

## PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS

Nome autor: Carlos Gabriel Jordão Vicentini

Orientador: Prof. Dr. Júlio Ferreira

### RESUMO

O presente artigo apresenta conceitos relacionados as ferramentas da filosofia *Lean Manufacturing*, tratando especialmente a otimização de processos de manutenção em uma empresa de grande porte do setor logístico ferroviário, presente em mais de 6 estados brasileiros. Através dessas ferramentas que a filosofia traz, busca-se criar oportunidades de melhorias para o processo de manutenção da frota principal de ativos. Esta pesquisa é considerada descritiva e explicativa, e teve uma abordagem qualitativa do processo. Os principais métodos utilizados foram análises, processo orientado pelo Mapa de Fluxo de Valor (MFV ou VSM) do estado atual, que facilita observar as possibilidades de melhorias no processo de manutenção, dando destaque para organização de recursos organizacionais, divisão de etapas de manutenção, aumento de demanda. Para afrontar estes problemas viu-se a necessidade de aplicar as ferramentas de qualidade da filosofia *Lean*. Como principais resultados aumentar a disponibilidade e reduzir o tempo de manutenção.

**Palavras-chaves:** *Lean Manufacturing*; Mapa de Fluxo de Valor; Processo de manutenção.

### INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas estão continuamente em busca da melhoria contínua em seus processos produtivos, visando a otimização de processos e redução de custo, aumentando a disponibilidade de seus ativos, objetivando obter o maior lucro.

Neste contexto o processo de melhoria contínua, busca gerar maior

competitividade no mercado, busca-se solucionar problemas de manutenção, aumentar a confiabilidade dos ativos, aumentar a disponibilidade dos ativos e gerar um maior número de manutenção em tempo menor.

Como Problematização e Pergunta, é possível através da utilização do Mapa de fluxo de Valor e ferramentas Lean, aumentar a velocidade de manutenção, padronizar o processo de manutenção e melhorar a confiabilidade dos ativos?

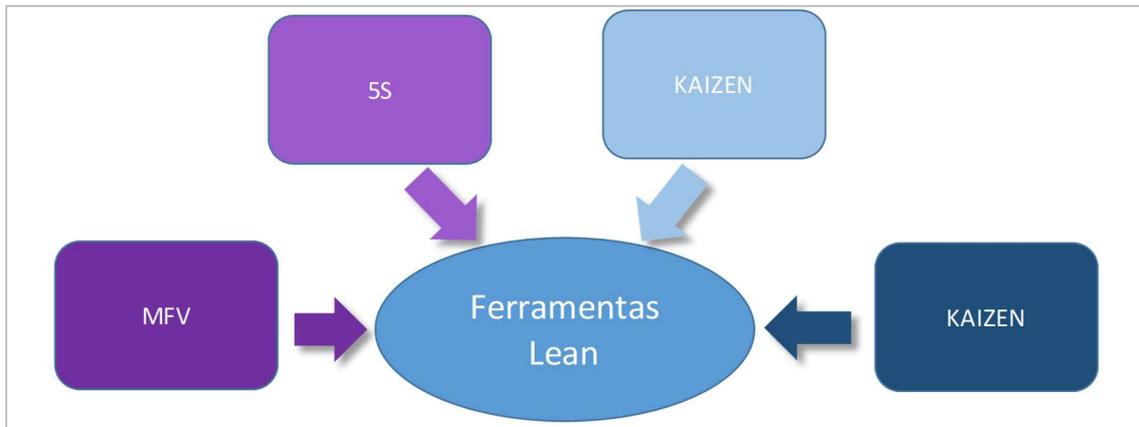
O objetivo geral desta pesquisa é propor melhorias no processo de manutenção de ativos, através das ferramentas *Lean*. Como objetivos específicos, pretende-se descrever as principais ferramentas da manufatura enxuta, apurar informações sobre o processo de manutenção, realizar um mapa de fluxo de valor do sistema de manutenção e apontar possíveis melhorias na manutenção.

Para a Justificativa, de acordo com o Governo Federal, nos próximos anos o governo brasileiro possui a intenção de aumentar 15% através de investimentos a matriz do transporte ferroviário, assim saindo dos 15% que temos hoje de participação para 30%, aumentando o escoamento da produção brasileira. O desafio das organizações que possuem malhas ferroviárias hoje no Brasil e reduzir o custo de transporte e principalmente de manutenção, leva as empresas a estarem em constante evolução. (GOV.BR, 2020).

