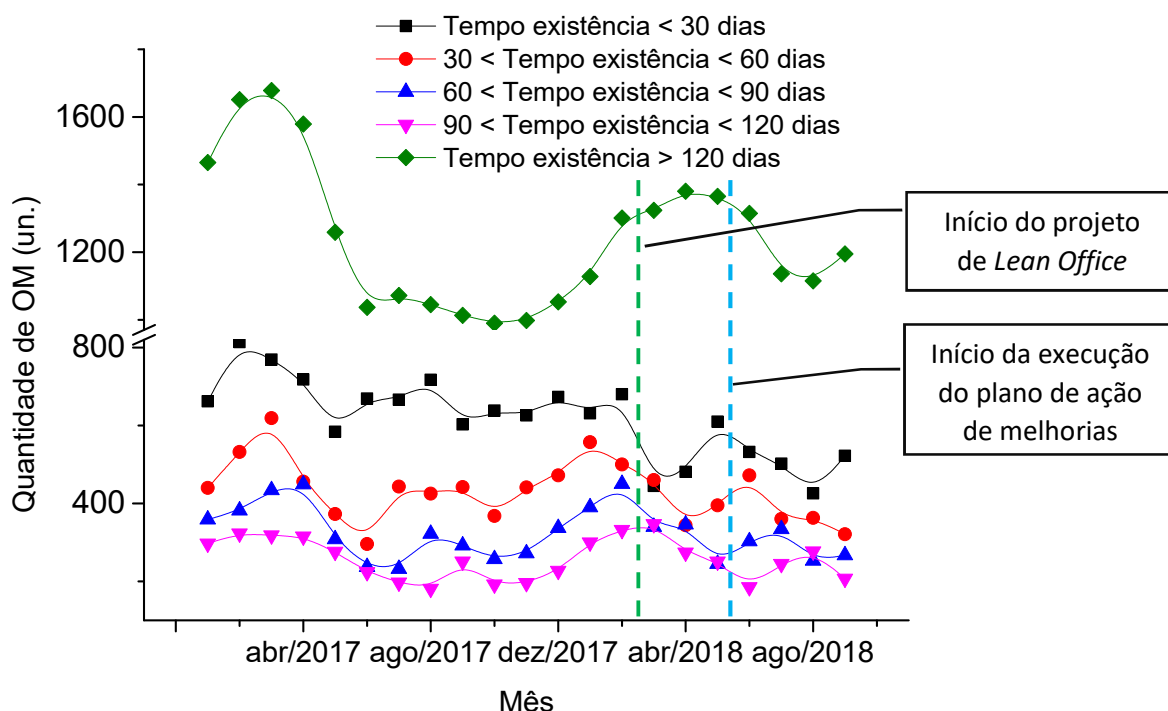


Em se tratando do indicador de tratamento de OM de componentes dentro do mês de criação (Fig. 37), o mesmo apresenta crescimento acentuado após fevereiro até maio de 2018, aumentando o valor de 0%, em fevereiro, até 43%, em maio. A partir de maio, o indicador apresenta queda até o mês de setembro, apresentando valor de 18%.

Com base nestas análises, podemos notar que houve mudança no *lead time* do processo do PCM de máquinas de via após o início da implantação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via, aumentando a proporção de OM de manutenção condicionada que são finalizadas no prazo máximo de 30 dias, o que é refletido na redução do inventário de OM de manutenção condicionada no sistema informatizado, e na melhoria dos indicadores de DO e MKBF de máquinas de via.

Outro indicador escolhido para avaliar os resultados de implantação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via foi de Quantidade de OM por faixa de tempo de existência no sistema informatizado. Conforme podemos conferir na Fig. 38, este indicador apresentou mudança de comportamento também desde março de 2018, período compreendido após o início de implantação do projeto de *Lean Office*. Esta mudança de comportamento foi observada para todas as todas as faixas de tempo de existência das OM.

Figura 38: Quantidade de OM por faixa de tempo de existência no sistema informatizado.



A quantidade de OM na faixa de tempo menor que 30 dias apresentou redução significativa no período após o início da implantação do projeto de *Lean Office*, caindo do valor de 680 OM em fevereiro de 2018 para 445 OM em março de 2018. No entanto, este indicador variou ao longo dos meses de 2018, atingindo um valor de 610 OM em maio, posteriormente decrescendo continuamente o valor até 426 OM em agosto, que, a partir de então, aumentou o valor para 522 OM no mês de setembro.

