

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E ECONOMIA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

LUCINEI HERNACHI

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* PARA REDUÇÃO  
DE PERDAS EM UM POSTO DE PREPARAÇÃO PARA PINTURA DE MÁQUINAS  
ELÉTRICAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2020

LUCINEI HERNACHI

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM UM POSTO DE PREPARAÇÃO PARA PINTURA DE MÁQUINAS ELÉTRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção.

Orientador: Dr. Tiago Rodrigues Weller

CURITIBA

2020

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM UM POSTO DE PREPARAÇÃO PARA PINTURA DE MÁQUINAS ELÉTRICAS**

Esta monografia foi apresentada no dia 30 de outubro de 2020, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato Lucinei Hernachi apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Dr. Tiago Rodrigues Weller  
Orientador

---

Msc. Sérgio Zagonel  
Banca

---

Msc. Egon Bianchini Calderari  
Banca

---

Dra. Luciana Vieira de Lima  
Banca

Visto da coordenação:

---

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

*Dedico este trabalho especialmente à minha esposa e filho, Rosangela e Guilherme, que me motivam todos os dias a perseguir meus sonhos e que compreenderam as horas que eu estive ausente. À minha mãe, Izabel que sempre lutou incansavelmente para me proporcionar acesso à educação e sempre acreditou em mim.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos colegas do grupo de trabalho que me auxiliaram e se empenharam para que este trabalho fosse realizado.

Ao Professor Dr. Tiago Rodrigues Weller que foi meu orientador neste trabalho e trouxe grande contribuição sobre os temas aqui abordados, apoiando, incentivando e fortalecendo meu aprendizado.

À WEG ENERGIA na pessoa dos meus superiores por me proporcionaram esta oportunidade de especialização.

Um agradecimento especial aos amigos que fiz no curso e vou levar para a vida, que fizeram parte dessa trajetória, dividindo momentos de descontração, estudos, discussões e experiências.

Agradeço aos professores do curso de especialização em Engenharia da Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela dedicação e honrosa contribuição durante o curso.

Muito obrigado!

*Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem.*

*Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.*

*Walter S. Landor*

## RESUMO

HERNACHI, Lucinei. **Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing para redução de perdas em um posto de preparação para pintura de máquinas elétricas.** 2020. 45 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

A busca contínua pela redução de custos produtivos tem sido o foco da maioria das empresas que pretendem aumentar sua competitividade. A melhoria contínua está presente nas organizações através das mais variadas ferramentas de gestão e tem hoje um papel estratégico para as grandes empresas. A aplicação de métodos para redução de perdas e desperdícios, otimização de recursos e eliminação de atividades desnecessárias têm trazido ganhos significativos de produtividade e valores financeiros para as empresas. A abordagem *Lean Manufacturing* se apresenta como uma destas ferramentas de gestão que tem como objetivo principal criar valor, eliminando desperdícios e criar na empresa uma cultura de melhoria contínua orientada para o cliente. Este projeto de pesquisa-ação foi realizado com objetivo de aplicar ferramentas e conceitos do *Lean Manufacturing* buscando eliminar atividades que não agregam valor e aumentar a produtividade de um posto de trabalho de preparação para a pintura de máquinas elétricas de uma grande empresa situada no norte de Santa Catarina. Com estas ações desenvolvidas e testadas no posto de trabalho foi possível propor algumas mudanças nos métodos atuais utilizados no posto tais como: ganhos em padronização nas atividades de preparação e pintura, eliminação das atividades que não agregam valor, redução de tempos de espera, redução de movimentações com ponte rolante e redução de movimentações de pessoas. A aplicação dos novos métodos de preparação para a pintura na linha de produto estudada aponta para um aumento de produtividade de 7% passando de 60% para 67% no posto de trabalho e um benefício financeiro anual de aproximadamente R\$ 51.375,00. Com isso o resultado da pesquisa foi considerado satisfatório sendo perfeitamente factível a sua aplicação. Por se tratar de uma pesquisa-ação destaca-se a importância e o envolvimento das pessoas para o êxito do estudo.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing*. Perdas. Pintura.