Com a aplicação das ferramentas do pensamento enxuto dentro dos processos produtivos traz uma cultura e maior eficiência dos processos, gerando menos desperdícios, retrabalhos e conseqüentemente reduz o custo desses processos e maior confiabilidade. Custos não existem para serem calculados. Custos existem para serem reduzidos, conforme Taiichi Ohnos.

A fim de delimitar este estudo de caso iremos abordar e dar ênfase ao *Kaizen* (de produto e de processo) e ao MFV (VSM), ferramentas do *Lean Manufacturing*. A Figura 1 apresenta as ferramentas que iremos utilizar neste estudo de caso.

Figura 1 - Ferramentas do Lean a serem aplicadas no estudo de caso



Fonte: O autor (2021).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### ***Lean Manufacturing***

O *Lean Manufacturing*, manufatura enxuta ou Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia que busca fazer mais, com menos desperdício de tempo, mão de obra, espaço, mas buscando maior qualidade e satisfação do cliente. Conforme Dennis (2008, p.32), “a única maneira de aumentar lucros é reduzindo custos. O grande desafio do século vinte e um não é a tecnologia de informação. É a redução de custos.”.

O *Lean Manufacturing* surgiu no Japão após a Segunda Guerra mundial, o país se encontrava com a economia rompida no pós guerra, o setor automobilístico um dos mais afetados viu a necessidade de desenvolver novos métodos de produção, especialmente a Toyota motor company, precursora do que viria a ser o Sistema Toyota de produção, estudado por muitos hoje.

Para colocar em prática as mudanças identificadas, necessitavam de uma mudança de cultura de todos que faziam parte da empresa, desde o alto executivo até o chão de fábrica, equalizando o conhecimento de todos em todas as fases e processos da produção do produto, desde a compra com um fornecedor até a entrega do produto final ao cliente, passando por todas as etapas da cadeia produtiva.

O conhecimento sobre os processos é fundamental para as empresas porque abre o processo a oportunidades de melhorias. Conforme Dennis (2008, p. 62) “Mesmo nossos melhores processos estão repletos de mudanças. Portanto, o trabalho padronizado se modifica constantemente”.

Após a Segunda Guerra Mundial, um grande passo foi dado no desenvolvimento de um novo sistema de gestão de manufatura, o Sistema Toyota de Produção, criado em uma economia totalmente abalada e com condições econômicas afetadas pela depressão pós-guerra (OHNO, 1997). Diante deste cenário, o Sistema Toyota de Produção surgiu no Japão, buscando aumentar a produtividade, com o objetivo de se produzir veículos a um baixo custo e com qualidade, eliminando desperdícios (OHNO, 1997).

Para Shingo (1996 p. 101), o Sistema Toyota de Produção “É um sistema que visa a eliminação total das perdas”, dividido da seguinte forma: “80% eliminação das perdas, 15% um sistema de produção e apenas 5% o *kanban*”. Esse sistema relaciona-se às questões econômicas, quando, ao invés de preocupar-se com a eficiência das máquinas, realiza melhorias em áreas onde podem ocorrer as maiores reduções de custo. Para Ohno (1997), o STP evoluiu da necessidade, na qual certas restrições no mercado exigiram que a produção de pequenos lotes e de grande variedade de produtos fosse cada vez mais necessária.

O STP não é apenas um kit de ferramentas, ou seja, não se simplifica em apenas um conjunto de ferramentas enxutas como o *Just-in-time*, células, 5S, *kanban*, entre outros, mas é um sistema sofisticado de produção em que todas as partes contribuem para um todo, em que o todo, em sua base, concentra-se em apoiar e estimular as pessoas para que melhorem os processos com os quais trabalham, de forma contínua (LIKER, 2005).

A Manufatura Enxuta é uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes por meio da melhor utilização dos recursos. É uma filosofia operacional para alinhar, na melhor sequência as ações que criam valor, com menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço e, também é uma forma de tornar o trabalho mais satisfatório, oferecendo

retorno imediato sobre os esforços para transformar desperdício em valor. (SLACK et al., 2009).