Podemos notar que, o de aumento da quantidade de OM com tempo menor que 30 dias, que ocorreu em maio de 2018, coincide com o aumento das falhas neste referido trimestre, da mesma forma que, a redução da quantidade de OM com tempo menor que 30 dias no terceiro trimestre de 2018 coincide com a redução das falhas de máquinas de via neste período.

Para a quantidade de OM na faixa de tempo entre 30 e 60 dias, o indicador apresentou redução no período de influência do implantação do projeto de *Lean Office*, caindo de modo quase contínuo de 500 OM em fevereiro até o valor de 344 OM em abril. A partir de então, o valor do indicador aumentou continuamente até junho, onde apresentou valor de 472 OM, quando, no período de influência do início da implantação

do plano de ação de melhorias, decresceu o valor até atingir a quantidade de 321 OM em setembro de 2018.

Da mesma forma, podemos notar que este indicador apresentou alteração de seu comportamento a partir do momento onde se inicia a implementação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via, no entanto, a mudança mais expressiva é observada no período posterior a implantação do plano de melhorias, que foi iniciado a partir de junho de 2018.

Para a quantidade de OM na faixa de tempo entre 60 e 90 dias, o indicador apresentou o pico histórico no mês de fevereiro de 2018, com valor de 350 OM, considerando o intervalo de amostragem de janeiro de 2017 a setembro de 2018. A partir de então, após o início da implantação do projeto de *Lean Office*, houve decréscimo do valor da quantidade de OM até o valor de 245 OM no mês de maio. A partir de maio, houve crescimento da quantidade de OM até atingir o valor de 334 OM no mês de julho, quando se iniciou a redução até atingir o valor de 267 em setembro de 2018.

Para a quantidade de OM na faixa de tempo entre 90 e 120 dias, o indicador apresentou o pico histórico no mês de março de 2018, com valor de 347 OM. A partir de março de 2018, este valor decresceu até atingir 185 OM em junho, voltando a subir até o valor de 277 OM em agosto e decrescendo novamente a um valor de 207 OM em setembro.

Para a quantidade de OM na faixa de tempo maior que 120 dias, podemos observar a mudança de comportamento no crescimento do valor do indicador, que cresceu a uma taxa de 124 OM por mês, no período de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018, e passou a apresentar uma taxa de 39,5 OM por mês, no período de fevereiro de 2018 a abril de 2018, período este que esteve sob a influência do início da implantação do projeto de *Lean Office*. A partir de abril de 2018 a quantidade de OM reduziu continuamente até atingir o valor de 1115 OM em agosto, vindo a crescer no mês de setembro, apresentando o valor de 1195 OM.

Podemos notar que existe um conjunto de OM cadastrado no sistema informatizado entre os meses de fevereiro a abril de 2018, que esteve apenas envelhecendo dentro do sistema informatizado de manutenção, migrando de uma faixa de tempo para outra, a cada mês.

Este fenômeno pode ser observado também no decréscimo do indicador de tratamento das OM de ativos dentro do mês de criação, no período de fevereiro a abril de 2018, conforme apresentado em análise do gráfico da Fig. 36. Este conjunto de OM criadas entre os meses de fevereiro e abril de 2018, e que não foram tratadas, e que estão

envelhecendo no sistema informatizado, são OM relacionadas a materiais críticos quanto a *lead time* de compra e reposição. No entanto, estas OM não foram executadas durante o período de análise, permanecendo ativas no sistema informatizado, aguardando materiais para a execução das mesmas.

Podemos concluir, com base nas análises dos indicadores do PCM de máquinas de via, que a implantação do *Lean Office* no PCM de máquinas de via impactou diretamente na melhoria dos indicadores de PCM, e por consequência, também impactou positivamente nos resultados dos indicadores de DO, MKBF e Falhas dos ativos de máquinas de via.

