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

ÍRIS BERNO DA SILVA

IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS *LEAN MANUFACTURING* EM OFICINAS DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO

JUIZ DE FORA
2022

ÍRIS BERNO DA SILVA

IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS *LEAN MANUFACTURING* EM OFICINAS DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO

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

Orientador: D. Sc. Marcos Vinícius Rodrigues

JUIZ DE FORA

2022

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

Silva, Íris Berno da.
Implementação de metodologias Lean Manufacturing em oficinas de manutenção de uma empresa de transporte ferroviário / Íris Berno da Silva. -- 2022.
68 f.

Orientador: Marcos Vinícius Rodrigues
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2022.

1. Manutenção Ferroviária. 2. Lean Manufacturing. 3. Produtividade. I. Rodrigues, Marcos Vinícius, orient. II. Título.

ÍRIS BERNO DA SILVA

IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN MANUFACTURING EM OFICINAS DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO

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

Aprovada em 11 de Agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc. Marcos Vinícius Rodrigues (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Clarice Breviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Roberta Cavalcanti Pereira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Inúmeras pessoas contribuíram para a minha formação como Engenheira de Produção, e a todas agradeço. Algumas em caráter mais enfático às quais devoto toda minha gratidão: meus pais, desde sempre prontos a contribuir e apoiar de forma incansável e incondicional; minhas avós Bernadete e Helena, e meu tio José Paulo, que já partiram e cada um à sua maneira dedicou-me seu amor, exemplo e sacrifícios; aos amigos que tornaram mais leve o caminho; à SEEPRO e à Mais Consultoria pelas experiências que a mim proporcionaram; aos professores Marcos Vinícius, Roberta Cavalcanti e Clarice por suas contribuições na elaboração deste trabalho, e em especial pela empatia e solidariedade no momento que mais precisei; ao meu coordenador na empresa onde trabalho Leonardo Schneider, que enriqueceu o conteúdo deste estudo com sua vivência na área. Agradeço também a todos os professores do curso de Engenharia de Produção pelos ensinamentos que me possibilitaram chegar até aqui; e à UFJF, instituição pública, cujo ensino de qualidade muito acrescentou à minha formação.

RESUMO

Em nosso país, operadores logísticos do ramo ferroviário atuam através de concessões do Governo. Entretanto, é fundamental a competitividade nesse setor, como em qualquer outro; no caso da empresa deste estudo, para que sua alternativa de transporte seja mais vantajosa que as demais, é necessário reduzir custos e otimizar processos.

A metodologia *Lean Manufacturing*, criada no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, possui como um dos seus focos o aumento de eficiência e agregação de valor, por meio de redução de desperdícios e criação de fluxos. Possuindo como objetivos a necessidade de melhor utilização dos recursos para que haja aumento de produtividade. Este estudo apresentará as formas de aplicação de ferramentas de qualidade através de projetos, e o andamento da implantação de um Plano de Cultura *Lean* que busca disseminar os conceitos e promover ganhos com a implementação da metodologia em oficinas de manutenção do setor ferroviário, através da realização de *Kaizen's* e capacitação de colaboradores. Os ganhos já foram identificados em: aumento de produtividade, conhecimento disseminado, processos mais eficientes, como é o caso da peritagem de vagão, caso presente no estudo abordado. Verificou-se que a metodologia apresentada trouxe ganhos significativos nos processos de manutenção da oficina, o que também foi constatado em estudos de caso apresentados durante pesquisa da literatura. A partir dos resultados, pode-se concluir que a aplicação da metodologia *Lean* e das ferramentas *Kaizen* e Mapeamento de Fluxo de Valor mostram-se eficazes ao fim que se propõe.

Palavras-chave: Manutenção Ferroviária; *Lean Manufacturing*; Produtividade.

ABSTRACT

In our country, railway operators hold government concessions and, in this sector, the competitiveness is fundamental, as in any other. In the case of the company presented in this study, to obtain leverage in the logistics and transport business it is necessary to reduce costs and optimize internal processes.

The Lean Manufacturing methodology, created in Japan after the World War II, focuses on increasing efficiency and adding value through minimizing waste and structuring processes flows. One of its main principles is the need for better use of resources to achieve a productivity increase. This study will present the ways of applying quality tools through projects, and the progress of the deployment of a Lean Culture Plan that seeks to disseminate the concepts and achieve benefits with the initiation of the methodology in maintenance workshops in the railway sector, based on Kaizen execution and employee training. The benefits have already been identified: productivity increase, disseminated knowledge, more efficient processes, such as the wagon expert report, a case study that will still be presented. It was verified that the referredmethodology resulted in significant benefits in the maintenance processes of the workshops, which was also verified in case studies presented during literature research. From the results obtained, it can be concluded that the application of the Lean methodology, Kaizen and Value Stream Mapping tools prove to be effective for its purposes.

Keywords: Railway Maintenance; Lean Manufacturing; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema empurrado e sistema puxado 23
Figura 2 - Casa do Sistema Toyota de Produção 26
Figura 3 - Diferença entre processo sem e com padronização 30
Figura 4 - Organograma da Diretoria de Engenharia e Manutenção 35
Figura 5 - Plano de Desenvolvimento da Jornada *Lean* 39
Figura 6 - Orientações para convocação do Time do *Kaizen* 42
Figura 7 - Diagnóstico de melhorias através do VOC 42
Figura 8 - Colaborador realizando peritagem em vagões 43
Figura 9 - Agenda da Semana *Kaizen* 44
Figura 10 - Ações para realizar o mapeamento atual no processo de peritagem 45
Figura 11 - Mapeamento do estado atual do processo de peritagem utilizando ferramentas da metodologia Lean 46
Figura 12 - Matriz Esforço x Impacto 46
Figura 13 - Matriz Esforço x Impacto do *Kaizen* de Peritagem 47
Figura 14 - Mapa do Fluxo de Valor do Estado Futuro 49
Figura 15 - Novo *chek-list* da Peritagem 50
Figura 16 - Diagrama de Espaguete do estado atual da peritagem 50
Figura 17 - Diagrama de Espaguete do fluxo do estado futuro da peritagem, após implementadas melhorias 51
Figura 18 - Redução de deslocamento após implantação do novo *check-list* de peritagem nos vagões GDT 51
Figura 19 - Redução de deslocamento após implantação do novo *check-list* de peritagem nos vagões CG 52
Figura 20 - Sistemas utilizados pelo programador 53
Figura 21 - Base elaborada através do QlikView 53
Figura 22 - Kit de ferramenta para peritagem 54
Figura 23 - Report de Acompanhamento do Treinamento de Academia *Lean* da DEM, enviado quinzenalmente aos gestores. 59
Figura 24 - Controle da aderência aos cursos oferecidos pela GEI 59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Volume transportado anualmente de contêineres (TEU's) 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aderência mensal do Giro Normalizado por HeadCount 55
Tabela 2 - Média histórica de aderência ao Giro Normalizado por *HeadCount* 56
Tabela 3 - Aderência mensal de Eficiência de Hxh 56
Tabela 4 - Média histórica de aderência à Eficiência Hxh 56
Tabela 5 - Ganhos quantitativos na execução da peritagem 57
Tabela 6 - Ganhos quantitativos na capacidade de peritagem 57
Tabela 7 - Ganhos quantitativos na atividade do Programador 57
Tabela 8 - Ganhos quantitativos nos indicadores de produtividade 58
Tabela 9 - Ganhos qualitativos por tipos 58

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários

CTQ – Crítico para a Qualidade

ERP – Sistema de gestão integrado (*Enterprise Resource Planning*)

FIFO – Primeiro que entra, primeiro que sai (*Firs In, First Out*)

GBO – Gráfico de Balanceamento do Operador

GEI – Gerência de Engenharia Industrial

Hxh – Homem-Hora

JIT – *Just in Time*

KPI – Indicador-chave de *Performance* (*Key Performance Indicator*)

MFV – Mapa do Fluxo de Valor

OP – Ordem de Produção

OS – Ordem de Serviço

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

STP – Sistema Toyota de Produção

TEU – Unidade de medida de um contêiner de 20 pés (*Tweenty-feet equivalente unity*)

VOC – Voz do Cliente (*Voice of the Customer*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 16
1.2 JUSTIFICATIVA 17
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 18
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 18
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 20

2. REVISÃO DE LITERATURA 21

2.1 LEAN MANUFACTURING 21
2.2 OS CINCO PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING 22
2.2.1 ESPECIFICAÇÃO DE VALOR PARA O CLIENTE 22
2.2.2 IDENTIFICAR O FLUXO DE VALOR DE CADA FAMÍLIA DE PRODUTO 22
2.2.3 CRIAR FLUXO CONTÍNUO 23
2.2.4 PRODUÇÃO PUXADA PELO CLIENTE 23
2.2.5 BUSCAR A PERFEIÇÃO 23
2.3 OS OITO DESPERDÍCIOS 24
2.3.1 DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO 24
2.3.2 DESPERDÍCIO DE TEMPO DISPONÍVEL (ESPERA) 24
2.3.3 DESPERDÍCIO EM TRANSPORTE 24
2.3.4 DESPERDÍCIO DE SUPERPROCESSAMENTO 25
2.3.5 DESPERDÍCIO DE ESTOQUE 25
2.3.6 DESPERDÍCIO DE MOVIMENTO 25
2.3.7 DESPERDÍCIO DE PRODUZIR PRODUTOS DEFEITUOSOS 25
2.3.8 DESPERDÍCIO INTELECTUAL 25
2.4 FERRAMENTAS PRINCIPAIS DO *LEAN MANUFACTURING* 25
2.4.1 *HEIJUNKA* 26
2.4.2 *KAIZEN* 27
2.4.3 *JUST IN TIME* (JIT) 27
2.4.4 MAPA DE FLUXO DE VALOR 27
2.4.5 DIAGRAMA DE ESPAGUETE 28

2.4.6 OS CINCO PORQUÊS 28
2.4.7 VOZ DO CLIENTE (VOC) 28
2.4.8 PADRONIZAÇÃO 29
2.5 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* EM ÁREAS DE MANUTENÇÃO DE OUTRAS COMPANHIAS DO SETOR FERROVIÁRIO 30
2.5.1 ESTUDO 1: DESPERDÍCIOS NA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA: PERDAS POR ESPERAS NO TERMINAL FERROVIÁRIO DE PONTA DA MADEIRA EM SÃO LUÍS, MARANHÃO 30
2.5.2 MODELO DE INTEGRAÇÃO DE TRÊS FILOSOFIAS DE GESTÃO: APLICAÇÃO EM UMA OFICINA FERROVIÁRIA 31
2.5.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA NA OPERAÇÃO DE UMA CONCESSIONÁRIA FERROVIÁRIA 32

3. A IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* NA MANUTENÇÃO DA FERROVIA 35

3.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL 35
3.2 OS CINCO PILARES QUE SUSTENTAM A IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* 36
3.2.1 PILAR 1: SISTEMA 36
3.2.2 PILAR 2: ESTRUTURA DE PRODUTIVIDADE 36
3.2.3 PILAR 3: DESEMPENHO 37
3.2.4 PILAR 4: PROJETOS 37
3.2.5 PILAR 5: PROCESSOS 37
3.3 IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE PRODUTIVIDADE 38
3.4 IMPLEMENTAÇÃO DA CULTURA 38
3.5 ESTUDO DE CASO SOBRE A REALIZAÇÃO DA SEMANA *KAIZEN* 40
3.5.1 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DA SEMANA *KAIZEN* 40

4. RESULTADOS DO *KAIZEN*, ANÁLISE DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE E OPORTUNIDADES DE MELHORIA 49

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS 49
4.1.1 RESULTADOS CAPTURADOS NA SEMANA *KAIZEN* 49
4.1.2 REFLEXO NOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA OFICINA 55
4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 56
4.3 PONTOS DE MELHORIAS IDENTIFICADOS 60

4.3.1 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS ENCONTRADOS 61

CONCLUSÕES 63

REFERÊNCIAS 65

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE 68

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho abordará tanto estudo de bibliografia quanto os primeiros passos para implementação de metodologias do *Lean Manufacturing* em oficinas de manutenção (locomotivas e vagões) de uma empresa de transporte ferroviário.

As oficinas de manutenção, que são o foco do estudo, têm a necessidade de melhorar seus processos internos, a fim de que sejam mais eficientes, melhor utilizando seus recursos para que os ativos sejam disponibilizados no momento adequado, que é quando a operação requer a realização do transporte de carga. Por isso, há a necessidade de buscar através da filosofia *Lean Manufacturing* capacitação dos colaboradores, além de realizar alguns projetos de melhoria para localizar potenciais desperdícios e ganhos aplicando ferramentas de qualidade nas oficinas próprias de manutenção.

O trabalho foi desenvolvido na Gerência de Engenharia Industria (GEI), inserida na Gerência Geral de Planejamento e Controle da Manutenção, com o propósito de analisar a implementação da filosofia *Lean Manufacturing* em três frentes principais:

1. Implementação de Projetos de Produtividade – aplicação dos projetos realizados no passado, que introduzia conceitos e ferramentas de *Lean* para as oficinas. Abordagem da metodologia que era utilizada e suas limitações;
2. Implementação da cultura – apresentação das principais etapas de desenvolvimento do Plano de Cultura *Lean*, que tem como objetivo introduzir conceitos de *Lean* de forma teórica e prática desde os mantenedores operacionais até a esfera gerencial. Foram abordadas as etapas concluídas, quais ainda estão em andamento e os resultados coletados até então;
3. Estudo de caso e análise dos indicadores de produtividade – exposição de um estudo de caso de um projeto realizado (*Kaizen*), e também análise das ferramentas utilizadas para gerir a produtividade, bem como mensuração d
4. os resultados qualitativos e quantitativos obtidos.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil vive uma “revolução ferroviária em curso”, grande parte dessa afirmação deve-se ao lançamento do programa Pro Trilhos, que prevê R$ 80,5 bilhões, segundo o Ministério da Infraestrutura (2021).

O estudo foi realizado em uma empresa de transporte ferroviário de Juiz de Fora, mais especificamente na área de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), com enfoque nas oficinas próprias de Locomotivas e Vagões.

Dada a extensão territorial do Brasil, a ferrovia é um modal visto com cada vez mais importância, uma vez que é fundamental para garantir um equilíbrio, bem como reduzir custos e tornar os produtos brasileiros competitivos no mercado. O cenário é de crescimento do modal ferroviário, com isso, é necessário que as empresas de transporte ferroviário estejam preparadas e tenham capacidade para atender o aumento de sua demanda.

Desde 2013, criou-se uma área específica no PCM, cuja principal finalidade é gerenciar a capacidade de mão-de-obra dessas oficinas; com isso, conceitos como eficiência e produtividade são amplamente disseminados, a fim de se obter maior competitividade. Para isso, é de suma importância otimizar seus processos, empregando os recursos da melhor forma, a fim de diminuir os custos: iniciou-se então a aplicação de conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*, metodologia orientada para melhoria contínua dos processos, visando à eliminação de desperdícios. Tal metodologia foi inicialmente apresentada por Womack (1992), a fim de detalhar os conceitos e ferramentas aplicadas por Ohno (1997) no Sistema Toyota de Produção. Sua aplicação, entretanto, requer o entendimento da necessidade de sua utilização e o benefício que ela proporciona.