### ***Kaizen***

O *Kaizen* é uma metodologia que se baseia na redução de desperdício, geralmente pequenas melhorias e a cultura da padronização que alinhadas levam a mudanças significantes em termos de melhorias na produtividade. Segundo Moreira (2011) a ferramenta *Kaizen* foi criada no Japão por Taiichi Ohno, tendo por finalidade reduzir os desperdícios gerados nos processos produtivos, à procura da melhoria contínua, da qualidade dos produtos e o aumento da produtividade. Essa ferramenta utiliza questões estratégicas com base no tempo: qualidade, custos, entrega pontual.

### **5s**

A ferramenta 5S (Figura 2) é muito utilizada no processo de implementação da filosofia *Lean*. Surgiu na década de 1950, no Japão, após a segunda Guerra mundial, tendo como objetivo principais, melhorar a qualidade dos produtos ou serviços, melhorar a qualidade de vida dos colaboradores, melhorar o atendimento ao cliente e o ambiente de trabalho, educar para a simplicidade de atos e ações; maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis; reduzir gastos e desperdícios; otimizar o espaço físico; reduzir e prevenir acidentes; melhorar as relações humanas e aumentar a autoestima dos funcionários (MOREIRA, 2011). O Quadro 1 apresenta a descrição de cada “s”.

Figura 2 - Os 5S



Fonte: Adaptado Moreira (2011).

Quadro 1 – Descrição dos 5s

| Senso (em japonês) | Significado do senso | Objetivo   |
|--------------------|----------------------|--|
| <b>Seiri</b>       | Utilização           | Eliminar o que não é útil separando o necessário do desnecessário e descartando o que for supérfluo                            |
| <b>Seiton</b>      | Organização          | Organizar o ambiente de trabalho arrumando as coisas no seus lugares adequados para uso  |
| <b>Seisō</b>       | Limpeza              | Cuidar da limpeza e higiene do ambiente de trabalho  |
| <b>Seiketsu</b>    | Padronização         | Elaborar padrões e procedimentos a serem seguidos em relação ao definido nos 3S anteriores (utilização, organização e limpeza) |
| <b>Shitsuke</b>    | Disciplina           | Incorporar no dia a dia os padrões e procedimentos definidos se comprometendo em manter os sentidos na rotina de trabalho      |

Fonte: Adaptado Moreira (2011).

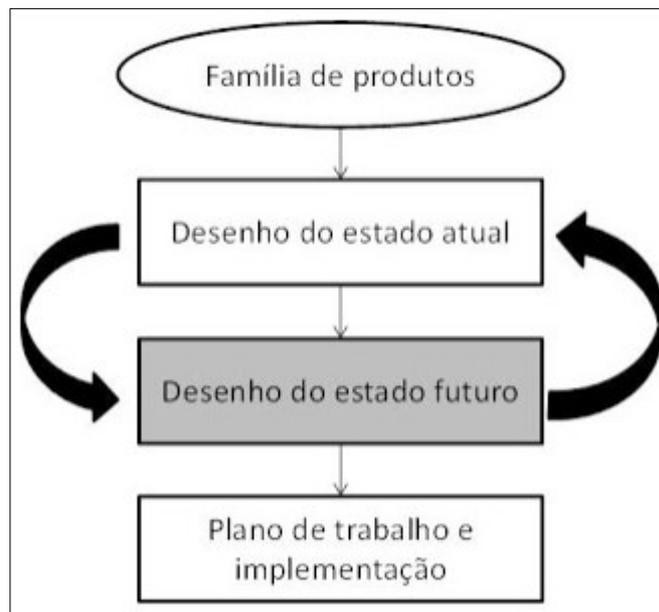
## MFV

O Mapa de fluxo de valor ou também como é conhecido na terminologia em inglês VSM (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta que nos auxilia a

entender a situação atual dos nossos processos e que nos ajuda a identificar oportunidades de melhoria. O mapeamento do fluxo de valor também é utilizado para identificar gargalos e atrasos nos processos produtivos. (SLACK et al., 2009).

De acordo com Slack et al., (2009), o MFV está focado na otimização e padronização dos processos envolvidos dentro do sistema de produção como um todo e direciona sua análise para o dimensionamento de tempos. Segundo Rother e Shook (2003), o MFV é uma ferramenta que proporciona enxergar e entender o fluxo de material e informações através de um fluxo de valor. Ele é o simples processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho”. A Figura 4 sintetiza a proposta do MFV.