## ABSTRACT

HERNACHI, Lucinei. **Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing para redução de perdas em um posto de preparação para pintura de máquinas elétricas**. 2020. 45 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

The continuous pursuit for cost reduction in productive process has been the focus of most companies that manage to increase their competitiveness. The continuous improvement has been used in the corporations through several management tools and nowadays has a strategic role for the big corporations. The application of tools for losses and waste, resources optimization and non-value-adding activities has brought some significant gains in productivity and financial amounts to the companies. The Lean Manufacturing approach present itself as one of these management tools whose core objective is to create value, cutting the wastes in order to involve the company in a customer-orientated continuous improvement culture. This research-project was carried out with the objective to apply concepts and Lean Manufacturing tools, in order to improve the productivity and eliminate non-value-adding activities in a painting shop workstation for electrical machines in a big company in the north of the state of Santa Catarina (BR). With these actions developed and tested in the workplace, it was possible to propose any changes in the current methods used in this workplace and after observing the gains in standardization in the preparation and painting activities, elimination of activities that do not add value, reduction of waiting times, reduction of movements with overhead crane and reduced people movements. The application of these new method in the preparation of the workstation points to an increase of productivity of 7%, going from 60% to 67% in the workplace and an annual financial benefit of approximately R\$ 51.375,00. With all these, the result of the research was considered satisfactory and it's application is perfectly doable. As it is a researching-action, it highlights the need and involvement of people for the success of the study.

**Keywords:** *Lean Manufacturing*. Losses. Painting.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conceito dos 3M's.....	15
Figura 2: Pilares do Sistema Toyota de Produção.....	16
Figura 3: Princípios da filosofia <i>Lean Manufacturing</i> .....	17
Figura 4: Os oito desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i> .....	18
Figura 5: Diferença entre abordagem tradicional e Produção Enxuta.....	20
Figura 6: Símbolos do Mapa de Fluxo de Valor.....	21
Figura 7: Modelo de Mapa de Fluxo de Valor.....	22
Figura 8: Guarda chuva do <i>KAIZEN</i> .....	24
Figura 09 - Etapas da Pesquisa-ação.....	26
Figura 10 - Exemplo de motor de indução.....	28
Figura 11 - <i>Layout</i> Seção de Acabamento.....	29
Figura 12 - Exemplo de máquina com trocador de calor desmontado para pintura.....	33
Figura 13 - Exemplo de atenuador desmontado para pintura.....	34
Figura 14 - Exemplo de uma máquina pintada sem desmontar os componentes.....	34

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estruturação da pesquisa-ação e etapas de implantação.....	26
Quadro 2: Atividades de preparação para pintura.....	30
Quadro 3: Atividades decorrentes da desmontagem do trocador de calor.....	32
Quadro 4: Atividades de preparação para pintura – Máquina montada.....	36
Quadro 5: Atividades de pintura da máquina montada.....	37
Quadro 6: Avaliação e inspeção da pintura após desmontagem da máquina.....	38
Quadro 7: Ganho com o processo proposto.....	40

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AV – Atividades que agregam valor.

CD – (*Cost Deployment*) - Desdobramento de custos.

JIT – (*Just in time*) - No tempo certo.

MFV – Mapeamento de fluxo de valor.

NVAA – Atividades que não agregam valor.

NVAA-N – Atividades que não agregam valor, mas são necessárias.

TPS – (*Toyota Production System*) - Sistema Toyota de produção.