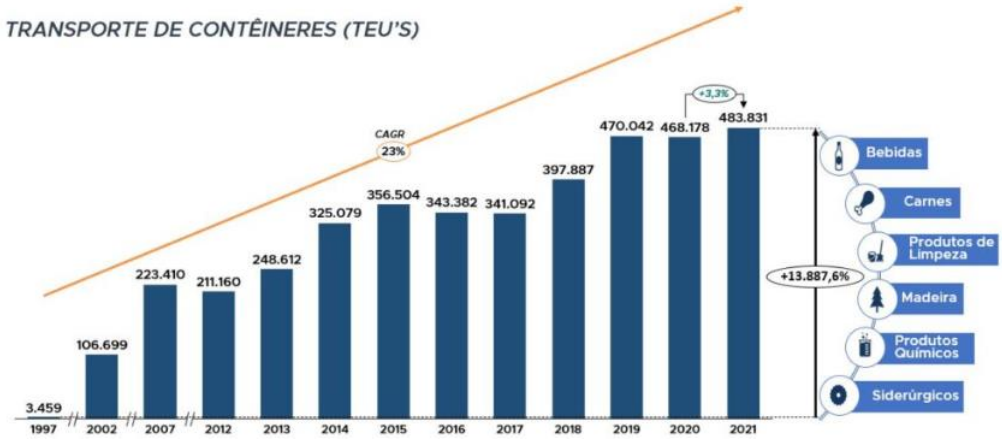
Este estudo tem como objetivo abordar as iniciativas que já aconteceram sobre o referido tema, fazendo uma análise sobre as ações até então realizadas, ferramentas utilizadas e resultados obtidos, bem como aquelas que estão em andamento e previstas para acontecerem nos próximos anos. Foram abordados os principais tópicos utilizados para execução e implementação do pensamento enxuto nas oficinas de manutenção.

Hoje a empresa possui 9 oficinas próprias de manutenção de Material Rodante, sendo, 5 de oficinas de locomotivas e 4 de vagões, e foi a respeito das mesmas que o trabalho foi realizado.

1.2 JUSTIFICATIVA

O transporte ferroviário está em constante crescimento, a empresa a que o estudo se refere vem diversificando sua atuação – apesar do minério e o carvão ainda representarem mais de 70% do volume, há diversificação no transporte visando a atender diversos insumos que são transportados como “Carga Geral”, sendo elas agrícolas, siderúrgicas, ou bens de consumo. Desde 1997 esse transporte aumentou 138 vezes, com um aumento anual de 23%. Em 2021, foram mais de 483 mil TEU’s (unidade equivalente a um contêiner de 20 pés) transportados por ferrovias, uma evolução positiva de 3,3% em relação a 2020 (468 mil TEU’s). (ANTF, 2021).

Gráfico 1 - Volume transportado anualmente de contêineres (TEU's)



Fonte: ANTF (2021)

Dado o crescimento de volume transportado e tendo em vista frota e oficinas de manutenção finitas, surge a necessidade de ser mais produtivo com os recursos existentes, a fim de não elevar custos, mantendo a competitividade do setor. Entretanto, para elevar a produtividade não se pode subjugar a excelência operacional, que tem como outros dois pilares a segurança e a confiabilidade.

A fim de alavancar a produtividade, apesar de ser um tema que está em voga há anos na empresa, já foram aplicados alguns conceitos de *Lean Manufacturing*; entretanto, a abordagem era limitada, uma vez que o conhecimento era concentrado em poucas pessoas e as aplicações da metodologia restritas, pois eram realizados poucos e longos projetos com o foco de melhoria contínua nas oficinas de manutenção. Com isso, houve a necessidade de estudar novas formas de disseminar o conhecimento, capacitando colaboradores desde o nível operacional até o nível gerencial, além de estimular a aplicação em mais localidades.

O assunto vem ganhado relevância dentro da companhia, havendo uma grande oportunidade de resultados a curto, médio e longo prazo, o que torna importante o estudo do

tema e sua implementação, analisando o planejamento, sua aplicação, comparando com o que existe na bibliografia, possibilitando assim pontuar erros e acertos.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

A área em que o estudo foi realizado é justamente a responsável por desenvolver os projetos e iniciativas que ampararão a implementação do *Lean Manufacturing*, além de gerenciar a capacidade das oficinas de manutenção – consequentemente, também realiza o controle de produtividade das mesmas.

Inicialmente foi exposto como eram realizadas as primeiras aplicações de ferramentas de *Lean Manufacturing* nas oficinas de manutenção, que ocorreram até 2020 e seus insucessos, que motivaram a reestruturação de como os projetos de melhorias seriam aplicados; como a empresa possui atualmente pessoas com a formação e os conhecimentos necessários no tema, foram abordadas as tentativas que já ocorreram. A reestruturação originou o Plano de Cultura *Lean*; com isso, foi exposto o planejamento para sua implantação, que foca inicialmente em realização de *Kaizen's* nas oficinas.

Posteriormente foi apresentado o estudo de caso que é sobre a aplicação de um *Kaizen* realizado em uma oficina de vagões em fevereiro de 2021, através do qual foi possível analisar a metodologia utilizada, bem como algumas técnicas da filosofia *Lean* e, por fim, os resultados do trabalho desenvolvido e análise dos indicadores de produtividade controlados pela área.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo geral do presente estudo é analisar a forma como a metodologia do *Lean Manufacturing* está sendo implementada nas oficinas de manutenção de uma empresa de transporte ferroviário.

Já os objetivos específicos são:

- Apresentar a forma como os projetos de produtividade eram realizados, bem como suas limitações;
- Apresentar o conceito do Plano de Cultura *Lean* e suas etapas – quais foram os ganhos até o momento, etapas concluídas e as próximas previstas;
- E mensurar os ganhos quantitativos e qualitativos de algumas dessas iniciativas, através dos resultados de um estudo de caso abordando os resultados de um

projeto específico aplicado em uma oficina de vagões em 2021, utilizando a metodologia da Semana *Kaizen*.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Segundo Silva e Menezes (2005), há diversa maneiras de classificar a pesquisa. Toda pesquisa deve ser considerada de acordo sua natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos.

O presente estudo pode ser considerado uma Pesquisa Aplicada, uma vez que é uma aplicação prática de uma metodologia para a resolução de um problema existente, com o objetivo de gerar conhecimento. Quanto a abordagem, pode ser definida como combinada, uma vez que irá tratar de dados, sendo classificada como quantitativa, e pelo mapeamento realizado, tanto das iniciativas desenvolvidas, quanto do processo de peritagem de vagões abordado no estudo em questão.

Quanto aos seus objetivos essa pesquisa é classificada como Pesquisa Exploratória, visto que seu principal objetivo é esclarecer os impactos e potenciais da aplicação do *Lean Manufacturing* em oficinas de manutenção do setor ferroviário. Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de pesquisa-ação, pois ela foi concebida por meio de uma resolução de um problema existente em diversas áreas da manutenção.

Assim, trata-se o trabalho desenvolvido como um Estudo de Caso, uma vez que depois de estudada a literatura sobre *Lean Manufacturing*, foram analisadas e expostas as observações coletadas através de estudo de campo, em que foram aplicados diversos conceitos na prática. Foram abordadas tentativas, erros e sucessos da implementação da Metodologia *Lean* na oficina objeto de estudo.

Inicialmente, foi apresentado o conceito do Projeto de Produtividade da forma como era realizado, em que a metodologia *Lean* era aplicada na prática, os benefícios e limitações desse tipo de implementação de *Lean* nas oficinas.

Em seguida, foi apresentada a segunda frente – Implementação da Cultura, com o desenvolvimento do Plano de Cultura *Lean*: foi abordada a forma como está sendo conduzido o trabalho de implantação, que tem como objetivo disseminar conhecimento, capacitar os colaboradores na teoria e na prática com a metodologia *Lean*, bem como incentivar a aplicação e mudar a visão dos colaboradores, buscando melhorar os processos, além de iniciar a elaboração de um Sistema de Produção da empresa. Foi medida a aderência a essas capacitações,

que estão sendo realizadas de forma *online* para colaboradores ligados diretamente à execução da manutenção; para os agentes de mudança (pessoas estratégicas responsáveis pela produtividade das oficinas) e coordenadores das oficinas, estes dois últimos realizarão cursos mais detalhados com os especialistas da GEI. O objetivo destas capacitações é o conhecimento dos principais conceitos, para que cada oficina seja incentivada a colocar em prática o *Lean Manufacturing*.

Já sobre a terceira frente – Estudo de caso e análise dos indicadores de produtividade, inicialmente foi apresentado um *Kaizen* realizado em uma oficina de vagões em 2021, detalhando metodologia e ferramentas utilizadas; posteriormente, foram apresentados os indicadores de produtividade, que são controlados pela coordenação e o objetivo de tal controle. Assim, foi possível apresentar, além dos ganhos qualitativos, os ganhos quantitativos obtidos através da análise desses indicadores de produtividade.

Cabe ressaltar que os resultados dos indicadores de produtividade foram alterados, mantendo sua relação de proporcionalidade, devido aos termos de confidencialidade presentes na diretriz da empresa em que o estudo foi realizado.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. No capítulo I, são apresentadas as justificativas do estudo, bem como o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia utilizada. O capítulo II é composto pela revisão bibliográfica do *Lean Manufacturing*, sua concepção, princípios e ferramentas. No capítulo III é exposto o Estudo de Caso sobre a implementação da metodologia e suas ferramentas na manutenção ferroviária. Já o capítulo IV, demonstra os resultados obtidos com a implementação. Finalizando com o capítulo V, onde são expostas as conclusões do trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O presente capítulo revisará os referenciais bibliográficos principais, desde a origem da filosofia *Lean Manufacturing*, abrangendo seus princípios e metodologias, citando suas principais ferramentas, que foram utilizadas no estudo de caso.

2.1 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta, é além de uma metodologia, uma filosofia focada na gestão de redução de desperdícios, que surgiu com o Sistema Toyota de Produção (STP) (TAVARES, 2018), após a Segunda Guerra Mundial no Japão, cujo foco era reduzir os desperdícios, sendo parte do processo apenas aquilo que agregava valor. A metodologia foi desenvolvida pela Toyota *Motor Company*, dando origem ao Sistema de Produção, isso porque a companhia, bem como o país, estavam em crise e seria necessário reinventar processo com recursos limitados. A necessidade de maior diversificação de produtos era um anseio latente dos clientes, além disso, havia indústrias interessadas em se instalar no país, com as quais a Toyota não conseguiria competir sem mudanças. Nessa época, a indústria automobilística era de produção em massa, não permitia a diversidade de produtos desejada pelos clientes, o processo não era flexível, tornando o desafio pós-guerra ainda maior, uma vez que o mercado interno japonês era pequeno.

Após visita aos Estados Unidos, Eijii Toyoda constatou que as indústrias de automóveis não evoluíam em seus processos. Buscando a inserção no mercado, Taiichi Ohno então vice-presidente da Toyota, com base em conhecimento a respeito do sistema produtivo de Ford, começou a estruturar, em 1948, o sistema de produção da companhia, conhecido como Sistema Toyota de Produção ou *Lean Manufacturing*, como é conhecido mundialmente. O objetivo principal era a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos: a ideia básica era produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO,1997), esse Sistema foi concluído após quase 30 anos, sendo finalizado em 1975.

Segundo James (2015), várias técnicas compunham o STP, sendo elas técnicas de desenvolvimento de processos e produtos, técnicas de gestão da cadeia de abastecimento, novas abordagens para a resolução de problemas (como a análise de causas raiz), além de melhores abordagens no serviço a clientes e novas abordagens para a liderança e trabalho em equipe.

Apesar do *Lean Manufacturing* ter se iniciado pela indústria automobilística com o STP de Ohno, hoje seus princípios são amplamente difundidos e aplicados em diversos processos de produção, já que o objetivo é redução de desperdício, aumento de produtividade; há estudos ampliando sua aplicabilidade para outros processos, como os administrativos (CRUZ, 2013).

O termo *Lean*, entretanto, surgiu anos depois, com a publicação do livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (*The Machine that Changed the World*), quando Womack *et al.* (1992), descreveu de forma genérica o Sistema de Produção, a fim de proporcionar a aplicação para outros setores, além do automobilístico. Buscou-se então explicitar todos os ganhos que o STP gerou, principalmente no que tange à produtividade e qualidade.

2.2 OS CINCO PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing* que o mundo conhece atualmente foi descrito como uma filosofia e boas práticas do STP. Tal filosofia se refere à melhoria contínua dos processos, bem como o método necessário para promovê-la. Para obtenção de sucesso dentro de uma empresa via *Lean*, são necessárias uma série de mudanças; para isso, Womack e Jones (1998) classificaram 5 princípios essenciais, são eles:

2.2.1 ESPECIFICAÇÃO DE VALOR PARA O CLIENTE

Deve-se assumir como premissa o valor que é definido pelo cliente: o produto deve atender à necessidade do cliente, sob a perspectiva dele, a um preço e momento desejado, para que haja interesse por parte do consumidor. Com isso, a especificação do valor deve ser o passo inicial da Manufatura Enxuta, pois devem ser consideradas as especificidades dos produtos, das capacidades, dos preços e o dos clientes (WOMACK; JONES, 1998).

2.2.2 IDENTIFICAR O FLUXO DE VALOR DE CADA FAMÍLIA DE PRODUTO

Deve-se mapear e entender todo o fluxo de valor do produto, ou seja, todas as etapas de transformação por que passa o produto, desde a matéria prima até o produto acabado, identificando quais são as etapas que agregam valor ao cliente, bem como os desperdícios que não agregam e devem ser eliminados (WOMACK; JONES, 1998).

2.2.3 CRIAR FLUXO CONTÍNUO

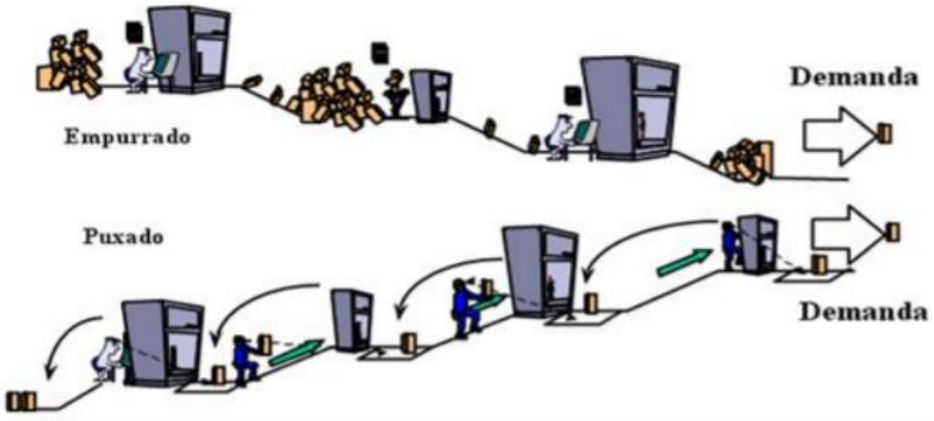
Fluxo contínuo é quando cada peça é produzida por vez, passando de um processo para o seguinte, sem que o processo seja interrompido durante sua produção. Após a identificação do valor, mapeamento do fluxo e identificação dos desperdícios, cria-se o fluxo contínuo com o intuito de melhorá-lo, aumentar a eficiência do processo, bem como executar um maior controle (WOMACK; JONES, 1998).

Para que o fluxo seja o mais eficiente, deve-se evitar grandes lotes, além de não ser necessário que o funcionário esteja sempre ocupado (WOMACK; JONES, 1998), mas sim que as atividades de cada função e departamento sejam redefinidas, a fim de gerar contribuição no valor e conseguir, através de cada etapa, atender as necessidades do cliente, minimizando as perdas durante o processo (SHINGO, 1996b).

2.2.4 PRODUÇÃO PUXADA PELO CLIENTE

Através do fluxo contínuo há redução dos tempos de espera entre os processos e, consequentemente do tempo de atendimento ao cliente. Com isso, o cliente estabelece uma maior relação de confiança com o fornecedor, gerando demanda constante. A partir de um processo consolidado e uma relação estável, a produção passa a ser puxada pelo cliente, e não mais empurrada para estoque - ela parte da necessidade do consumidor final, que passa a ditar o ritmo da produção (WOMACK; JONES, 1998).