Figura 4 - Etapas iniciais do M.F.V



Fonte: Rother e Shook (2009).

### **Gestão Visual**

A Gestão Visual é uma ferramenta prática de visualização de informação e/ou requisitos para definir direções (Eaidgah et al., 2016), geralmente utilizada na indústria fabril. Este conceito foi criado com intuito de destacar os problemas

associados diretamente a produção num local de trabalho ajudando assim nas operações e processos logo que ocorre um problema. (WOJAKOWSKI, 2013).

Para a sustentarmos a gestão visual, recorre-se a certas ferramentas que auxiliam os colaboradores na execução das atividades e a verificação de existência de anomalias em processos. Existem dois tipos de ferramentas (EAIDGAH et al., 2016):

- a) Ferramentas de entendimento de processo: ferramentas vocacionadas para uma melhor interpretação dos processos. Ex, mapa de fluxo de valor, *flow charts*, A3 e área *name board*.
- b) Ferramentas de desempenho de processos: ferramentas relacionadas a *feedback* do desempenho do processo, controlando a eficiência e eficácia dos processos. Ex: *Andon light* e *boards*, *Kanban*, KPIs, entre outros.

Muitos destes sinais foram criados para controlar processos robustos, permitindo maior atenção a inúmeros processos e conseqüentemente, fornecer uma resposta imediata (ORITZ e PARK, 2011).

## **METODOLOGIA**

### **Procedimentos Metodológicos**

Este trabalho de conclusão de curso baseia-se em um conhecimento científico, ou seja, real, contingente, sistemático, verificável, factível, e próximo da exatidão. Pela definição de método científico, ser a lógica aplicada pela ciência, define-se este projeto uma pesquisa científica.

Deve-se dividir a pesquisa científica quanto aos objetivos e aos procedimentos técnicos. Quanto aos objetivos deve-se subdividirem em pesquisa exploratória, descritiva e explicativa. Já aos procedimentos técnicos tem-se, pesquisa bibliográfica, documental, experimental, de levantamento, estudo de campo, estudo de caso, e pesquisa de ação. Para a realização deste trabalho, foi utilizada como foco a pesquisa científica exploratória e descritiva, tendo como base a pesquisa bibliográfica.

A pesquisa exploratória permite ao pesquisador realizar um estudo preliminar do principal objetivo da pesquisa, tornando-o mais familiar. Já a descritiva, apresenta as características, no caso dados, como questionários e observações sistemáticas encontradas durante este trabalho. E para que essas anteriores ocorressem, foi utilizada a pesquisa bibliográfica, é aquela desenvolvida com base em material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos. A abordagem é mista, sendo quantitativa por conta das aplicações de ferramentas do LM. (PRODANOV e FREITAS, 2013).

### **Descrição do estudo de caso**

O estudo de caso será aplicado em um posto de manutenção de locomotivas, de uma empresa de logística ferroviária de grande porte, situada na cidade de Curitiba/PR.

Trata-se do maior posto de manutenção das operações logística da empresa no Sul do País, atualmente a empresa como um todo possui mais de 9000 colaboradores espalhados por todo o Brasil e o posto de estudo possui mais de 100 colaboradores divididos entre próprios e terceiros.

No posto de estudo as locomotivas que param para manutenção se dividem em 5 escopos de manutenção e 5 modelos de locomotivas:

Escopos:

- a) CLIV – *Check-List* de viagem;
- b) MC – Manutenção corretiva;
- c) R1 – Manutenção preventiva leve;
- d) R2 – Manutenção preventiva Média;
- e) R3 – Manutenção preventiva Pesada.

Modelos:

- a) MODELO SD40;
- b) MODELO G22;
- c) MODELO GT-1/GT-2;
- d) MODELO D9BB;
- e) MODELO ES43.

Desta forma, conforme citado anteriormente será estudado o processo através do mapa de fluxo de valor e aplicado melhorias no processo de manutenção de locomotivas.