CONCLUSÕES

A implantação da metodologia *Lean Office* no PCM de máquinas de via ocorreu conforme planejado na etapa de metodologia, o que possibilitou atingir o objetivo geral deste estudo que era o de “reduzir o desperdício de inventário do processo de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) de máquinas de via permanente através da aplicação da ferramenta *Lean Office*”, conforme se encontra apresentado no capítulo de “impacto nos resultados dos indicadores da manutenção de máquinas de via”, onde foi comprovada a redução dos indicadores de Quantidade de OM de manutenção condicionada de ativos e de Quantidade de OM condicionada de componentes.

Na avaliação dos resultados dos indicadores de manutenção: DO, MKBF e Falhas de máquinas de via, apresentada no capítulo de “impacto nos resultados dos indicadores da manutenção de máquinas de via”, notamos que estes indicadores foram impactados positivamente pela implantação da metodologia *Lean Office*, alterando significativamente o patamar de resultados do processo de manutenção de máquinas de via, o que comprova que a metodologia *Lean Office* é aplicável nos processos administrativos dos processos de manutenção das companhias.

Os MFV dos estados atual e futuro foram elaborados de forma eficaz, o que possibilitou o planejamento das ações para a transformação da realidade atual para a realidade futura almejada.

O sucesso da estratégia de integração da aplicação da ferramenta *Lean Office* com um problema real do negócio, apresentado na metodologia deste estudo, possibilitou a concordância e o engajamento dos líderes e dos liderados com a importância da implantação da metodologia *Lean Office* no PCM de máquinas de via.

Este estudo comprovou a dificuldade em enxergar as atividades acontecendo em um ambiente *office*, o que dificulta a coleta de tempos da agregação de valor e dos desperdícios.

Foi observado também que a existência prévia de implementações de iniciativas de *Lean Manufacturing* na gerência de máquinas de via facilitou a implantação da metodologia *Lean Office*, pois já havia o entendimento de conceitos básicos do *Lean* por pessoas chaves do processo, e já haviam treinamentos, internos na empresa, sobre os conceitos necessários para a implantação do projeto.

Foi notado que no ambiente *office*, as células dos processos podem apresentar dispersões geográficas, o que dificulta a comunicação, o gerenciamento e o suporte da

equipe de implantação do projeto aos empregados do fluxo de valor ao qual o projeto de implantação se dedica, enquanto que nos processos de transformação física, as células dos processos que compõem o fluxo de valor alvo geralmente estão dispostas em uma mesma planta fabril, o que facilita a implantação do *Lean*.

O líder do processo de manutenção de componentes atuou em conjunto com o líder do PCM de máquinas de via, o que causou uma implementação veloz do plano de ação e consequente motivação e engajamento de todos os envolvidos nas mudanças.

A diferença de velocidade na execução do plano de ação de melhorias foi fundamental para a diferença dos resultados dos indicadores de componentes e de ativos.

A equipe do PCM atendia o processo de “executar a manutenção de componentes” desempenhou mais rapidamente conforme os padrões desenvolvidos no projeto, enquanto que as equipes que atendiam os processos de “executar a manutenção de ativos” demoraram mais a desempenhar conforme os padrões, o que contribuiu para a diferença nos valores percebidos dos indicadores de componentes e de ativos.

TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de avaliar a sustentabilidade da implantação da metodologia *Lean Office* empregada neste presente estudo, é sugerido um trabalho de avaliação do comportamento dos indicadores de manutenção por um período de pelo menos um ano após a conclusão do plano de ação de melhorias, de modo a verificar a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo.

É sugerido também um trabalho que utilize métodos de análise estatísticas de dados, com o objetivo de avaliar as estabilidades dos indicadores antes e após a implantação da metodologia *Lean Office* no processo de PCM.

É sugerido que seja realizado um estudo que avalie a diferença de resultados entre uma aplicação do *Lean Office* em um processo de manutenção que possua iniciativas *Lean* implementadas e uma aplicação do *Lean Office* em um processo de manutenção que não possua iniciativas *Lean* implementadas, de modo a avaliar as diferentes dificuldades que surgirão na implantação das etapas da metodologia.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

ALVAREZ, R. R. **Desenvolvimento de uma análise comparativa de métodos de identificação, análise e solução de problemas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado em Engenharia de produção, 1996.

ANTF. **Associação Nacional dos Transportes Ferroviários**. Brasília, 2018. Disponível em: < <https://www.antf.org.br/> >. Acesso em: 17 nov. 2018. 00h53

BHAMU, Jaiprakash; SINGH SANGWAN, Kuldip. **Lean manufacturing: literature review and research issues**. International Journal of Operations & Production Management, v. 34, n. 7, p. 876-940, 2014.