WCM – (*World Class Manufacturing*) - Manufatura Classe Mundial.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 O PILAR DESDOBRAMENTO DE CUSTOS.....	14
2.2 <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	14
2.3 PRINCÍPIOS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	16
2.4 OS OITO DESPERDÍCIOS .....	17
2.5 FERRAMENTAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	19
2.5.1 Mapeamento do Fluxo de Valor.....	19
2.5.2 Trabalho padronizado.....	22
2.5.3 <i>Kaizen</i> .....	23
<b>3. PROCECIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 PLANEJAMENTO DA PESQUISA .....	26
3.2 DEFINIÇÃO DA LINHA DE ESTUDO.....	27
<b>4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 LEVANTAMENTO DAS PERDAS PRODUTIVAS NO POSTO DE TRABALHO .	29
4.2 DEFINIR AÇÕES DE MELHORIA PARA AS PERDAS ENCONTRADAS .....	33
4.3 EXECUÇÃO DE TESTES PARA VALIDAÇÃO E REGISTRO.....	35
4.4 COMPARATIVO DO PROCESSO ATUAL COM O PROPOSTO E VERIFICAR OS GANHOS.....	39
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O *Lean Manufacturing* é proveniente no Sistema Toyota de Produção, desenvolvido pela Toyota e, de acordo com Womack; Jones; Roos (1994) é um sistema de produção que visa à eliminação de desperdícios, redução de estoques, melhoria do tempo de ciclo dos processos, incentivando os funcionários a levantarem os problemas e sugerirem melhorias para corrigi-los.

Com base neste conceito foi feito o levantamento de dados no local onde o presente estudo ocorreu, registrando e classificando as atividades como: atividade com valor agregado - VA, atividade sem valor agregado - NVAA e atividade sem valor agregado, porém necessário ao processo - NVAA-N.

Para uma análise mais organizada do processo, utilizou-se a ferramenta *Cost Deployment* da metodologia *World Class Manufacturing* (WCM), chamada de matriz de desdobramento de custos que serve como indicador e aponta as perdas e desperdícios em determinada área ou processo.

A pesquisa foi desenvolvida no posto de preparação para a pintura de máquinas elétricas, de uma empresa metalúrgica do ramo de soluções em energia e os dados foram coletados do período de janeiro a dezembro de 2019. Pretende-se utilizar algumas das ferramentas do *Lean Manufacturing* para buscar a redução de perdas e desperdícios nos processos produtivos deste posto de trabalho.

A metodologia utilizada para realizar esta pesquisa foi a pesquisa-ação. Este método é o mais indicado pelo fato do projeto ser realizado na mesma área de atuação do autor e ser possível utilizar um grupo multifuncional com pessoas que conhecem bem as atividades realizadas no posto de trabalho para buscar a solução do problema.

A pesquisa foi organizada da seguinte forma: O primeiro capítulo traz informações dos propósitos, como: a introdução, o objetivo geral e os específicos e a justificativa, o segundo capítulo apresenta a revisão de algumas ferramentas do *Lean Manufacturing*; o terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada, o quarto capítulo apresenta a análise de resultados; o quinto capítulo mostra os resultados obtidos e, por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões desta monografia.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do estudo é investigar as perdas e desperdícios em atividades que não agregam valor no posto de trabalho e propor melhorias para eliminar estes problemas.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Mapear o processo realizado no posto de preparação para pintura de máquinas;
- b) Analisar as atividades de preparação para a pintura e identificar as atividades que não agregam valor e possíveis desperdícios.
- c) Buscar referências na bibliografia das ferramentas do *Lean Manufacturing* para auxiliar na identificação dos problemas do posto de trabalho;
- d) Propor ações para eliminar as perdas encontradas no posto de trabalho, elaborar uma proposta de modificação do processo atual e submeter às comissões pertinentes da empresa;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela oportunidade de aumentar a eficácia dos sistemas produtivos e buscar a melhoria contínua e redução de desperdícios nos processos de fabricação para atender o crescente aumento de competitividade entre as organizações.

A ferramenta *Cost Deployment* apontou perdas reais de produtividade e no fluxo do processo, perdas de valores consideráveis em operações de desmontagem de componentes para a posterior realização da pintura, isolamento destes componentes para a pintura, remontagem de componentes após a pintura, necessidade de área para alocar componentes após a execução da pintura e inspeções desnecessárias na parte interna de componentes após a realização da pintura. Em avaliações preliminares percebeu-se que na linha de produtos que motivou este estudo existe a possibilidade de realizar a pintura do produto com seus componentes completamente montados. Os valores monetários totais das perdas anuais não serão divulgados neste trabalho por opção questões de confiabilidade.

A pesquisa bibliográfica está sendo realizada para a obtenção de conhecimentos para a fundamentação teórica a partir de estudos de livros e artigos científicos. Através da pesquisa bibliográfica será possível aprofundar o conhecimento de técnicas e ferramentas existentes para permitir comparar com os fenômenos e situações encontradas na pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será desenvolvida fundamentação teórica do trabalho.