Figura 1 - Sistema empurrado e sistema puxado



Fonte: Corrêa e Corrêa, 2004

2.2.5 BUSCAR A PERFEIÇÃO

Tendo em vista os princípios anteriormente expostos, percebe-se que o processo de eliminação de desperdícios é contínuo, uma vez que a necessidade do cliente é volátil – muda

com facilidade – com isso, a partir do momento que surge uma nova necessidade, todo o processo deve ser revisitado (WOMACK; JONES, 1998).

2.3 OS OITO DESPERDÍCIOS

Após realização de visitas à empresas do setor automobilístico nos Estados Unidos, foram identificados diversos desperdícios nos processos, muitos deles oriundos da produção em massa, que era o sistema utilizado por Ford, por exemplo. A filosofia *Lean* tinha como grande foco a eliminação desses desperdícios, aquilo que não agrega valor, segundo Ohno (1997). Desperdício é tudo aquilo que utiliza recursos, sendo eles mão-de-obra e matéria-prima, por exemplo, mas não agrega valor ao cliente (SHINGO, 1996a).

Inicialmente, Ohno (1997) classificou os sete desperdícios dos sistemas de produção; caso os mesmos não fossem eliminados, estaria sendo criado um sistema de produção sem estabilidade. Os desperdícios são:

2.3.1 DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO

É um dos principais desperdícios, uma vez que pode gerar outros como como gasto de matéria prima, mão-de-obra, transporte e, consequentemente, estoque. O excesso de produção ocorre quando não há controle entre a demanda e a produção (OHNO, 1997).

2.3.2 DESPERDÍCIO DE TEMPO DISPONÍVEL (ESPERA)

O tempo de espera é o desperdício do tempo disponível, uma vez, que é o tempo gasto aguardando material ou sequência de alguma etapa da linha de produção que esteja atrasada, impossibilitando que o processo flua (OHNO, 1997).

A produção em grandes lotes, que envolvam diferentes sequências pode gerar tempos de espera (gargalos) (WOMACK; JONES, 1998).

2.3.3 DESPERDÍCIO EM TRANSPORTE

É caracterizado por movimentação desnecessária devido a transporte para as próximas operações, por exemplo, devido a setores ou recursos distantes entre si. Há uma perda de tempo em uma atividade que não agrega valor e, consequentemente, elevação de custos com transportes desnecessários. Os funcionários e as linhas de produção devem estar mais próximos, a fim de que o fluxo seja contínuo (OHNO, 1997).

2.3.4 DESPERDÍCIO DE SUPERPROCESSAMENTO

É caracterizado por processos desnecessários que causam uma perda no desempenho, como uso incorreto de algum equipamento; seria o caso de um potencial desperdício a ser eliminado (OHNO, 1997).

2.3.5 DESPERDÍCIO DE ESTOQUE

Quando há matéria prima em excesso no estoque ou produtos acabados, sem que haja necessidade: significa que há um capital retido. As principais causas são: baixa confiabilidade por parte do fornecedor, em que não há cumprimento dos prazos, ou má gestão (OHNO, 1997).

2.3.6 DESPERDÍCIO DE MOVIMENTO

É quando o colaborador, durante a execução de alguma operação, realiza movimentos desnecessários devido a um *layout* mal projetado para sua necessidade: pode ser o caso de desviar de obstáculos que estejam bloqueando a sequência do processo (OHNO, 1997).

2.3.7 DESPERDÍCIO DE PRODUZIR PRODUTOS DEFEITUOSOS

O desperdício ocorre quando há erros no processo ou quando a matéria prima não atende à alguma especificação. Pode ser necessário a reinicialização do processo ou retrabalho, sendo necessária a realização de alguma etapa corrigindo o erro, o que ocasiona mais custos (OHNO, 1997). O pior cenário é quando o produto chega ao cliente com defeito, gerando insatisfação e mais custos à companhia. Para prevenir e evitar esse desperdício é importante a existência do controle de qualidade, a fim de conferir se requisitos do projeto e necessidades do cliente estão sendo atendidos.

2.3.8 DESPERDÍCIO INTELECTUAL

Além dos desperdícios citados anteriormente, Womack *et al.* (1992), classificou o oitavo desperdício, como sendo o intelectual, sendo ele proveniente das pessoas, quando empresas subutilizam seu capital humano.

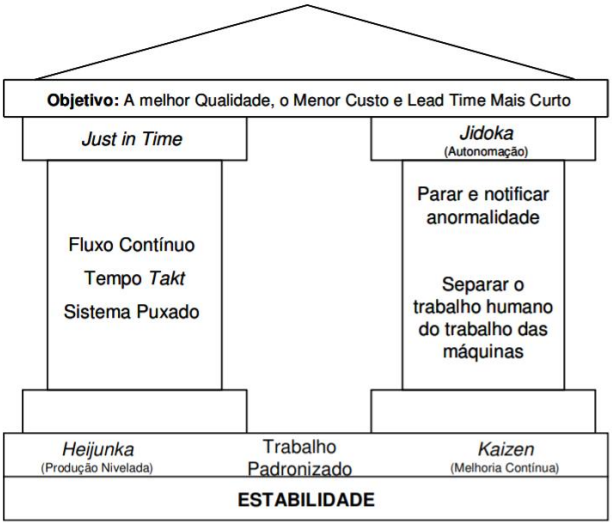
2.4 FERRAMENTAS PRINCIPAIS DO *LEAN MANUFACTURING*

O *Lean Manufacturing* engloba uma série de técnicas e ferramentas, entretanto, Womack e Jones (2004), defendem que apesar de serem importantes, deve haver sobretudo uma mudança na mentalidade, é o chamado *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta). A percepção dos

desperdícios por si só não é o suficiente, se não se trata a causa raiz daquele desperdício, ele não vai ser eliminado. Para encontrar a causa raiz e tratá-la, há algumas ferramentas que o *Lean* traz, e que podem ser úteis, assim, é necessário entender o propósito de cada uma delas e o momento correto de sua utilização. Os desperdícios devem ser eliminados continuamente, de forma sistemática, que é quando as causas raízes dos problemas são tratados para que não ocorram mais.

Algumas das técnicas e ferramentas partem da estrutura básica do STP, que foi desenhada por Fujio Cho, ex-diretor da Toyota, como sendo uma casa (Figura 2), onde o telhado são os objetivos, as colunas o que as sustenta e as fundações são a base.

Figura 2 - Casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Gallardo, 2007

Foram abordadas algumas das técnicas e ferramentas que irão amparar o estudo realizado.

2.4.1 *HEIJUNKA*

O *Heijunka* é uma das fundações da Casa do STP e, segundo o *Lean Enterprise Institute* (2003), é o nivelamento considerando fatores como tipo e quantidade a ser produzido. Esse nivelamento pode ser realizado com o auxílio do Tempo *Takt* e também do Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO).

Os produtos devem ser produzidos do início ao fim em um determinado tempo, esse tempo é o Tempo *Takt*, que é uma taxa que deve ser obedecida para atender o anseio do cliente (*Lean Enterprise Institute*, 2003), tempo limite que o produto deve ser produzido para que não haja atrasos nas entregas.

Já o balanceamento da produção, a fim de que haja equilíbrio das atividades realizadas por cada trabalhador, utiliza como base no Tempo *Takt*, objetivando um fluxo contínuo, que é um dos princípios da filosofia (SHINGO, 1996a).

O GBO é uma ferramenta visual que auxilia nesse balanceamento, uma vez que é um gráfico de barras Operador x Tempo, onde cada barra representa um operador e essas barras são compostas pela duração de cada atividade (ROTHER; HARRIS, 2002).

2.4.2 *KAIZEN*

Kaizen, traduzindo do japonês significa melhoria contínua, e também é considerado uma das fundações do STP. Segundo Cruz (2013), o intuito é que os desperdícios sejam eliminados de maneira contínua e gradual, promovendo uma maior produtividade e envolvimento de todos colaboradores envolvidos no processo, uma vez que é um conjunto de técnicas e ferramentas e todos devem estar dispostos a realizar as mudanças propostas.

Werkema (2006), descreve o *Kaizen* como sendo aplicado para solução de problemas específicos com o envolvimento de uma equipe multidisciplinar, e sugere que seja utilizado em situações de desperdícios, baixo risco de implementação e quando se busca resultados de forma rápida, por exemplo.

2.4.3 *JUST IN TIME* (JIT)

O *Just in Time* é considerado um dos pilares do STP, uma vez que permite com que o haja fluidez dos processos, já que o produto é feito na quantidade e no momento necessário, sem utilizar estoques (OHNO, 1997).

Quando não se trabalha com estoque, o sistema puxado evita a superprodução. Para isso, deve-se eliminar problemas de qualidade, de quebra de máquinas e também de preparação de máquinas (*setup*). Segundo Côrrea e Gianesi (2009) estoque é utilizado para evitar impactos provenientes desses problemas; logo, eliminando as causas desses problemas, o objetivo do JIT é alcançado, que é justamente a redução dos estoques.

2.4.4 MAPA DE FLUXO DE VALOR

Apesar de ser utilizado previamente pela Toyota, Rother e Shook (2003) formalizou a ferramenta com o direcional para indústrias, principalmente, cuja utilização auxilia a análise do fluxo de valor como um todo, a fim de identificar potenciais desperdícios e melhorias no processo.

A elaborado do Mapa inicia-se com o desenho atual da família de produtos selecionados, coletando diversas informações dos processos, além dos fluxos de informação e materiais. Identificados os desperdícios, sua eliminação ajuda a otimizar o fluxo a fim de que o processo seja integrado e sem perdas. Posteriormente, é desenhado o estado futuro e estabelecidos os planos de ação para implantação (ROTHER; SHOOK, 2003).

Rother e Shook (2003) também estabeleceram algumas regras a fim de que a ferramenta seja utilizada com sucesso, são elas: produzir de acordo com o tempo de ciclo (tempo necessário para a produção), desenvolver um fluxo contínuo onde possível, utilizar supermercados (prateleiras de *Kanban*) onde não é possível, enviar a programação do cliente para um processo – ele que vai definir o ritmo dos outros processos (sistema puxado) –, nivelar o mix de produção a fim de reduzir o *lead time* (tempo que o produto demora a chegar até o cliente, após a realização do pedido).

2.4.5 DIAGRAMA DE ESPAGUETE

Segundo *Lean Enterprise Institute* (2003), o Diagrama de Espaguete tem esse nome porque após a rota de movimentação ser desenhada no *layout*, assemelha-se a um prato de espaguete. Através do Diagrama é possível visualizar, ao longo do fluxo, a movimentação de materiais, informações e pessoas. O objetivo é visualizar a circulação e o transporte ao longo de todo fluxo, passando por todos os processos. O percurso traçado é o que foi realizado para a produção do produto ou realização de algum determinado processo que está sendo estudado.

Pode ser uma importante ferramenta para estudar a redução de movimentações e transportes desnecessários, promovendo melhorias para o fluxo através da eliminação de desperdícios.

2.4.6 OS CINCO PORQUÊS

Nas fábricas tradicionais os problemas eram solucionados de forma isolada. Ohno (1997) instituiu um sistema para solução de problemas conhecido como “os cinco porquês”, cujo objetivo era encontrar a causa real que originou o problema. A cada problema encontrado perguntava-se o porquê, a fim de que através dessa sistemática, o erro nunca mais voltasse a ocorrer.

2.4.7 VOZ DO CLIENTE (VOC)

VOC é uma ferramenta que tem como objetivo ouvir a voz do cliente, para que assim seja possível identificar o que é Crítico para a Qualidade (CTQ), áreas de oportunidades de

projetos identificados por pesquisas que representam as necessidades, requisitos ou opiniões dos clientes.

Esse método pode ser aplicado através de entrevistas com o cliente. O ideal é dessa entrevista constem algumas perguntas-chave, para que seja conduzida de forma a captar os reais anseios do cliente, conforme proposto por Resende (2018).

2.4.8 PADRONIZAÇÃO

Spear e Bowen (1999) expõem quatro regras que têm uma relação robusta com a metodologia de padronização proposta pelo STP, são elas:

1. Saber como as pessoas trabalham: conhecer a sequência das atividades, ritmo e a taxa de produção. Essa regra proporciona a participação dos colaboradores na elaboração da padronização do trabalho.
2. Saber como as pessoas se conectam umas com as outras: cada uma das conexões deve ser padronizada e especificada detalhadamente. Cria-se, portanto, um relacionamento cliente-fornecedor entre os postos de trabalho. O principal objetivo dessa regra é a definição das responsabilidades. O *Kanban* é uma ferramenta utilizada para direcionar corretamente esse fluxo dentro de uma linha de produção.
3. Definir como construir uma linha de produção: os fluxos devem ser simples e bem definidos, não devem mudar; por isso, a especificação da próxima máquina ou colaborador é importante.
4. Saber como melhorar o processo: as melhorias devem ser realizadas através de uma metodologia específica e sempre sob supervisão de “professores”, pessoas que conheçam profundamente o processo.

Imai (1996) apresenta os atributos mais relevantes de um trabalho padronizado: devem ser a melhor, mais fácil e mais segura forma de executar o trabalho, a melhor forma de preservar o *know-how* dentro da empresa. A padronização permite a mensuração de indicadores de desempenho, é base para manutenção das práticas e implantação de melhorias, é base para auditoria ou diagnóstico para correção de problemas, e é um importante meio de impedir a recorrência e minimizar as variações; os procedimentos devem ser simples e compreensíveis.

Segundo Perin (2005), uma perspectiva importante da padronização é como a gerência se compromete e ao mesmo tempo busca o comprometimento dos colaboradores para implementação do trabalho padronizado.

Figura 3 - Diferença entre processo sem e com padronização

Fonte: Delphi (2003)

2.5 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* EM ÁREAS DE MANUTENÇÃO DE OUTRAS COMPANHIAS DO SETOR FERROVIÁRIO

Realizando uma pesquisa da bibliografia existente, é possível encontrar estudos similares aplicados em outras companhias e/ou áreas também do setor ferroviário utilizando a metodologia *Lean*.

2.5.1 ESTUDO 1: DESPERDÍCIOS NA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA: PERDAS POR ESPERAS NO TERMINAL FERROVIÁRIO DE PONTA DA MADEIRA EM SÃO LUÍS, MARANHÃO

Um dos estudos foi realizado no setor de planejamento e manutenção da via permanente. O objetivo era identificar os desperdícios de tempo de espera em um terminal ferroviário localizado no Maranhão, devido à baixa produtividade.

Dias (2021) aplicou em seu estudo ferramentas como: *Brainstorming*, Diagrama de *Ishikawa* para localizar a causa raiz, elaborou fluxograma com a rotina das equipes de manutenção, um Gráfico de Pareto para visualizar os principais fatores de causa de espera, Matriz GUT para priorizar a atuação dos problemas e, por fim, mediu o tempo de espera necessário para cada manutenção.

Foram identificados os desperdícios abaixo:

- Problemas para liberação de faixas de tempo para realização dos serviços: desperdícios de espera;

- Ciclos de manutenção mal definidos pelo Planejamento da Manutenção e o Controle Operacional da companhia: desperdício de superprodução pelo uso de recursos desnecessários ou desperdício de defeito (quando é comprometida a qualidade dos ativos);
- Falhas de programações: desperdício de defeitos;
- Uso incorreto de recursos, ocasionando consumo excessivo de materiais de manutenção: desperdício de superprodução;
- Preparação das atividades, havendo falta de definição do fluxo das mesmas: desperdício de movimentação;
- Retrabalho de atividades: desperdício de defeitos.