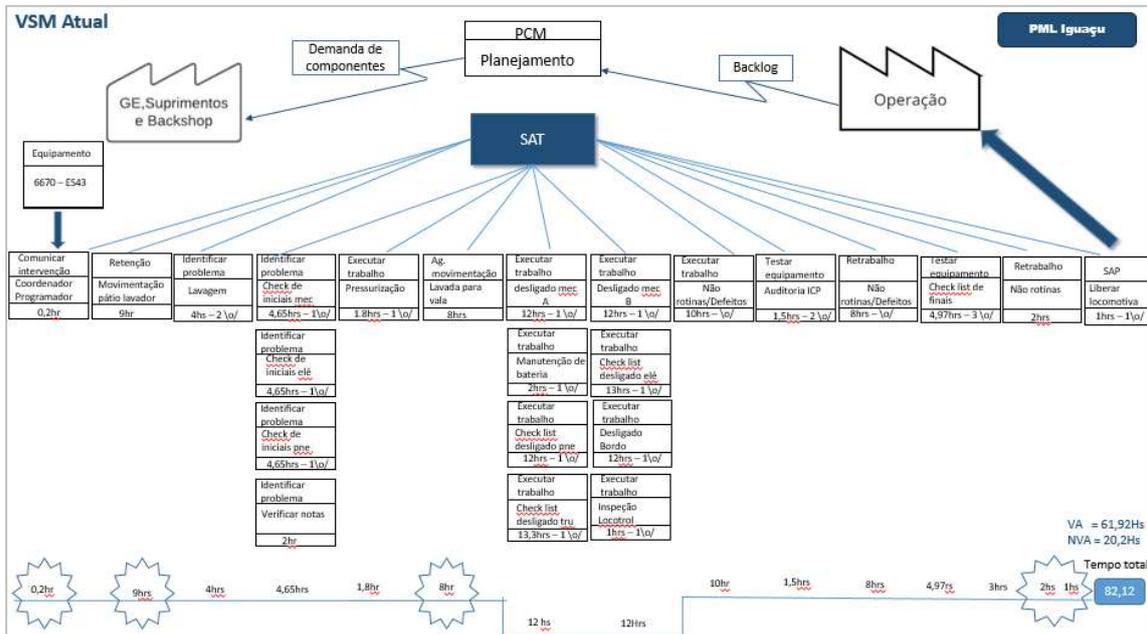
## **RESULTADOS**

O Mapa de Fluxo de Valor utilizado para entendimento de todo o processo de manutenção da Revisão R3 do modelo de locomotivo escolhido, teve fundamenta importância, para auxiliar no entendimento sobre os problemas de tempo de cada etapa da revisão, nos retrabalhos de mão de obras. Através desta ferramenta será possível apresentar oportunidades de melhorias e sugestões para resolução de problemas apresentados pelo processo manutenção deste estudo de caso.

### **Resultados obtidos com a utilização do Mapa de Fluxo de Valor**

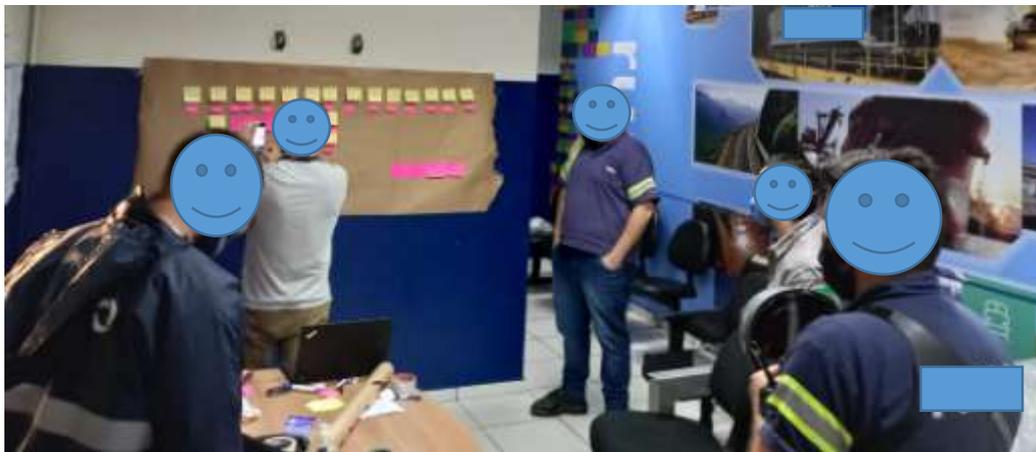
O MFV do estado atual, Figura 5, foi aplicado especificamente neste processo de manutenção de R3, colocando todas as etapas que essa revisão possui. Assim, trazendo uma visão macro do processo, sendo possível visualizar onde poderíamos atacar com oportunidades de melhorias e otimização do processo de manutenção. O mapa foi desenhado presencialmente com colaboradores da empresa e terceiros que trabalham diretamente com a empresa, conforme a Figura 6, sendo fornecido todo detalhe da operação.