BOSSIDY, Larry; CHARAN, Ram; BURCK, Charles. **Execution: The discipline of getting things done**. Random House, 2011.

BRANCO, José Eduardo Sabóia Castello et al. **Tratado de Estradas de Ferro**. Rio de Janeiro: Reflexus Estúdio de Produção Gráfica, 2000.

BRINA, Helvécio Lapertosa. **Estradas de Ferro, Volume I e II**. Rio de Janeiro, LTC: Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1982.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento pelas diretrizes**. 1996.

CERVEIRA, Diego Santos; SELLITTO, Miguel Afonso. **Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise quantitativa de um forno elétrico a indução**. Revista Produção Online, v. 15, n. 2, p. 405-432, 2015.

CHIOCHETTA, João; CASAGRANDE, Luiz Fernando. **Mapeamento do Fluxo de Valor aplicado em uma pequena indústria de alimentos**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção–ENESEP, Foz do Iguaçu, 2007.

COELHO, Tiago Fernandes da Silva Montalvão. **Aplicação da Abordagem Kaizen Lean no Departamento de Logística no HGSA**. Tese de Doutorado, 2013.

COIMBRA, Marcelo do Vale. **Modos de Falha dos Componentes da Via Permanente Ferroviária e seus Efeitos no Meio Ambiente**. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado–Instituto Militar de Engenharia, 2008.

CORREA, Avelino. et al. **Geração de conhecimento a partir do uso do ciclo PDCA**. Anais do XXIV ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção; 2004; Florianópolis, SC, Brasil.

D’ASCENÇÃO, Luiz Carlos M. **Organização, sistemas e métodos: análise, redesenho e informatização de processos administrativos**. Atlas, 2001.

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial–Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Editora Saraiva, 2018.

DE LIMA, Danilo Felipe Silva et al. **Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas *lean* em uma empresa calçadista**. Revista Produção Online, v. 16, n. 1, p. 366-392, 2016.

DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada**. Bookman Editora, 2009.

DOS SANTOS, Debora Brito et al. **A INFRAESTRUTURA NO TRANSPORTE FERROVIÁRIO NO BRASIL**. South American Development Society Journal, v. 4, n. 10, p. 38-51, 2018.

DOS SANTOS, Sílvio. **Transporte ferroviário: história e técnicas**. Cengage Learning, 2012.

FABRO, Elton et al. **Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo**, 2003.

FARIA, Carlos Roberto. **O Negócio Ferrovia**. UNDB-VALE, São Luís, 2011.

FEIGENBAUN, A. V. **Controle da qualidade total**. v.1. São Paulo: Makron Books, 1994.

FERRO, José Roberto. **A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”**. Lean Institute Brasil, 2003.

FERRO, José Roberto. **Novas fronteiras de aplicação do sistema Lean em serviços**. Lean Institute Brasil. Disponível em< <http://www.lean.org.br>>. Acesso em, v. 11, 2005.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HEUSNER, Rodrigo et al. **Aplicação da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor para identificação dos desperdícios do processo produtivo em uma empresa de reciclagem de plástico**. Revista de Administração do Sul do Pará (REASP)-FESAR, v. 2, n. 3, 2015.

HICKS, Ben J. **Lean information management: Understanding and eliminating waste**. International journal of information management, v. 27, n. 4, p. 233-249, 2007.

IMAI, Masaaki. **Kaizen**. New York: Random House Business Division, 1986.

ISHIKAWA, DJLT Kaoru. **What Is Total Quality Control?: The Japanese Way (Business Management)**. Prentice Hall Trade, 1985.

JACOBS, F. R; CHASE, R B. **Administração da produção e de operações: o essencial**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 424p.

JONES, Dan; WOMACK, John. **Enxergando o todo: Mapeando o Fluxo de Valor Estendido**. Lean Enterprise Institute, 2011.

JONES, Daniel T.; WOMACK, James P. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Gulf Professional Publishing, 2004.

JONES, Daniel T.; WOMACK, James P. **Enxergando o todo: mapeando o fluxo de valor estendido.** Lean Institute Brasil, 2011.