O problema priorizado para o estudo foi o alto tempo de espera para realização das atividades de manutenção. Durante 3 meses de coleta o tempo total foi de 291 horas, como se fossem 36 dias de trabalho desperdiçados.

Para sanar o problema foi elaborado um indicador que mensura diariamente o tempo de espera ocorrido antes do intervalo concedido para realizar a manutenção.

Este estudo priorizou minimizar os tempos improdutivos e encontrou convergência aos resultados de outros trabalhos aplicado na manutenção ferroviária, cujo foco também era a redução dos tempos totais, diminuindo o tempo das atividades que não agregam valor e o aumento de produtividade. Além de identificar e atuar na causa do desperdício de tempo de espera, esse estudo também teve como propósito disseminar o conhecimento sobre os Oito Desperdícios nos processos de manutenção para os colaboradores e a aplicação das ferramentas da qualidade, que podem ser replicadas em outros processos, promovendo a melhoria contínua.

2.5.2 MODELO DE INTEGRAÇÃO DE TRÊS FILOSOFIAS DE GESTÃO: APLICAÇÃO EM UMA OFICINA FERROVIÁRIA

O segundo estudo foi realizado em uma oficina de reparação de componentes de locomotivas, para analisar os resultados e propor recomendações para o modelo de integração (Teoria das Restrições, Manufatura Enxuta e *Lean Six Sigma*).

Foram utilizadas as seguintes ferramentas: Mapa de Fluxo de Valor para identificar o fluxo presente no processo de recuperação de Motor de Tração e *lead time* da cadeia de valor e ARA (Árvore de Realidade Atual).

Através da demanda do PCM, foi possível calcular o Tempo *Takt* (tempo com que cada motor deve ser liberado), com base na demanda. Foi utilizado também o GBO (Gráfico de

Balanceamento do Operador) para equilibrar as atividades de cada colaborador com base no tempo *takt*.

Visando à eliminação de desperdícios foram validados procedimentos operacionais e identificada a necessidade de aquisição de ferramentas.

Para o indicador de *Performance*, não houve melhoria significativa dos valores médios ao se comparar os valores de antes e depois da implementação do projeto, respectivamente 86,30% e 87,81%. Por outro lado, o indicador de Taxa de Utilização aumentou sua média para 80,74%, se comparado à média anterior ao projeto, de 37,77%. E o novo valor de *lead time* total do processo de Motor de Tração teve melhoria de 44,2% (foi reduzido de 34,45 dias para 19,22 dias).

Inicialmente, ficou claro que é necessário envolver os gestores do fluxo a ser trabalhado de forma a obter o apoio necessário para realizar todas as atividades.

Outro fator, identificado como fundamental para o sucesso do projeto é ensinar a metodologia previamente para os colaboradores, uma vez, que vário não conheciam as ferramentas propostas.

2.5.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA NA OPERAÇÃO DE UMA CONCESSIONÁRIA FERROVIÁRIA

O estudo da metodologia *Lean Six Sigma* e a aplicação de suas ferramentas aos processos se refere à mesma empresa em que o presente estudo está sendo desenvolvido. Segundo Júnior (2020), a finalidade é definir um novo modelo operacional para a circulação dos trens que levam locomotivas para reforço de tração de trens carregados, considerando a redução do consumo de diesel, melhoria da produtividade dos maquinistas, postergação da manutenção de componentes relacionados à quilometragem e diesel, redução do ciclo das locomotivas e melhoria no processo de programação da gestão de auxílio.

Foram utilizadas ferramenta como: VOC, SIPOC e foi definido o escopo através da Matriz dentro-fora; com base nessas informações foi elaborado o *Project Charter*.

O VOC foi construído através de *Brainstorming* realizado com as áreas de interface, transformando os direcionadores em indicadores qualitativos e quantitativos a fim de buscar soluções para atender à necessidade incialmente proposta, que era a redução no consumo de diesel das locomotivas auxiliares.

A matriz dentro-fora buscou direcionar o projeto delimitando o esforço aplicado às condições inerentes ao processo. O SIPOC visou entender e mapear todas as etapas, as entradas

e saídas, os fornecedores e clientes do modelo de programação das locomotivas auxiliares, auxiliando nas percepções de valor que um novo modelo poderia trazer ao processo.

Após a confecção do *Project Charter*, foi possível estabelecer os objetivos propostos. Em seguida, foi utilizado também o Diagrama de *Ishikawa*, cujo o objetivo foi organizar o raciocínio e mapear as possíveis causas que possam gerar falta de auxílio para os trens carregados. Com base nesse problema identificado, foi realizado um *benchmarking* com área da manutenção, no qual foi possível desenhar um modelo que mitigasse a falha no processo de planejamento do ponto de aguardo.

Durante essa fase, o objetivo foi medir os resultados alcançados e definir mecanismos que garantissem a sustentabilidade das melhorias implementadas. A implantação de indicadores, auditorias do processo e o monitoramento do desempenho se mostraram fundamentais para efetivação da mudança, visto que o comportamento melhorou em todos os aspectos mensurados.

Um diário de bordo também foi disponibilizado, com a finalidade de mapear possíveis problemas do processo, onde foram preenchidas data/hora do problema ocorrido, bem como as ações corretivas realizadas e o responsável. Além das ferramentas de controle acima citadas, foi realizada a construção de um POP, objetivando a padronização do novo processo.

A capacidade do processo que visa à aderência ao tempo planejado de permanência dos trens em um dos pátios críticos para operação da concessionária, objeto deste estudo, melhorou significativamente. A redução do percentual fora de especificação chegou aos 99%, de 6,21% para 0,04%, o que gerou uma maior confiabilidade na aderência ao tempo de trânsito planejado.

O presente trabalho possibilitou o estudo, a construção e a aplicação de um projeto *Lean Six Sigma*, por meio da realização de um estudo de caso, com o objetivo de definir um novo modelo operacional, tendo os objetivos inicialmente estabelecidos alcançados. Por meio do desenvolvimento deste estudo, foi possível a implantação de um novo modelo que gerou a redução nos custos operacionais envolvidos de aproximadamente R$ 2,05 milhões por ano. Também se observou aumento na produtividade dos maquinistas, sendo os recursos anteriormente utilizados para manobras reaproveitados em novos negócios, captando mais volume sem a necessidade de crescimento no *headcount* operacional. O novo modelo proporcionou ainda ganhos qualitativos referentes às manutenções realizadas no pátio programado para baldeio, eliminando as manutenções noturnas em dias de intercorrências no trecho da malha utilizado para os trens carregados. Outro ganho extremamente relevante foi na

diminuição dos impactos ambientais devido à redução na emissão de gases de efeito estufa referentes à maior eficiência no consumo de diesel, evitando a queima em aproximadamente 245mil/L/ano. Além disso, através dos estudos já realizados nas duas últimas fases, notou-se um potencial de melhoria em relação aos ganhos já captados, visto que algumas premissas para esse modelo de operação também devem ser revistas e melhoradas. Diante dos resultados apresentados e oportunidades incialmente identificadas, algumas recomendações para a continuação do trabalho podem ser relacionadas:

- Manter as aplicações das etapas de controle e melhoria, dando continuidade ao modelo já implantado e promovendo a melhoria contínua;
- Identificação de modelos semelhantes realizados na concessionária para replicação do projeto;
- Implementação de indicadores para acompanhar os efeitos que as variações de produção podem causar ao modelo implantado, visto que o modelo foi todo embasado nas premissas atuais, gerando um teto de capacidade que, em algum momento, poderá ser revisitado.

Por fim, nota-se a que a metodologia *Lean Six Sigma*, cumpre os objetivos a que se propõe, sendo capaz de gerar melhorias de processos e redução de custos nas organizações.

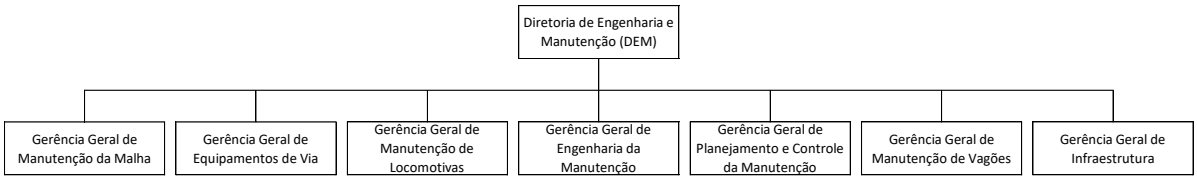
3. A IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* NA MANUTENÇÃO DA FERROVIA

3.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Atualmente, a companhia em que o estudo está sendo desenvolvido, possui 9 oficinas próprias de manutenção de Material Rodante. As mesmas estão situadas na Diretoria de Engenharia e Manutenção (DEM) e são divididas entre a Gerência Geral de Locomotivas e Gerência Geral de Vagões - 5 dessas oficinas são de Locomotivas e 4 de Vagões, distribuídas entre os estados de Minas Gerias, Rio de Janeiro e São Paulo.

As 9 oficinas possuem um contingente de 690 colaboradores operacionais; a maior oficina tem 138 pessoas, e a menor, 23, ratificando o desafio que é difundir a cultura em oficinas distantes fisicamente, cada uma sob uma gestão. A Gerência de Engenharia Industrial (GEI) é a gerência responsável pela produtividade e está alocada na Gerência Geral de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), também inserida na diretoria da DEM, conforme estrutura atual da diretoria, presente na Figura 4:

Figura 4 - Organograma da Diretoria de Engenharia e Manutenção



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A GEI foi responsável no passado pela implantação de projetos *Lean*, projetos voltados também para estruturação de processos como um todo, e também é responsável pela gestão de produtividade das equipes de manutenção. Dados os resultados obtidos no passado, e cientes de que a mentalidade enxuta pode influenciar positivamente os resultados da empresa, atualmente a gerência está implementando a metodologia de uma forma mais estruturada e sistemática, para que a cultura seja difundida, a fim de alavancar esse processo de mudança cultural mantendo o foco em excelência operacional.

3.2 OS CINCO PILARES QUE SUSTENTAM A IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING*

Para implementar uma filosofia, um modo de pensar, é necessário envolver a cultura da empresa, as lideranças e sobretudo, os colaboradores. Por isso, há cinco pilares que estão sustentando a implementação da metodologia *Lean Manufacturing*, são eles: sistema, estrutura, desempenho, projetos e processos.

3.2.1 PILAR 1: SISTEMA

O primeiro pilar é o sistema em que se controla a produtividade, que é o OptJob, sistema desenvolvido em 2014 pela própria equipe da GEI em conjunto com o setor de Tecnologia da Informação da companhia. Pelo OptJob os colaboradores operacionais executam os apontamentos das atividades através de cabines com computadores nas oficinas de manutenção. Tanto as atividades produtivas, através das ordens de serviço, como as pausas (horas improdutivas), como: refeição, aguardando manobra, falta de ferramenta, treinamento etc. Os apontamentos alimentam relatórios que possibilitam o monitoramento de todo a execução das atividades dos colaboradores da manutenção; com isso é possível identificar desperdícios.

Por exemplo: se um colaborador está executando uma manutenção e teve que parar porque faltou o material, então ele deve apontar em pausa na ordem de serviço e colocar que está aguardando o material; assim, os analistas da GEI conseguem identificar e tratar a falta em conjunto com a coordenação de PCM Materiais, responsável em distribuir os materiais para as oficinas. Assim, é possível elaborar análises estruturadas, levantando quais são os principais ofensores de produtividade nas áreas.

3.2.2 PILAR 2: ESTRUTURA DE PRODUTIVIDADE

O segundo pilar é a estrutura que ampara a produtividade, além da estrutura da GEI. Existem os agentes de mudança - pessoas que estão no campo, que controlam no dia-a-dia a produtividade das oficinas, e que têm canal direto com o analista da GEI; além deles, os mantenedores líderes, que distribuem as ordens de serviço (OS) e os coordenadores das oficinas, são pessoas fundamentais no processo, que identificam oportunidades, solucionam problemas continuamente, buscando otimizar processos e eliminar desperdícios.

A GEI atua hoje com o foco em eliminar desperdícios para que seja possível liberar o ativo o mais rápido possível, mas que ele seja liberado com confiabilidade e que o processo seja

o melhor para que os mantenedores possam executá-los. Essa estrutura é fundamental para que através de acompanhamentos periódicos (reuniões de produtividade com as oficinas que acontecem mensalmente) e projetos em conjunto, ocorram melhorias contínuas no processo e em paralelo a cultura seja difundida.

3.2.3 PILAR 3: DESEMPENHO

O pilar de desempenho se refere ao acompanhamento dos indicadores de produtividade, que são gerados através dos dados alimentados pelo OptJob, são eles: Utilização, *Performance*, Eficiência Hxh e Giro Normalizado por *HeadCount*.

Eficiência Hxh (Utilização x *Performance*): é um indicador que está atrelado a dois outros: a Utilização, que é o tempo efetivo que é convertido em OS e OP; e a *performance*, que é o tempo padrão de uma determinada atividade dividido pelo tempo realizado.

Giro Normalizado por *HeadCount*: é um indicador que entrou em vigor em 2020, que mede a quantidade de máquinas que foram liberadas da oficina por colaborador no mês.

3.2.4 PILAR 4: PROJETOS

Atualmente na GEI existem três especialistas que são divididos entre locomotivas, vagões e malha; eles executam projetos juntamente com as equipes de campo para buscar e viabilizar melhorias contínuas no processo. Esses projetos podem ser análise para mudanças de *layout*, estudo de fluxo de manobra, padronização de atividades, organização de prateleiras e ferramentas, para que estejam mais próximas do colaborador, evitando movimentação desnecessária, dentre outras melhorias. Até 2019 existiam os Projetos de Produtividade, que eram executados em uma oficina por vez, quando todos especialistas ficavam alocados *full-time*, executando melhorias em todos os processos da oficina. Entretanto, essa modalidade de projeto foi estruturada a partir de 2020 devido às suas limitações, que foram abordados no tópico 3.3.

3.2.5 PILAR 5: PROCESSOS

O quinto e último pilar é sobre os processos; atualmente, o planejamento de manutenção é baseado na capacidade produtiva das oficinas. É responsabilidade da GEI gerir toda essa capacidade, que é acompanhada com os dados do OptJob e os indicadores de produtividade. Com isso, é possível saber como cada oficina está performando, e é possível tomar decisões de forma preventiva, se necessário.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE PRODUTIVIDADE

Os Projetos de Produtividade foram realizados até 2019; eles eram realizados em uma oficina por vez: realizava-se uma espécie de consultoria na oficina, iniciando pelo diagnóstico, com base no cenário atual e então estudava-se quais ferramentas de qualidade poderiam ser aplicadas.

Entretanto, essa frente foi reestruturada em 2020 – cerca de 10 oficinas tiveram esses projetos. A necessidade de reformulação foi devido ao longo tempo que era necessário, já que cada localidade tinha um diagnóstico específico, além de haver poucos especialistas com conhecimento necessário para realizar esses projetos: cada projeto durava cerca de 4 meses com o apoio dos três especialistas da área. A aplicação da metodologia *Lean*, era através desses projetos, visto que não era um modelo escalável, ou seja, poucas oficinas tinham oportunidade de participar dos projetos, assim, o mesmo necessitou de uma reestruturação.

Através da reestruturação, os especialistas que antes atuavam juntos, foram subdivididos por ativo, cada um ficando responsável por um, sendo eles: locomotivas, vagões e malha (via permanente e eletroeletrônica). Dessa forma, de posse dos indicadores de produtividade, os especialistas conseguem identificar onde devem suportar as oficinas, quais são as oportunidades e gargalos do processo.