### 2.1 O PILAR DESDOBRAMENTO DE CUSTOS

De acordo com o Professor Yamashina (2010), o *World Class Manufacturing* é um sistema de gestão que visa identificar os problemas e quais as perdas estão relacionadas a eles. O *WCM* é baseado em dez pilares técnicos relacionados aos aspectos da produção e estruturam a Manufatura Classe Mundial e tem por objetivo a eliminação de desperdícios e dez pilares gerenciais, que sustentam e apoiam os pilares técnicos para alcançar os resultados. A implementação da metodologia baseia-se em sete passos em cada pilar desde a fase reativa até a fase proativa de cada pilar.

Um dos pilares é o Desdobramento de Custos ou *Cost Deployment* (CD), que consiste em quantificar os custos de perdas e desperdícios, de maneira sistemática, em medidas físicas, por exemplo: kWh, horas, unidades de material e também em unidade financeira. Para facilitar a identificação e calcular as perdas e desperdícios, o *Cost Deployment* utiliza matrizes (A, B, C, D, E e F), auxiliando o entendimento das perdas. (YAMASHINA, 2006).

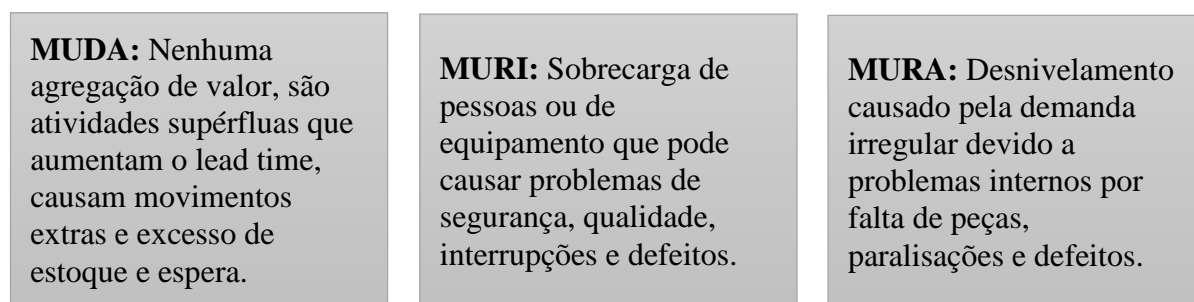
Ainda segundo Yamashina (2010), o pilar Desdobramento de Custos além de relacionar as perdas às suas causas raízes, direciona os demais pilares para as áreas onde estão as maiores perdas e cabe ainda ao pilar estratificar os ganhos obtidos com os projetos implantados. O CD é considerado o pilar de referência aos demais pilares do WCM.

### 2.2 LEAN MANUFACTURING

A filosofia *Lean Manufacturing* é também chamada de produção enxuta e ficou conhecida como Sistema Toyota de Produção ao surgir no Japão após a segunda guerra mundial pela necessidade das indústrias se reconstruírem e aumentarem sua competitividade em relação a seus concorrentes (WOMACK, JONES E ROOS, 1994).

Nesse contexto, segundo Taiichi Ohno (1997), o Lean Manufacturing tem seu foco na redução dos desperdícios, atendimento total ao cliente final, melhoria dos processos produtivos que agregam valor ao produto final tornando-os confiáveis e robustos buscando eliminar ou reduzir as atividades que não agregam valor da cadeia produtiva.

Ohno também associou ao *Lean Manufacturing* o conceito do *Kaizen*, que remete para a busca da melhoria contínua, aumento do rendimento dos operadores nos pontos de trabalho e, assim, para a melhoria de toda a cadeia produtiva. De modo prático, o sistema de produção *Lean Manufacturing* nasceu na busca incessante de evitar desperdícios, chamados de MUDA, MURI, MURA, em japonês, conforme mostra a Figura 1:



**Figura 2 - Conceito dos 3M's**  
**Fonte: Adaptado de Ohno, 1997.**

O *Lean Manufacturing* sugere uma conscientização e aceitação do fator humano, como fator primordial para uma melhor absorção e aplicação das diversas ferramentas existentes na estrutura, onde se podem citar os processos contínuos de análise como o *Kaizen*, a produção puxada, dispositivos e processos à prova de falhas conhecidos como *Poka-Yoke*. (TEIXEIRA, 2012).