Figura 5 - MVF estado atual Revisão R3 ES43



Fonte: O autor (2021).

Figura 6 - Elaboração do MFV



Fonte: O autor (2021).

Após análise do Mapa do Estado Atual, identificamos que a revisão se divide nas seguintes partes:

1. Parada do ativo e retenção em sistema;
2. Lavagem;
3. Testes ligados iniciais, para identificação de possíveis problemas;
4. Movimentação para revisão;
5. Manutenção desligada, execução *Checklists* desligado;

6. Correção de defeito;
7. Testes ligados finais;
8. *Checklist* de qualidade;
9. Retrabalhos da revisão;
10. Liberar locomotiva para operação.

Dentre estas etapas foi possível perceber que possuímos duas etapas de grande espera sendo elas a parte desligada que é onde ocorre a maior parte da revisão, inspeções de itens como motor diesel, motores de tração, válvulas etc. e, a parte de correção de defeitos identificados pelos *Checklists* desligados. Portanto, foram levantadas mais de 32 oportunidades de melhorias para que o processo tenha um desempenho mais eficiente.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

É possível identificar grandes melhorias no processo com a utilização do Mapa de Fluxo de Valor:

- a) Roteirização/Padronização dos *Checklist* desligados evitando excesso de movimentação dos colaboradores;
- b) Identificado no processo a falta de material para trocas rápidas, solicitado para criarmos giro de filtros na área;
- c) Identificada oportunidade de balancear escopo de manutenção R2 e R3, para gerar maior velocidade em ambas as revisões;
- d) Agrupar *Checklist* de bordo que estavam duplicados, ocorrendo de os colaboradores realizarem duas vezes seguidas;
- e) Identificado que itens que realizávamos no *Checklist* de pressurização constavam também no *Checklist* desligado Rota da mecânica, gerando novamente realização dobrada;
- f) Identificada oportunidades de *kaizens* nas valas, para padronizar manutenção;



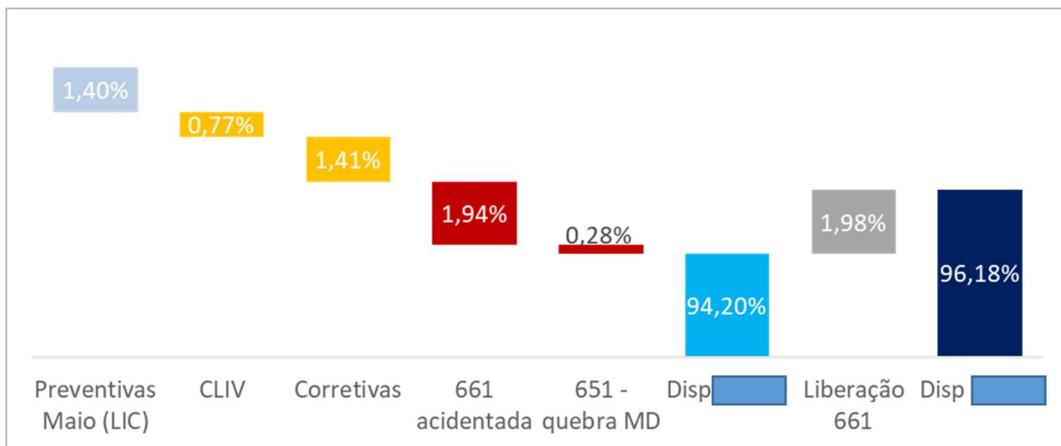
Figura 8 - Gestão visual das melhorias dos colaboradores



Fonte: O Autor (2021).