Além da reformulação dos projetos e da subdivisão dos especialistas, com o objetivo de alcançar mais oficinas, o conhecimento que antes era retido em poucas pessoas, também era uma preocupação e impedia a companhia obter maiores ganhos. Através de um direcional estratégico da empresa, a GEI passou a liderar uma frente de implantação do Plano de Cultura *Lean*, onde a intenção é incorporar o pensamento enxuto na cultura da empresa, desde a alta gerência até os cargos operacionais.

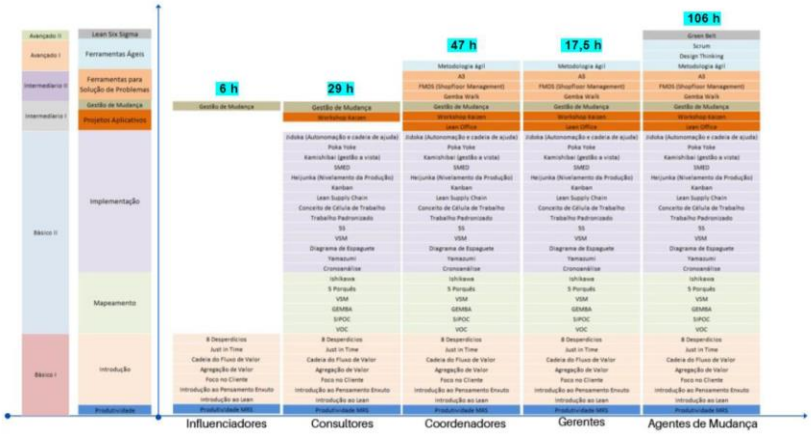
3.4 IMPLEMENTAÇÃO DA CULTURA

O Plano de Cultura *Lean* teve início em maio de 2020, quando foi disponibilizado um treinamento *online* – Academia *Lean*; curso composto por 3 módulos, sendo eles:

1. Conceitos básicos da Filosofia *Lean*;
2. Conceitos básicos de Produtividade aplicados na companhia;
3. Identificação e Eliminação de Desperdícios de Processo.

Inicialmente, o curso foi disponibilizado para mais de 2.500 colaboradores. A realização dese treinamento ainda está em andamento pelos mesmos; o objetivo é inserir termos de pensamento enxuto, apresentar algumas ferramentas com linguagem acessível e fazendo analogias com a forma de trabalho nas oficinas de manutenção. Esse curso é voltado principalmente aos mantenedores que atuam na execução dos escopos de manutenção. Os agentes de mudança das oficinas, que são os pontos focais de produtividade, bem como os gestores (coordenadores e gerentes) receberão treinamentos mais completos, conforme consta na Figura 5, no programa de desenvolvimento que está sendo implementado.

Figura 5 - Plano de Desenvolvimento da Jornada *Lean*



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Em abril de 2022 finalizou a capacitação nos três primeiros módulos (Básico I, Básico II e Intermediário I). Além da Capacitação e Desenvolvimento, é importante estabelecer um pilar gestão de mudanças, que envolva as pessoas e o novo sistema de ERP, que deve começar a migração total em 2023. Com isso, a empresa passará por uma transformação digital, que está sendo conduzida pela Gerência Geral de Inovação.

A fim de tornar o processo contínuo, para que haja melhorias de forma orgânica nas oficinas, existirão os colaboradores que foram formados em técnicas de diagnóstico, a fim de que consigam identificar oportunidades, aprofundar o diagnóstico para descobrir a causa raiz e assim, conseguir aplicar as ferramentas adequadas. Essas pessoas ficaram aptas a realizarem *Kaizen's* nas suas respectivas áreas, aplicando o *Lean* na prática. Para o ano de 2022, todas as oficinas têm como meta realizarem 2 *Kaizen's*, sendo um deles assistido (com auxílio de um dos especialistas da GEI), e o outro autônomo, realizado exclusivamente pelos colaboradores da oficina.

Haverá também um fórum gerencial para gerar engajamento e reconhecer o projeto destaque. Esse fórum foi idealizado como um evento anual, onde os colaboradores

apresentariam os projetos para a diretoria e haveria uma premiação para aquele projeto que obtiver maiores ganhos. O primeiro fórum está previsto para acontecer em setembro de 2022.

3.5 ESTUDO DE CASO SOBRE A REALIZAÇÃO DA SEMANA *KAIZEN*

O estudo de caso foi em cima de um *Kaizen* realizado em fevereiro de 2021 em uma oficina de vagões localizada no estado do Rio de Janeiro. A oficina possui atualmente 70 colaboradores em seu quadro operacional e funciona 24 horas por dia; com isso, por turno, a oficina possui entre 20 e 25 colaboradores.

3.5.1 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DA SEMANA *KAIZEN*

Visando à difusão da metodologia *Lean*, como cada oficina tem como meta realizar dois *Kaizen's* no ano de 2022, ele é realizado através da semana *Kaizen*: são 5 dias completos de trabalho com atuação da equipe na melhoria de um processo pré-estabelecido. A partir dos próximos tópicos foram apresentados como é a organização de uma Semana *Kaizen* e a aplicação na prática da metodologia utilizada.

3.5.1.1 REUNIÃO DE DIAGNÓSTICO

Inicialmente o especialista da GEI realiza uma reunião *online* com os colaboradores da oficina a fim de mapear as dores do processo, para que identifiquem oportunidades que possam ser alvos da Semana *Kaizen.*

Durante essa reunião de diagnóstico, o especialista faz uma espécie de entrevista, inclusive com a ferramenta dos Cinco Porquês, com alguns colaboradores chave da oficina, como coordenador, agente de mudança, técnicos de manutenção, mantenedor líder, ou demais colaboradores que julgar necessário. O objetivo é entender possíveis desvios de processo, mapear dores das etapas que o compõem e identificar potenciais de melhoria e redução de desperdícios.

Também são analisados os principais indicadores de desempenho da oficina: identificados previamente os gargalos e definidos os objetivos; os mesmos são definidos através do VOC (Voz do Cliente) e da análise dos indicadores, e devem ser mensuráveis e desafiadores.

Além disso, nessa reunião são identificadas as áreas de interface com o processo escolhido e definidos os participantes, os mesmos devem ser escolhidos de forma estratégica e devem participar *full-time* da Semana *Kaizen*. Em seguida são definidos os demais

colaboradores que conduzirão o *Kaizen*, são eles: *sponsor*, consultor, líder da equipe, co-líder; com isso, temos definido o "Time do *Kaizen*".

Cada um dos participantes da Semana *Kaizen* tem atribuições pré-estabelecidas, que estão elencadas a seguir:

Sponsor: é considerado o patrocinador do *Kaizen*, deve ocupar um cargo de alta gestão na área em que o *Kaizen* está sendo desenvolvido; precisa ser uma pessoa que tenha poder de tomada de decisão e financeiro para viabilizar melhorias, eliminando restrições do processo e apoiando o time do *Kaizen* para que os resultados sejam alcançados. Deve participar quando for necessário, não precisa ter dedicação exclusiva durante a realização das implantações.

Consultor: deve auxiliar a equipe na aplicação da filosofia Kaizen e demais ferramentas de melhoria contínuas, deve orientar quanto ao caminho a seguir para alcançar os objetivos propostos.

Já a equipe que deve ter dedicação exclusiva é composta pelos seguintes integrantes:

Líder da equipe: deve compreender bem a metodologia do *Kaizen*, conhecer sobre ferramentas de diagnóstico e de soluções de problema, além de ser o responsável por conduzir, suportar e eliminar possíveis problemas na aplicação das melhorias mapeadas na Semana *Kaizen*.

Co-líder: compreender bem o problema foco do estudo, deve possuir conhecimento técnico sobre o processo que está sendo trabalhado e assessora e substitui o líder, se necessário.

Participantes da equipe (entre 5 a 10 colaboradores): realizam as melhorias propostas no processo estudado. A escolha dos participantes deve ser estratégica de acordo com o objetivo do *Kaizen*. Recomenda-se que haja 4 pessoas que conhecem o processo, 2 fornecedores do processo, 2 clientes e 2 pessoas de outras áreas sem ligação diretas, a fim de que haja uma equipe multidisciplinar, que busquem ver o processo sob diferentes perspectivas.

Normalmente, o líder costuma ser ou o dono do processo ou o coordenador da oficina, o *sponsor* é o gerente da área, o consultor uma pessoa com mais experiência em *Lean*, normalmente o que realiza os treinamentos, tira dúvidas da equipe quanto à aplicação de ferramentas etc; para os *Kaizen's* assistidos, essa posição é ocupada ou pelo coordenador da GEI ou por um dos especialistas.

Então, o próximo passo é convocar as pessoas escolhidas, entrando em contato e enviando convites de forma *online,* tanto para a semana, quanto para as reuniões de *kick-off* e encerramento, para que as pessoas se programem; essa etapa deve ser realizada com pelo menos 1 mês de antecedência, conforme orientações presentes na Figura 6.

Figura 6 - Orientações para convocação do Time do *Kaizen*

Convocação do Time do Kaizen

1. **Definição dos participantes:**
   - ❑ Definir o nome do líder
   - ❑ Definir o nome do Co-líder
   - ❑ Definir o Sponsor do Kaizen
   - ❑ Definir os participantes dos processos fornecedores
   - ❑ Definir os participantes do processo do Kaizen (especialistas)
   - ❑ Definir os participantes clientes deste processo
   - ❑ Definir participantes das áreas neutras.
2. **Enviar os convites:**
   - ❑ Fazer contato com o gestor imediato ou participante para formalizar o convite
   - ❑ Contato deve ser feito antecipadamente (15 a 30 dias)
   - ❑ Enviar o convite para travar a agenda dos participantes

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

3.5.1.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA VOC

Durante a reunião de diagnóstico, foi realizada uma análise dos macroprocessos da manutenção de vagões da oficina localizada no Rio de Janeiro e foram sinali
vermelhos, todas as oportunidades de melhoria, conforme abaixo:

Figura 7 - Diagnóstico de melhorias através do VOC

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Uma das saídas da reunião foi que o *Kaizen* teria por objetivo melhorar o processo de peritagem de vagões. Peritagem é a atividade realizada quando o vagão ainda está na fila, fora da oficina, em retenção. O perito deve então, checar o estado dos vagões, mapeando, anotando a condição, realizando algumas medidas e as atividades que deverão ser executadas na manutenção.

Figura 8 - Colaborador realizando peritagem em vagões

Fonte: Foto cedida por integrante da GEI (2022)

3.5.1.3 SEMANA DE PREPARAÇÃO

A semana de preparação é a semana que antecede a realização da Semana *Kaizen*. Nessa semana, o líder do *Kaizen*, que é quem irá conduzi-lo, deve garantir que todos os recursos necessários estarão disponíveis, sendo eles: sala de reunião, cartolina, pincel atômico, projetor, post-it, computador, fita adesiva, canetas, lápis e pranchetas; deve levantar dados do estado atual, além de elaborar uma apresentação sucinta para introdução do tema na reunião de abertura.

3.5.1.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS PRÉVIOS

Durante a semana de preparação, foi realizado um mapeamento e levantamento de alguns dados de forma prévia: constatou-se que apenas 55% dos vagões eram peritados antes de entrar nas oficinas, o que é um ponto prejudicial para o processo, uma vez que impede que a programação do dia-a-dia da oficina seja realizada de uma forma mais assertiva, podendo gerar manobras desnecessárias, ou começar a fazer manutenção em vagão que há falta de material, e por isso não pode ser manutenido etc.

Além disso, outra justificativa em realizar melhorias no processo é que o mesmo não era padronizado, por isso os objetivos da Semana *Kaizen* foram: implantar o *check-list* de peritagem em 100% dos vagões, para que todos sejam peritados antes de entrarem em oficina; definir tempo padrão para peritagem dos vagões; e desenvolver KPI para acompanhamento da aderência de itens peritados x realizados.

3.5.1.5 SEMANA *KAIZEN*

A Semana *Kaizen* segue uma agenda pré-definida, que pode ser um pouco modificada caso haja necessidade. As atividades da semana são normalmente distribuídas em 5 dias corridos, sendo eles subdivididos seguinte forma:

Figura 9 - Agenda da Semana *Kaizen*

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
08:00-10:30	Kick-off / Nivelamento	Plano de ação do mapeamento atual	Implantar ações	Implantar ações	Montar apresentação
10:30-12:00	Treinamento Técnico	Plano de ação do mapeamento atual	Implantar ações	Implantar ações	Montar apresentação
13:00-16:00	Mapeamento do estado atual	Brainstorming	Implantar ações	Implantar ações	Apresentação final
16:00-16:30	Fechamento	Fechamento	Fechamento	Fechamento	Livre

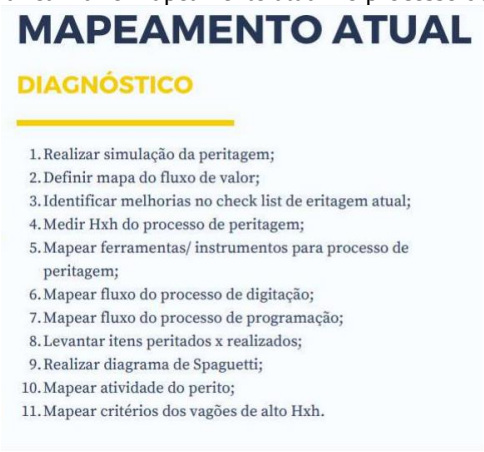
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Segunda-feira – Dia 1: O início é marcado com a reunião de *kick-off*, que é uma reunião de abertura, com o objetivo de alinhar o escopo do *Kaizen* com todas as interfaces. A reunião deve ser conduzida pelo líder e devem ser apresentados os problemas, os objetivos, o time e a agenda. É importante também que o *sponsor* reafirme a relevância do projeto e do comprometimento da equipe para que os resultados sejam alcançados.

Em seguida, é realizado um treinamento da equipe com conceitos básicos da metodologia do *Lean Manufacturing*, agregação de valor, *Just in Time*, apresentando brevemente a história do Sistema Toyota de Produção, os cinco princípios, os oito desperdícios e algumas das ferramentas, como: Mapa do Fluxo de Valor, 5S, Padronização, *Yamazumi*, Diagrama de Espaguete, *Kanban*, *Heijunka e Poka-Yoke*.

Na parte da tarde deve acontecer uma reunião de nivelamento, que é o primeiro contato de todos os integrantes com o processo; o objetivo é fazer um reconhecimento das etapas do processo. Essa apresentação é de responsabilidade do representante da área, e é o momento de esclarecer dúvidas. Em seguida, são estabelecidas as ações a serem realizadas para mapeamento do estado atual.

Figura 10 - Ações para realizar o mapeamento atual no processo de peritagem



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

As ações escolhidas para realizar o diagnóstico e mapeamento do estado atual da peritagem foram:

1. Realizar simulação da peritagem;
2. Definir mapa do fluxo de valor;
3. Identificar melhorias no *check-list* de peritagem atual;
4. Medir hxh do processo de peritagem;
5. Mapear ferramentas/ instrumentos para processo de peritagem;
6. Mapear fluxo do processo de digitação;
7. Mapear fluxo do processo de programação;
8. Levantar itens peritados x realizados;
9. Realizar diagrama de espaguete;
10. Mapear atividade do perito;
11. Mapear critérios dos vagões de alto Hxh.