KACH, S. C. et al. **Mapeamento do fluxo de valor: Otimização do processo produtivo sob a ótica da engenharia de produção.** SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, v. 11, 2014.

KEYTE, Beau; LOCHER, Drew A. **The complete lean enterprise: Value stream mapping for administrative and office processes.** Productivity Press, 2016.

KRINGS, D.; LEVINE, D.; WALL, T. **The use of lean local government.** *PM Public Management*, v. 88, n. 8, p. 12-17, 2006.

LAGO, Nuno; CARVALHO, Dinis; RIBEIRO, Laura MM. **Lean office.** *Revista Fundação*, n. 248/249, p. 6-8, 2008.

LAREAU, William. **Office Kaizen: transforming office operations into a strategic competitive advantage.** ASQ Quality Press, 2003.

LEITE, Higor dos Reis; VIEIRA, Guilherme Ernani. **Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge.** *Production*, v. 25, n. 3, p. 529-541, 2015.

MAGALHÃES, Paulo C. Barroso; SILVA, Mário Wenceslau P.; FILHO, Ernani Duval. **Via permanente.** UNDB-VALE, Vitória, 2011.

MCMANUS, Hugh. **Product development value stream analysis and mapping manual (PDVSM).** Cambridge: Lean Aerospace Initiative, 2003.

MONTEIRO, Jorge Miguel Gonçalves. **Aplicação de Lean Office num departamento de planeamento logístico de uma empresa de componentes eletrónicos.** Tese de Doutorado, 2016.

NASH, Mark A.; POLING, Sheila R. **Mapping the total value stream: a comprehensive guide for production and transactional processes.** CRC Press, 2011.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production.** CRC Press, 1988.

PINTO, Emília da Conceição Vieira. **Kaizen como filosofia de Melhoria Contínua na Direção de Serviços Administrativos da SONAE.** Tese de Doutorado, 2015.

PINTO, João Paulo. **Manutenção Lean.** Lisboa: Lidel, Edições técnicas, 2013.

POMMERENING, Laraue et al. **LEAN SERVICE PARA A MELHORIA DO PROCESSO DE ATENDIMENTO AO CLIENTE: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA.** Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE, v. 4, n. 1, p. 01-20, 2018.

RAMOS, Rodrigo da Cruz. **Gerenciamento do Fluxo de Valor para implementação de fluxo Lean em processos administrativos: aplicação em uma empresa do setor automotivo.** 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia), Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

REIS, Tathiana. **Aplicação da mentalidade enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do mapeamento do fluxo de valor: estudo de caso.** 2004.143 f. 2004. Tese de Doutorado. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ROCHA, Ana Beatriz Rodrigues Barreto et al. **Lean Office–escritório enxuto: um estudo de caso em uma empresa alemã.** Monografia, 2015.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2016.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Learning to see**. Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, 1999.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Lean Enterprise Institute, 2003.

RUBRICH, Larry; WATSON, Mattie. **Implementing World Class Manufacturing Includes Lean Enterprise**. Fort Wayne, Indiana: WCM Associates, 2004.

SAMPSON, Scott E.; FROEHLE, Craig M. **Foundations and implications of a proposed unified services theory**. Production and operations management, v. 15, n. 2, p. 329-343, 2006.

SEMPREBONE, Paula da Silva et al. **Desgastes em trilhos ferroviários: um estudo teórico**. 2005.

SMALLEY, Art. **Criando o sistema puxado nivelado**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2016.

SOARES, Daniel João Pimentel. **Aplicação da metodologia de “lean management” no processo de desenvolvimento de produto**. Tese de Doutorado, 2013.

SÜFFERT, Werner Romera. **O pensamento enxuto nos serviços: um estudo de caso no setor bancário brasileiro**. 2004. 86f. 2004. Tese de Doutorado. Dissertação (Administração)–Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TERNER, Gilberto Luís Kupper. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal-mecânica**. 2008.

VIEIRA MESQUITA, Daytta Cristina; GONÇALVES MESQUITA, Wisner; RODRIGUES DA SILVA SOUZA, Leandro. **Implementação do mapeamento de fluxo de valor de uma montadora de veículos, denominada empresa Beta**. Exacta, v. 12, n. 2, 2014.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. Simon and Schuster, 2010.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2015.