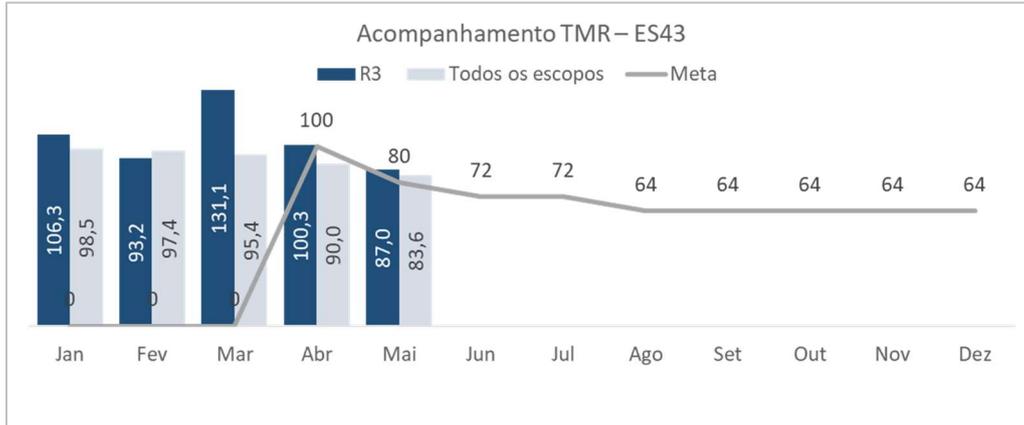
Com as melhorias identificadas e algumas já implementadas verificamos a oportunidade de reduzir 35% no tempo de manutenção do VSM atual, saindo de 100hs para 64hs, assim aumentando a disponibilidade de 94% para 96% conforme ilustrado pelo *build-up* na Figura 9 e Figura 10, onde apresentam o acompanhamento dos tempos e objetivo de redução até agosto/21 e manter este de objetivo de agosto/21 em diante.

Figura 6 - *Build-up* da disponibilidade de ES43



Fonte: O autor (2021).

Figura 7 - 35% de redução no tempo de revisão



Fonte: O Autor (2021).

## CONCLUSÃO

Neste estudo de caso foi possível aplicar métodos e técnicas do *Lean Manufacturing*, facilitando o entendimento do processo e fluxo de manutenção. Aqui se atingiu o objetivo de reduzir o tempo de manutenção e melhorar a qualidade do processo de manutenção, com as oportunidades identificadas. Assim, obteve-se um percentual de 35% de proposta de redução no tempo de manutenção. Com esta proposta de redução proporcionamos um ativo a mais para operação poder trabalhar.

Este resultado nos mostra que aplicar as técnicas da ferramenta *Lean*, é de grande eficiência, que com a cultura de apoio da equipe, grandes problemas podem ser solucionados.

## Referencias

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. /Pascal Dennis; tradução Rosalia Angelita Neumann Garcia. – 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

Eaidgah, Y. et al., Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach. **International Journal of Lean Six Sigma**, vol. 7, n. 2, 2016.

Gov.br. Governo do Brasil. Governo Federal investe em ferrovias para melhorar o escoamento da produção. Atualizado em 13/08/2020 18h38. Disponível em < [https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/08/governo-federal-investe-em-ferrovias-para-melhorar-o-escoamento-da-producao/ferrovia\\_norte\\_sul\\_-jpg.jpeg/view](https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/08/governo-federal-investe-em-ferrovias-para-melhorar-o-escoamento-da-producao/ferrovia_norte_sul_-jpg.jpeg/view) >. Acessado em 21/06/2021.

LIKER, JEFFREY K. et al. **O modelo toyota**: 14 princípios de gestão da maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MOREIRA, S. P. S. M. **Aplicação das Ferramentas Lean**. Caso de Estudo. Trabalho Final de Mestrado apresentado ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Lisboa, 2011.

OHNO, TAIICHI. **O sistema toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: bookman, 1997.

ORITZ, C.A.; PARK, M. **Visual Controls**: Applying Visual Management to the Factory, New York: Taylor and Francis, 2011.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª ed. Rio Grande do Sul: FEEVALE, 2013.

ROTHER, M. SHOOK, J. **Aprendendo a encher garra**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1ª Edição. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, SHIGEO. **O sistema toyota de produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. Ed. Porto Alegre: Artes médicas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOJAKOWSKI, P. Some Aspects of Visual Management Systems Applied in Modern Industrial Plant. **Technical Transactions**, pp. 374–380, 2013.