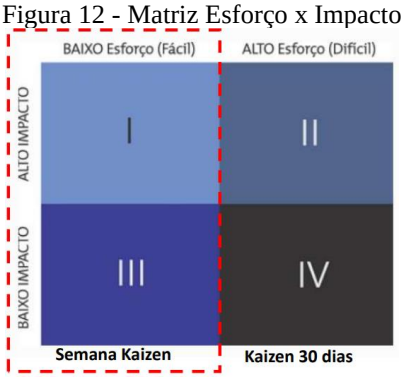
Terça-feira – Dia 2: Realizar as ações para mapear o estado atual: normalmente as ações são realizadas em duplas; são aplicadas ferramentas como Diagrama de Espaguete, Mapeamento de Fluxo de Valor, VOC etc. Para o mapeamento do estado atual do processo de peritagem, foram mapeadas as atividades do perito, foi feita uma simulação de peritagem, elaborado um Mapa de Fluxo de Valor e realizado um Diagrama de Espaguete.

Figura 11 - Mapeamento do estado atual do processo de peritagem utilizando ferramentas da metodologia Lean

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

No período da tarde é apresentado para a equipe as ações realizadas, a fim de que todos conheçam o estado atual. Posteriormente, é realizado o *Brainstorming*, dinâmica de grupo utilizada para que os envolvidos sugiram ideias de melhorias no processo. É importante ser um momento em que todos estimulem o pensamento criativo, sem quaisquer críticas ou julgamentos. Para o bom aproveitamento do *Brainstorming* o líder deve controlar o tempo, conduzir a atividade, disponibilizar caneta e *post-it* para cada colaborador. As ideias são então divididas em uma matriz de Esforço x Impacto. As ações de baixo esforço são as que foram as realizadas na Semana *Kaizen*, com prioridade para as de alto impacto, já que possuem um maior potencial de ganho.

Figura 12 - Matriz Esforço x Impacto

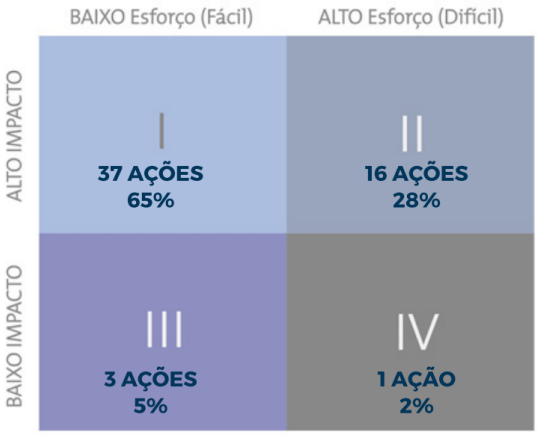


Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Em seguida, é elaborado o Plano de Ação de Implantação, contendo a descrição de cada ação, o responsável e o prazo. As ações devem ser distribuídas de forma balanceada entre os participantes; as de “baixo esforço” devem ser realizadas até o final da semana, e as demais, se não for possível concluí-las, terão como prazo 30 dias (K-30). O *Brainstorming* realizado

para o processo de peritagem, gerou 57 ideias, dessas, 40 são de baixo esforço e seriam priorizadas a serem realizadas durante a Semana *Kaizen*. O Plano de Ação deve ser escrito em uma cartolina, e a mesma deve ficar exposta na sala do *Kaizen*, para que os integrantes possam consultar a qualquer momento.

Figura 13 - Matriz Esforço x Impacto do *Kaizen* de Peritagem



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Quarta-feira – Dia 3: São executadas as ações a fim de que sejam colocadas em prática técnicas de implantação do estado futuro; podem ser aplicadas diversas ferramentas: Cronoanálise, 5S, *Yamazumi*, Mapa do Fluxo de Valor, Diagrama de Espaguete, *Heijunka* (Nivelamento da Produção), Gestão à Vista, *Kanban*, *Poka-Yoke*, Padronização, dentre outras. É o momento de romper paradigmas e propor métodos diferentes para o processo.

Quinta-feira – Dia 4: Dia dedicado para concluir a implantação das ações; é importante que, em paralelo, os integrantes do time já coloquem em uma apresentação todo o material para a reunião de encerramento. Durante o penúltimo dia, é importante também que já sejam levantados os resultados com as melhorias propostas do processo.

Sexta-feira – Dia 5: Já no último dia da semana, o time deve finalizar a apresentação, treinar a forma de apresentação (responsabilidade por cada *slide* e o controle do tempo de apresentação). O *Kaizen* é concluído na reunião de encerramento, que é o momento de evidenciar as ações e melhorias realizadas, os desafios encontrados, as lições aprendidas e os resultados capturados.

K-30: Após a Semana *Kaizen*, pode acontecer de alguma ação ficar pendente ou não conseguir ser feita em curto prazo, essas ações são colocadas com prazo para serem concluídas nos 30 dias subsequentes. O líder deve realizar reuniões periódicas para acompanhar o andamento dessas ações. Além da reunião, é importante evidenciar o andamento via *e-mail* para todos os envolvidos e realizar a priorização das ações, com foco no resultado a ser alcançado.

O acompanhamento dos resultados deverá ser realizado periodicamente, visando à verificação da maturidade do processo, o que possibilitará a identificação da eficácia das ações implantadas e, caso necessário, um redirecionamento da equipe. Esse acompanhamento pode ser via *check-list*, criado pela equipe.

Objetivando a estabilidade do processo, é importante também que haja uma etapa de padronização das atividades que foram modificadas. A padronização gera maior qualidade e produtividade das entregas, é uma etapa indispensável para qualquer processo de melhoria, uma vez que somente processos estáveis podem ser melhorados continuamente; e é a garantia de que processos alterados e validados durante a semana não serão perdidos. Caso necessário, deve haver a publicação de documentos e treinamentos para que todos os colaboradores envolvidos conheçam o trabalho realizado.

4. RESULTADOS DO *KAIZEN*, ANÁLISE DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE E OPORTUNIDADES DE MELHORIA

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

Durante a Semana *Kaizen*, com o envolvimento da equipe e destinando um tempo exclusivo para pensar no processo como um todo, já é possível identificar e executar diversas melhorias. Alguns dos ganhos são capturados com o fim da semana, apenas implantando algumas das ações, outras ações ficam atribuídas a algum responsável com o prazo de 30 dias para concluí-las (ações do K-30); já outros resultados virão a mais longo prazo. Em seguida foram apresentados os resultados que já foram possíveis de serem capturados, sejam eles quantitativos ou qualitativos.

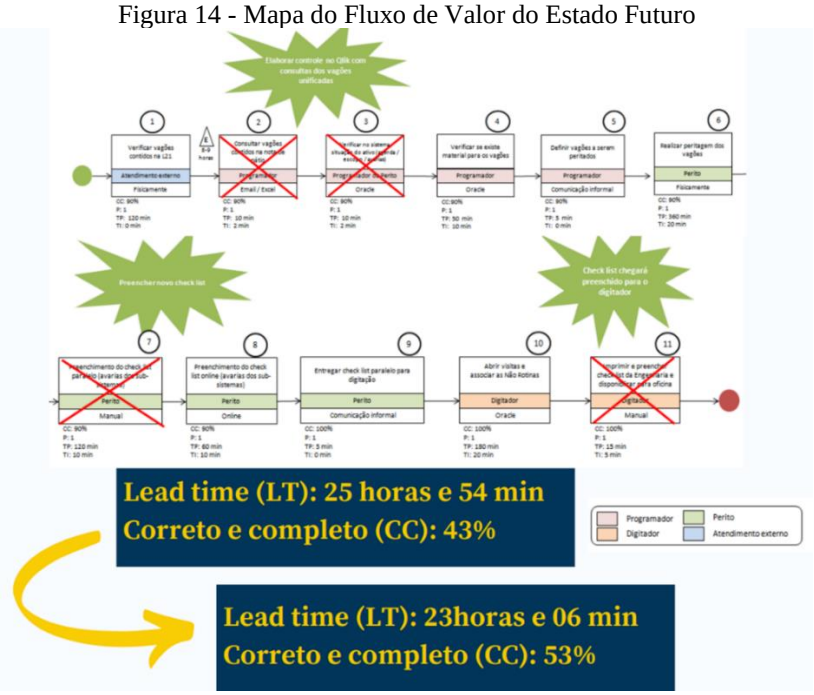
4.1.1 RESULTADOS CAPTURADOS NA SEMANA *KAIZEN*

A partir desse tópico, foram apresentados os ganhos quantitativos e qualitativos capturados após as melhorias propostas no processo de peritagem na oficina de vagões.

4.1.1.1 MAPA DO FLUXO DE VALOR (MFV)

Através do Mapa do Fluxo de Valor (MFV) foi desenhado o estado futuro com as propostas de melhorias:

Figura 14 - Mapa do Fluxo de Valor do Estado Futuro



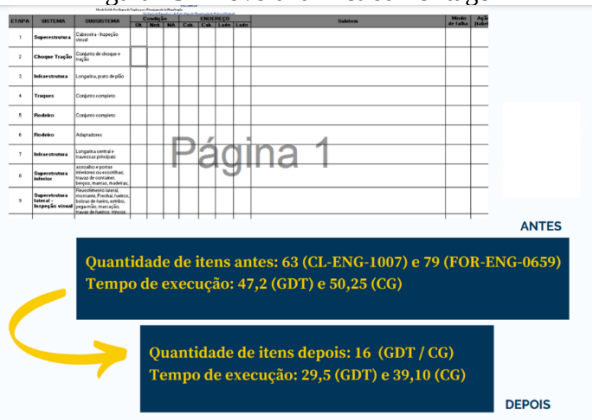
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Com o novo fluxo, houve uma redução de 2,8 horas do *Lead Time*, e um aumento de 10% de “Correto e Completo” (CC) – índice que mede a taxa de retrabalho presente no processo, quanto maior esse índice, menor é o retrabalho.

4.1.1.2 ELABORAÇÃO DE UM NOVO *CHECK-LIST* DE PERITAGEM

Foi elaborado um novo *check-list* de peritagem: os colaboradores da oficina revisaram o *check-list* da Engenharia e criaram um modelo mais apropriado para a realidade da oficina, conforme Figura 15:

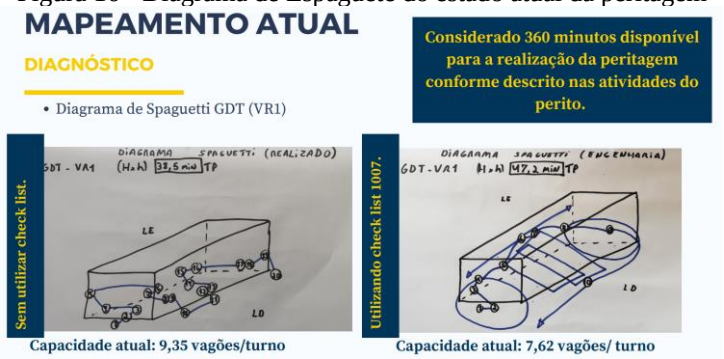
Figura 15 - Novo *chek-list* da Peritagem



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

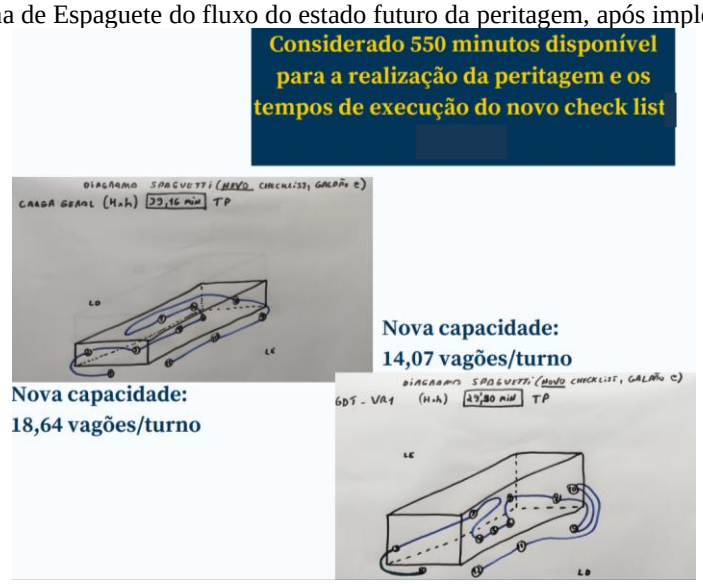
Com a implantação do novo *check-list*, houve redução de 37,5% no tempo de execução de peritagem dos vagões GDT (vagões destinados ao carregamento de minério), sendo reduzidos 17,7 minutos; e redução de 22,3% no tempo de execução de peritagem dos vagões Carga Geral (vagões destinados ao carregamento de contêineres, agrícolas etc), sendo reduzidos 11,2 minutos. Houve também aumento de capacidade; com isso, a oficina passa a conseguir realizar peritagens de mais vagões, sendo um aumento de 6,91vagões GDT/Turno e 9,29 vagões CG/Turno.

Figura 16 - Diagrama de Espaguete do estado atual da peritagem



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

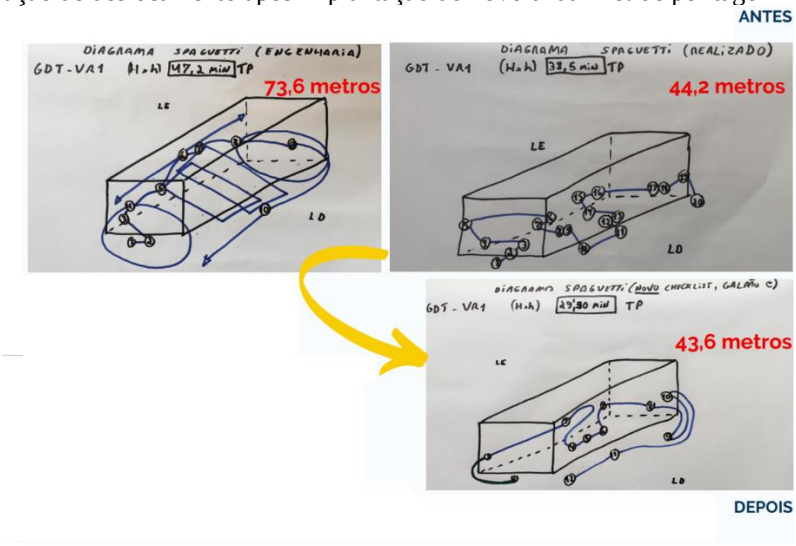
Figura 17 - Diagrama de Espaguete do fluxo do estado futuro da peritagem, após implementadas melhorias



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Além da redução do tempo da peritagem, e do aumento da capacidade, o novo fluxo proporcionou também redução do deslocamento. Para os vagões GDT, houve redução da movimentação do perito, redução do número de cruzamentos, redução do número de vezes que o perito abaixa e levanta; em distância percorrida a redução foi de 30 metros de deslocamento por vagão considerando o *check-list* da Engenharia. Houve, portanto, uma redução considerável de deslocamento, conforme exemplificado abaixo:

Figura 18 - Redução de deslocamento após implantação do novo *check-list* de peritagem nos vagões GDT

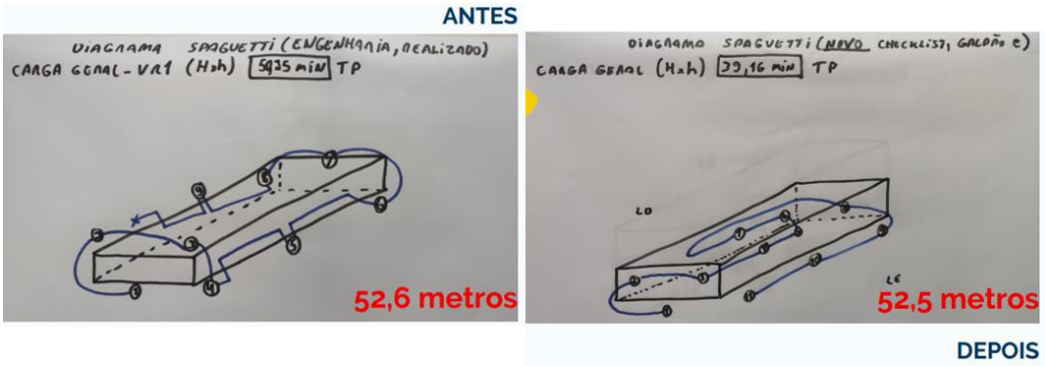


Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Já para os vagões de Carga Geral, houve redução do número de vezes que o perito entra e sai debaixo do vagão, melhorando a ergonomia, e reduzindo o número de cruzamentos.

Em distância percorrida, a redução foi de apenas 0,1 metros, com isso, não houve redução significativa de deslocamento, conforme exemplificado abaixo:

Figura 19 - Redução de deslocamento após implantação do novo *check-list* de peritagem nos vagões CG



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

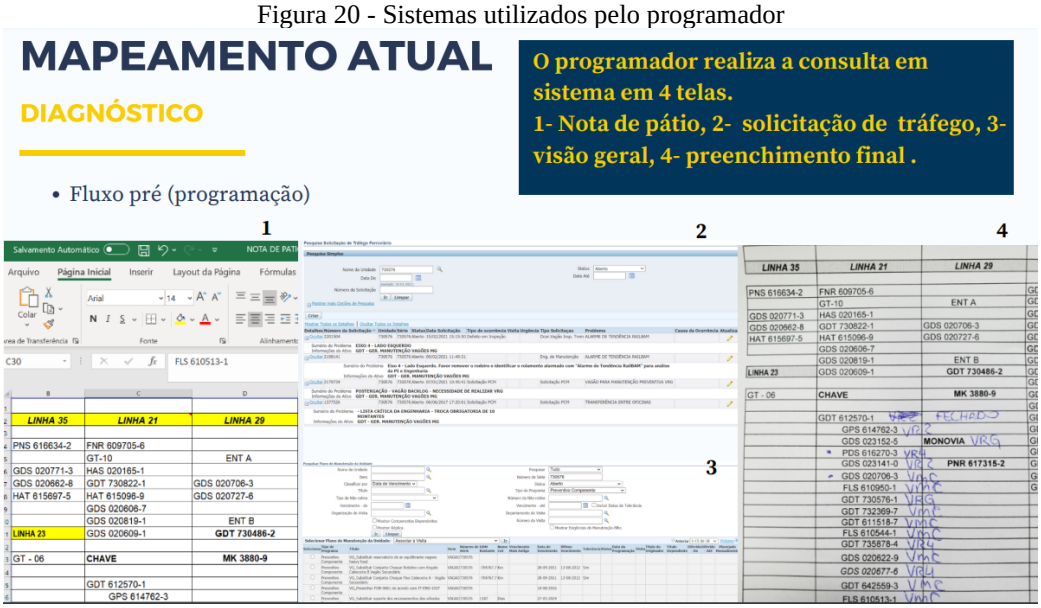
Durante o processo de simulação de peritagem para implantação do novo *check-list* realizado, perceberam-se ganhos qualitativos, além dos quantitativos já citados, são eles: melhor ergonomia do colaborador, redução de interferências devido a intempéries, redução do risco operacional, maior confiabilidade da peritagem, redução do tempo de execução e inclusão do processo de medição do vagão durante a peritagem (~4 minutos).

A peritagem é realizada apenas por um colaborador por vagão; caso fosse realizada por mais colaboradores, seria aplicável o *Heijunka* para balancear a atividade entre os colaboradores.

4.1.1.3 ELABORAÇÃO DE UM CONTROLE PARA FACILITAR CONSULTA DOS VAGÕES PELO PROGRAMADOR

O processo mapeado do programador necessitava a utilização de 4 sistemas diferentes: nota de pátio, solicitação de tráfego, visão geral e preenchimento final. O programador é quem seleciona os vagões que entrarão na oficina e programa o dia-a-dia da oficina, com a escolha de quais vagões podem ser manutenidos.

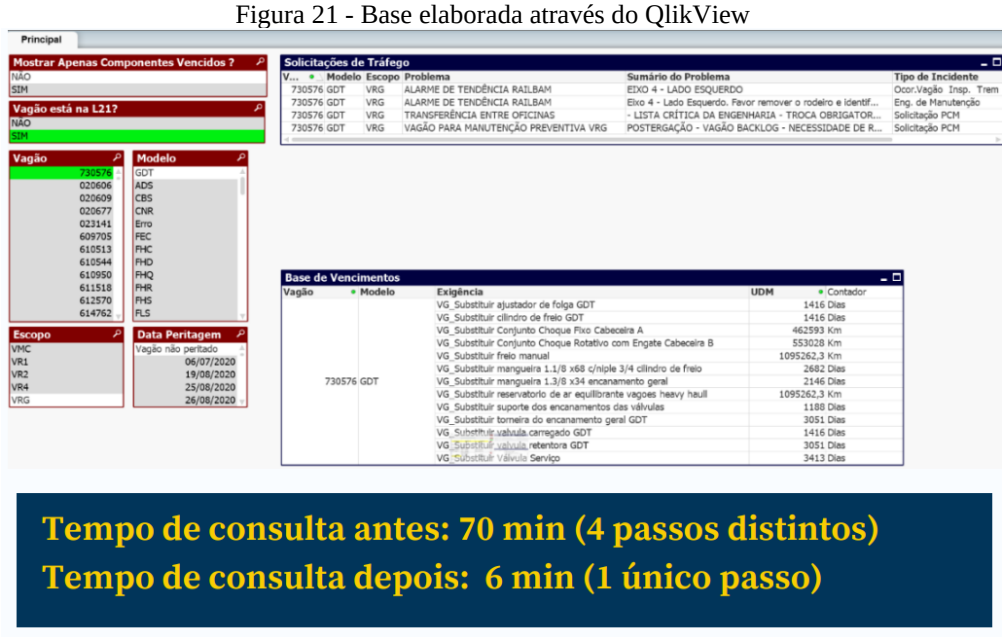
Figura 20 - Sistemas utilizados pelo programador



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Com o controle no QlikView, que é uma ferramenta de *Business Intelligence*, seria possível unir todos os sistemas em uma única base de dados, facilitando e reduzindo o tempo de consulta de informações pelo programador; a redução no tempo de consulta foi de 92%, sendo reduzido de 70 para 6 minutos, e sendo necessário um único sistema.

Figura 21 - Base elaborada através do QlikView



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

4.1.1.4 ELABORAR KPI “RETENÇÃO X VAGÕES PERITADOS”

Foi elaborado também no QlikView um controle do KPI de vagões retidos na fila x aqueles que já foram peritados. Os objetivos de haver esse KPI são: evidenciar o percentual de vagões peritados nos pátios; auxiliar na redução dos vagões retidos e não-peritados; garantir agilidade no processo de direcionamento dos vagões; visualização dos vagões retidos pela ordem de chegada, para garantir que o primeiro que entra seja o primeiro que sai (FIFO) e escopo de manutenção de cada um dos vagões.

Após a implantação do KPI, o percentual de vagões peritados aumentou de 55% para 76,5%, representando um aumento de 39%.

4.1.1.5 DEFINIR E TESTAR KIT DE FERRAMENTAS

Antes o perito utilizava apenas uma lanterna e uma escova de aço; caso surgisse alguma dúvida, seria necessário ir à oficina buscar a ferramenta necessária. Foi definido, portanto, um kit de ferramentas e instrumentos para realização da peritagem; os grandes benefícios desse kit são: a redução de deslocamentos desnecessários e maior confiabilidade da peritagem.

Figura 22 - Kit de ferramenta para peritagem

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

4.1.1.6 REVISAR POP PARA PERITAGEM

Foi revisado o Procedimento Operacional Padrão (POP) para peritagem. Foi inserido o uso do novo formulário para peritagem na Oficina do Rio de Janeiro; inserida a obrigatoriedade de medição das chapas anteriormente ao processo de planejamento; inseridas as responsabilidades da equipe de programação e peritos; inserida a necessidade do seguimento do *check-list* da engenharia no fluxo do processo de manutenção e liberação final dos vagões.

4.1.1.7 RESULTADOS EM NÚMEROS

Os resultados obtidos com a Semana *Kaizen* foram:

- Aumento do tempo disponível para peritagem em 52,8% (de 360 para 550 minutos);
- Redução do tempo de peritagem de vagões CG em 22% (de 50,25 para 39,10 minutos);
- Redução do tempo de peritagem de vagões GDT em 38% (de 47,2 para 29,5 minutos);
- Redução do tempo de consulta de dados pré-peritagem, aumento do tempo disponível do programador em 91% (de 70 para 6 minutos);
- Redução do *lead time* do processo de peritagem em 11% (de 25 horas e 54 minutos para 23 horas e 6 minutos);
- Aumento da capacidade de peritagem de vagões GDT e CG em 93% (de 16,97 vagões para 32,71 vagões);
- Aumento do percentual dos vagões peritados em 39% (de 55% para 76,5%); além da criação de 1 novo *check-list* e revisão de 1 POP.

4.1.2 REFLEXO NOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA OFICINA

O trabalho desenvolvido na Semana *Kaizen* foi refletido também nos indicadores de produtividade da oficina, conforme consta nas tabelas abaixo:

Tabela 1 - Aderência mensal do Giro Normalizado por HeadCount

Departamento	Ano.Mês	jan/2021	fev/2021	mar/2021	abr/2021	mai/2021	jun/2021	jul/2021	ago/2021	set/2021	out/2021	nov/2021	dez/2021	jan/2022	fev/2022	mar/2022	abr/2022	mai/2022	jun/2022
Oficina RJ	Giro PE	9,14	7,34	8,65	6,84	8,57	6,45	7,32	7,19	7,30	7,49	7,34	7,04	6,11	5,89	6,31	7,26	8,01	7,99
Oficina RJ	Giro Real	8,15	6,59	7,85	7,24	7,78	8,49	7,54	6,96	7,44	8,07	7,94	6,98	7,03	6,36	6,24	7,06	8,32	8,06
Oficina RJ	Aderência	89,17%	89,76%	90,78%	105,97%	90,79%	131,61%	103,05%	96,78%	101,88%	107,69%	108,21%	99,09%	115,13%	108,07%	98,92%	97,23%	103,93%	100,79%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Já no primeiro trimestre posterior à realização do *Kaizen*, se compararmos aos três primeiros meses de 2021, houve um aumento de cerca de 20% na aderência mensal do Giro Normalizado por *HeadCount*; é possível ver que o processo está estável até os meses atuais, considerando um aumento na aderência mensal de cerca de 15%, se comparado ao indicador dos meses iniciais de 2021.

Tabela 2 - Média histórica de aderência ao Giro Normalizado por *HeadCount*

Média jan/21 a mar/21	Média abr/21 a jun/21	Média abr/21 a jun/22	Média abr/21 a dez/21	Média 2022
89,90%	109,45%	104,61%	105,01%	104,01%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Em relação à Eficiência Hxh, também se identifica melhorias nos resultados, conforme exposto na Tabela 3, que apresenta a aderência mensal do indicador:

Tabela 3 - Aderência mensal de Eficiência de Hxh

Departamento	Ano.Mês	jan/2021	fev/2021	mar/2021	abr/2021	mai/2021	jun/2021	jul/2021	ago/2021	set/2021	out/2021	nov/2021	dez/2021	jan/2022	fev/2022	mar/2022	abr/2022	mai/2022	jun/2022
Oficina RJ	Ader. Perf.	101,94%	85,12%	92,11%	90,77%	93,34%	106,46%	111,24%	100,46%	99,39%	108,56%	105,83%	109,71%	100,89%	100,47%	96,13%	101,19%	118,49%	107,78%
Oficina RJ	Ader. Util.	94,77%	93,52%	96,42%	112,42%	100,35%	101,21%	100,29%	98,90%	102,05%	112,23%	97,65%	95,34%	94,83%	101,53%	107,18%	92,55%	96,28%	96,49%
Oficina RJ	Ader. Efic.	96,61%	79,60%	88,81%	102,04%	93,66%	107,74%	111,56%	99,35%	101,42%	121,84%	103,35%	104,59%	95,68%	102,02%	103,03%	93,65%	114,08%	104,00%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Logo após a realização do *Kaizen*, que ocorreu em fevereiro de 2021, já a partir de abril, a oficina passou a atingir o alvo da Eficiência Hxh recorrentemente. É possível ver que o processo, apesar de apresentar variação, está estável até os meses atuais, considerando um aumento na aderência mensal de cerca de 13%, se comparado ao indicador dos meses iniciais de 2021.

Tabela 4 - Média histórica de aderência à Eficiência Hxh

Média jan/21 a mar/21	Média abr/21 a jun/21	Média abr/21 a jun/22	Média abr/21 a dez/21	Média 2022
88,34%	101,15%	103,87%	105,06%	102,08%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi possível capturar diversos ganhos no processo, sobretudo devido ao nível de aprofundamento da etapa do diagnóstico, quando foi identificada a causa raiz, que era a falta de padronização da peritagem, gerando movimentações e atividades desnecessárias. Com isso, ao ser estabelecido um novo *check-list*, houve diversos ganhos quantitativos no processo, como se observa nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Ganhos quantitativos na execução da peritagem

Ganhos quantitativos na execução da peritagem				
	Aumento do tempo disponível para peritagem (h/Turno)	Redução do tempo de peritagem de vagões CG	Redução do tempo de peritagem de vagões GDT	Lead Time da peritagem
Tempo anterior	360	50,25	47,2	25,9
Tempo após melhorias	550	39,1	29,5	23,1
Ganho (h)	190	-11,15	-17,7	-2,8
Ganho (%)	**52,8%**	**-22,2%**	**-37,5%**	**-10,8%**

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Tabela 6 - Ganhos quantitativos na capacidade de peritagem

Ganhos quantitativos na capacidade de peritagem por turno				
	Capacidade de peritagem de vagões GDT / Turno	Capacidade de peritagem de vagões CG / Turno	Capacidade de peritagem de vagões	% de Vagões Peritados
Quantidade anterior	9,35	7,62	16,97	55%
Quantidade após melhorias	14,07	18,64	32,71	76,50%
Ganho (h)	4,72	11,02	15,74	21,50%
Ganho (%)	**50,5%**	**144,6%**	**92,8%**	**39,1%**

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Após a elaboração do controle para consulta do Programador, houve ganho expressivo na redução do tempo de consulta de vagões, havendo uma redução no tempo de consulta de 91,4%, o que melhorará a rotina e proporcionará o foco em outras demandas que sejam necessárias.

Tabela 7 - Ganhos quantitativos na atividade do Programador

Ganhos quantitativos na atividade do Programador	
	Tempo de consulta de dados pré-peritagem
Tempo anterior	70
Tempo após melhorias	6
Ganho (min)	-64
Ganho (%)	**-91,4%**

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Além dos ganhos trazidos para os processos de peritagem, houve ganhos também nos indicadores de produtividade. A Utilização aumentou 3,4%, se compararmos a média mensal dos três primeiros meses de 2021 (antes de realizar o *Kaizen*); o que significa que a peritagem auxilia na melhor distribuição das ordens de serviço, proporcionando uma melhor utilização da mão-de-obra. A *Performance* teve um aumento de 11,9%; esse indicador, como mede a aderência da execução das atividades de manutenção em relação ao tempo padrão, não tem

benefício direto relacionado à execução da peritagem, mostrando que o benefício foi além do *Kaizen* em si, apenas por haver uma melhor gestão sobre os processos da oficina. Como a Eficiência Hxh é a multiplicação da Utilização pela *Performance*, o resultado consequentemente também aumentou.

Já em relação ao indicador de Giro Normalizado por *HeadCount*, o resultado também foi alavancado após o *Kaizen*; uma vez que uma melhor programação do dia-a-dia da oficina, aliada a uma melhor distribuição da mão-de-obra resulta em uma maior liberação de ativos.

Tabela 8 - Ganhos quantitativos nos indicadores de produtividade

Ganhos quantitativos nos indicadores de produtividade				
	Utilização	Performance	Eficiência Hxh	Giro Normalizado por *HeadCount*
Resultado anterior	94,90%	93,05%	88,34%	90%
Resultado após melhorias	98,15%	104,16%	102,08%	104%
Aumento	3,24%	11,11%	14%	14%
Ganho %	**3,4%**	**11,9%**	**15,6%**	**15,7%**

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Além dos ganhos quantitativos, ocorreram também ganhos qualitativos. Os mesmos foram organizados na tabela 9, onde foram sinalizados os tipos de ganhos capturados em cada ação implantada.

Tabela 9 - Ganhos qualitativos por tipos

	Tipos de ganhos qualitativos				
Ganhos qualitativos	Melhor gestão do processo	Melhora da Ergonomia	Redução da Movimentação	Redução de Risco Operacional	Maior Confiabilidade
Novo *check-list*		X	X	X	X
Controle de consulta do programador	X				
Elaboração de KPI Retenção x Peritados	X				
Kit de Ferramentas			X		X
Revisar POP	X			X	X

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Conforme já exposto, a realização de *Kaizen's* é parte do Plano de Cultura *Lean* elaborado. Os ganhos com os *Kaizen's* têm sido diversos, em várias oficinas e processos diversificados. Além deles, há os ganhos da implantação do Plano de Cultura em si.

O treinamento da Academia *Lean* foi atribuído para 2.769 colaboradores da DEM; destes, 2.391 já concluíram os 3 módulos, 178 concluíram pelo menos um dos módulos e apenas 200 ainda não iniciaram, tendo uma aderência de 92,8% quanto ao objetivo de disseminar conceitos da cultura *Lean* para todos os colaboradores da diretoria.

Figura 23 - Report de Acompanhamento do Treinamento de Academia *Lean* da DEM, enviado quinzenalmente aos gestores.

DEM	Atribuídos		Não Iniciado		Em Andamento		Concluído	
Área	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%
DEM	2769	100%	200	7,2%	178	6,4%	2391	86,3%
GG DE MANUT. DE LOCOS	766	100,0%	10	1,3%	8	1,0%	748	97,7%
GG DE INFRAESTRUTURA	67	100,0%	5	7,5%	3	4,5%	59	88,1%
GG DE ENGENHARIA DA MANUT.	140	100,0%	21	15,0%	16	11,4%	103	73,6%
GG DE MALHA FERROVIARIA	821	100,0%	126	15,3%	112	13,6%	583	71,0%
GG DE MANUT. DE VAGOES	879	100,0%	24	2,7%	18	2,0%	837	95,2%
GG PLAN. E CONT. DA MANUT.	96	100,0%	14	14,6%	21	21,9%	61	63,5%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Em relação aos treinamentos realizados pela GEI com os agentes de mudança, coordenadores e gerentes, foram elaborados 3 módulos: Básico I, Básico II e Intermediário I, e os colaboradores foram distribuídos em várias turmas ao longo de semanas de realização. O módulo Básico I teve 21 turmas, 347 pessoas foram relacionadas para o treinamento e todas participaram, obtendo aderência de 100%; O módulo Básico II teve 14 turmas, 214 pessoas foram relacionadas para o treinamento e todas participaram, obtendo aderência de 100%; enquanto que o módulo Intermediário I teve 14 turmas, 214 pessoas foram relacionadas e 189 participaram, havendo uma aderência de 88,3%; os demais colaboradores não conseguiram participar devido a férias, afastamento ou incompatibilidade de agenda, e para eles, haverá uma turma de repescagem.

Figura 24 - Controle da aderência aos cursos oferecidos pela GEI

		Módulo I			Módulo II			Módulo Intermediário I		
Macroárea	Descrição	Total	Concluído	%	Total	Concluído	%	Total	Concluído	%
Gerência Geral	GER. GERAL DE MALHA FERROVIARIA	151	151	100%	94	94	100%	94	82	87%
Gerência Geral	GER. GERAL DE MANUT. DE VAGOES	89	89	100%	57	57	100%	57	56	98%
Gerência Geral	GER. GERAL DE MANUT. DE LOCOS	78	78	100%	51	51	100%	51	45	88%
Gerência Geral	GMEV	25	25	100%	8	8	100%	8	2	25%
Gerência Geral	GER. GERAL PLAN. E CONT. DA MANUT.	4	4	100%	4	4	100%	4	4	100%

Módulo I			
	Meta	Real	%
Total	347	347	100,0%

Módulo II			
	Meta	Real	%
Total	214	214	100,0%

Módulo Intermediário I			
	Meta	Real	%
Total	214	189	88,3%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Os demais módulos relacionados para capacitar os colaboradores no Plano de Cultura estão previstos de serem oferecidos pelo Programa de Desenvolvimento da área de Recursos Humanos da companhia e serão ministrados por empresas especializadas nos temas em questão. Os módulos que ainda serão oferecidos são os seguintes:

Intermediário II – tem como tema as ferramentas para solução de problemas e abordará ferramentas como: FMDS, A5, *Gemba Walk*;

Avançado I tratará as ferramentas ágeis – *Scrum*, Metodologia Ágil e *Design Thinking;*

Avançado II será uma capacitação em *Green Belt*, certificação mais conhecida do *Lean Six Sigma*; esse curso será exclusivo para os agentes de mudança.

Considerando todas as localidades onde a GEI atua hoje, temos 57 coordenações, se contabilizarmos oficinas de locomotivas, vagões, de produção industrial (responsável pela recuperação de componentes), coordenação de manutenções da malha ferroviária (incluindo via permanente e eletroeletrônica), atendimento externo, equipamentos de via e operação de via. Terão de ser realizados 114 *Kaizen's* no total. Até junho de 2022 foram realizados 51 assistidos e 16 autônomos; totalizando 77 *Kaizen's*, havendo uma aderência de 67,5%. Todos os demais *Kaizen's* deverão ser realizados até o final do ano, caso contrário, as oficinas serão prejudicadas no seu farol de metas do ano.

4.3 PONTOS DE MELHORIAS IDENTIFICADOS

Apesar do trabalho que vem sendo desenvolvido ter como principal objetivo a difusão do Pensamento Enxuto, através de capacitação e aplicação prática de ferramentas que compõem a metodologia do *Lean Manufacturing*, os membros da GEI, tanto o coordenador da área, como os especialistas, percebem alguns pontos de melhoria a fim de que haja maior geração de valor nos *Kaizen's* que vêm sendo realizados, são eles:

- Ao iniciar os *Kaizen's*, apesar da grande maioria já ter realizado os treinamentos oferecidos de forma *online*, algumas pessoas não conhecem a metodologia, sendo demandado mais tempo de treinamento, o que deve ser planejado previamente, para que não impacte as demais etapas.
- É necessário quebrar paradigmas: muitas vezes os próprios colaboradores têm resistência em mudar algum processo, seja por ele ser feito há muito tempo de uma certa maneira e por isso não acreditarem que pode melhorar, ou até mesmo por receio de gerar demissões, uma vez que o processo passará a ser mais enxuto. Por isso, é necessário muito tato, principalmente com os colaboradores operacionais, mostrando que o objetivo é, na maioria das vezes, utilizar a mão-de-obra da melhor forma e não gerar desligamentos. Por isso, é crucial que o líder do *Kaizen* direcione corretamente a equipe e seus anseios, até para que as discussões sejam relevantes para o processo.
- A alta rotatividade de gestores pode prejudicar a continuidade do trabalho e planos de ação anteriormente mapeados. A oficina em que o estudo foi realizado, por exemplo, trocou de gerente e coordenador em 2021, quando percebeu-se uma queda nos resultados de produtividade da oficina.

- A gestão deve estar envolvida, tanto tendo o conhecimento do Plano de Cultura *Lean*, que quando foi elaborado, teve a aprovação de todos os gestores, quanto na realização em si do *Kaizen* em sua oficina. É importante que participe pelo menos o coordenador; o ideal é que se possível, participe o gerente da oficina também, o que não costuma acontecer, devido à prioridade com outras demandas.
- Durante a realização da Semana *Kaizen*, algumas localidades colocam na equipe colaboradores de cargos administrativos, estagiários, que não são interfaces do processo diretamente; os estagiários inclusive têm jornadas de trabalho mais curtas, não conseguindo acompanhar todo o trabalho desenvolvido, além de muitas vezes saírem da empresa em até 2 anos, tempo limite previsto na Lei do Estágio.
- Alguns processos que são temas de *Kaizen* dependem do envolvimento de fornecedores externos e, às vezes, os mesmos não têm disponibilidade, ou até mesmo interesse em participar; quando participam, raramente conseguem acompanhar toda a semana, o que acaba prejudicando na assertividade de algumas ações.
- A etapa de padronização, após o processo redesenhado, nem sempre recebe a importância de que necessita, podendo haver retrocessos depois de concluído o trabalho.
- E o último ponto é o risco de não realizar algumas das ações propostas, que é um risco sempre presente, seja por imprevistos, baixo envolvimento da equipe, ou outros fatores. Não realizar alguma das ações pré-estabelecidas pode prejudicar a captura de ganhos.

4.3.1 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

O presente estudo, assim como os outros três estudos de caso mencionados no capítulo 2, conseguiram alcançar os objetivos, solucionando os problemas através de ferramentas que compõem o *Lean Manufacturing*.

As ferramentas utilizadas foram semelhantes, tanto o presente estudo como o 1 e 3, utilizaram *Brainstorming*, para priorizar as ações que os clientes do processo sugeririam. A semelhança com o estudo 2 foi não haver um ganho significativo no indicador de *Performance*, mas sim na utilização da mão-de-obra; além da dificuldade encontrada devido à falta de

conhecimento prévio a respeito da metodologia *Lean* por parte de alguns colaboradores, principalmente os operacionais, ressaltando a importância de haver um plano de desenvolvimento de capacitação.

E em todos os estudos foram sugeridos indicadores de controle, para que haja acompanhamento do processo redesenhado e assim, ocorra um melhor controle propiciando novos estudos, para que sejam realizados estudos de melhoria continuamente, sempre em busca da perfeição, conforme um dos princípios do *Lean* menciona.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentado pode concluir que a aplicação da filosofia *Lean* com as ferramentas de Mapeamento de Fluxo de Valor, Diagrama de Espaguete e *Kaizen*, visando à diminuição dos oito desperdícios, é funcional para uma oficina de vagões, bem como já exposto por Cruz (2013), o *Lean* gera resultados se aplicado não só no setor automobilístico, se corretamente utilizado e com envolvimento dos colaboradores, uma vez que os resultados obtidos com o estudo de caso foram positivos, gerando ganhos quantitativos e qualitativos para o processo de peritagem de vagões.

O projeto, que teve como principal ferramenta a aplicação do *Kaizen*, mostrou-se efetivo e replicável para oficinas de manutenção de ativos ferroviários com estrutura semelhante, visto que outros estudos de caso aplicados no setor ferroviário, comprovam a eficácia da implantação da metodologia *Lean* e ratificam a importância de estudar e aplicar o tema. Em relação aos estudo presentes na literatura, os ganhos foram: aumento de produtividade, disseminação de conhecimento da metodologia, aumento da utilização da mão-de-obra, redução do *lead time*, padronização de processos e implantação de um novo modelo operacional.

Enquanto que no caso do *Kaizen* da oficina de vagões, objeto do presente estudo, os principais ganhos obtidos foram: redução do tempo de execução da peritagem, menor movimentação dos trabalhadores, programação mais assertiva da oficina, aumento nos indicadores de produtividade e atividade padronizada.

A Semana *Kaizen* estudada compõe uma das iniciativas do Plano de Cultura *Lean*, que é disseminar a metodologia *Lean* a todos os colaboradores da DEM; com a meta da realização dos *Kaizen's*, é perceptível o envolvimento dos colaboradores e o alto número de colaboradores já capacitados revela que o Plano vem cumprindo seus objetivos.

As recomendações propostas para o Plano de Cultura *Lean* são: após a conclusão de todos os *Kaizen's* planejados, analisar o grau de maturidade e padronização de todos os processos implantados, a difusão da filosofia nas oficinas para que, de posse dessas informações, seja possível analisar se serão desenvolvidos projetos com outras áreas de interfaces como fornecedores, ou outras áreas da DEM, como os setores administrativos por exemplo, ratificando a importância da metodologia e da busca de implantar a melhoria contínua uma vez que pode vir a auxiliar ainda mais com o aumento de produtividade do sistema.

O presente estudo contribuiu para a área de estudo da Engenharia de Produção, ao acrescentar registros científicos de uma metodologia que permite aumentar a produtividade e,

consequentemente, a competitividade das organizações. Outro fator relevante é a diversidade de estudos já existentes relacionados à melhoria contínua em diversos processos do setor ferroviário.

REFERÊNCIAS

CLETO, M; OLIVEIRA, C. **Modelo de integração de três filosofias de gestão: aplicação em uma oficina ferroviárias.** IX Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, 2018.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações – manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2004.

CRUZ, N. M. **Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Minho, Braga, 2013

DELPHI. **Manufacturing academy I: US operations**. Saginaw, 2003.

DIAS, E.; SERRA, M.; LIMA, E. **Desperdícios na manutenção ferroviária: perdas por esperas no terminal ferroviário de Ponta da Madeira em São Luís, Maranhão.** Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 21, n. 3, p. 654-679, 2021

GALLARDO, C. A. **Princípios e ferramentas do lean thinking na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

GOVERNO Federal fecha mês histórico com quase R$ 92 bilhões em investimentos em ferrovias. **Ministério da Infraestrutura**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2021/10/governo-federal-fecha-mes-historico-com-quase-r-92-bilhoes-em-investimentos-em-ferrovias>.
Acesso em: 15 de dez. de 2021.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: estratégias e técnicas do kaizen do piso de fábrica**, São Paulo. IMAN, 1996.

INFORMAÇÕES Gerais. **Associação Nacional dos Transportadores Ferroviário**, 2021. Disponível em: <https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>
Acesso em: 15 de dez. de 2021.

INVESTIMENTO na infraestrutura ferroviária resulta em aumento da carga transportada por trens. **Ministério da Infraestrutura**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2021/7/investimento-na-infraestrutura-ferroviaria-resulta-em-aumento-da-carga-transportada-por-trens>.
Acesso em: 12 de dez. de 2021.

JÚNIOR, G. **Aplicação da metologia Lean Six Sigma na operação de uma concessionária ferroviária**. Monografia (Graduação) – Rede de Ensino Doctum – Unid. Zona Norte, Juiz de Fora, 2020.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PATERSON, J. **Lean Auditing: Driving Added Value and Efficiency in Internal Audit**. Reino Unido: Wiley, 2015.

PERIN, P. **Metodologia de padronização de uma célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2005.

RESENDE, F. **Metodologia para desenvolvimento de um conceito de capô automotivo de aço através do Design for Six Sigma**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Feral de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2018.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. 1 ed. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute, 2003.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1996a.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção com Estoque Zero: o Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1996b.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e Elaboração da Dissertação**.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota production system**. Havard Business Review, Boston, v77, n.5, p.97-106, Sept./Oct, 1999.

TAVARES, P.R. **Logística Lean: Aplicando as ferramentas lean na cadeia de suprimentos para gestão e geração de valor**. Maringá: MAG Editora, 2017.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 1. ed. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 16 de Agosto de 2022.

Íris Berno da Silva — NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201449065 — Matrícula

Íris Berno da Silva — ASSINATURA

082627656 30 — CPF

[1] LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

Digitalizado com CamScanner