Neste cenário Ohno (1997), destaca os pilares do Sistema Toyota de Produção, o *Just in time* e *Jidoka*, mantendo o foco no cliente. O *Just in time* é a lógica de produção com o objetivo de gerar estoques mínimos, que atendam estritamente a necessidade atual do sistema, produzindo no exato momento apenas a quantidade necessária de produto. O *Jidoka* é basicamente a automação com o auxílio humano que consiste em utilizar máquinas e pessoas com autonomia necessária para interromper a produção, assim que um objetivo preestabelecido não for atingido. A Figura 2 apresenta os principais pilares do Sistema Toyota de Produção.





Figura 2 - Pilares do Sistema Toyota de Produção  
 Fonte: Adaptado de Ohno, 1997.

### 2.3 PRINCÍPIOS DO *LEAN MANUFACTURING*

Para Womack; Jones; Roos (1998), a filosofia *Lean Manufacturing* busca a melhor forma de organizar e gerir os processos de uma organização, em relação ao seu sistema produtivo, relacionamento com clientes e fornecedores. Desta forma, deve-se fazer cada vez mais, com o mínimo possível, visando reduzir os desperdícios. Seguindo este raciocínio os autores ainda apresentam os cinco princípios que constroem o pensamento *Lean*, são eles:

**Valor:** é o que importa para o cliente, ou seja, suas necessidades e preferências. Esse princípio foi definido tendo como base a cadeia de produção da fábrica. Quando definido o valor na cadeia produtiva todas as ações e processos devem ser definidos, construídos e moldados para atender o desejo do cliente.

**Cadeia de Valor:** é composta dos processos necessários para que o valor do produto seja atendido. Faz-se necessário identificar onde os as perdas ocorrem e com que frequência ocorre. A cadeia de valor é formada desde os fornecedores primários até a entrega ao cliente final.

**Fluxo da Cadeia de Valor:** é o fluxo que orienta as práticas e estratégias de produção sempre focada no todo e nunca de forma isolada. Para que o fluxo possa ser aperfeiçoado, deve ser realizado o mapeamento do mesmo, detalhando cada etapa, permitindo a visualização e identificação dos gargalos e desperdícios. Assim é possível visualizar uma

fotografia do estado atual do fluxo da produção sendo possível desenvolver melhorias necessárias nos postos de trabalho.

**Produção Puxada:** é o método de produção que consiste em eliminar a produção em excesso, ou seja, a demanda gerada pelo pedido do cliente inicia as atividades e estas avisam as atividades posteriores. Todo o pensamento *Lean* é baseado na produção puxada.

**Busca pela Perfeição:** é a melhoria contínua ou o *Kaizen*, que visa criar sistemáticas para aperfeiçoar os processos continuamente. As etapas do processo devem ser executadas de forma que utilizem menos materiais, espaço físico, mão de obra, máquinas, além de consumir menos tempo e esforço das pessoas. A Figura 3 mostra os princípios da filosofia *Lean*.



**Figura 3: Princípios da filosofia *Lean Manufacturing***  
Fonte: Adaptado de Womack; Jones; Roos, 1998.

## 2.4 OS OITO DESPERDÍCIOS

Segundo Ohno, (1997) desperdício é qualquer atividade que necessite de recursos, gere custos e que não agregue valor ao produto solicitado pelo cliente. Nesse contexto, Ohno, (1997) categorizou sete tipos de desperdícios que as empresas devem ter como objetivo diminuir ou eliminar são eles:

1. Superprodução - Produzir em excesso e sem necessidade imediata, o *Lean Manufacturing* sugere que se produza somente o necessário para o momento.

2. Espera - Quando as pessoas ou equipamentos estão no aguardo de algo a produzir nenhum valor é agregado ao produto.

3. Transporte - Movimentos desnecessários de material são desperdícios de recursos e de tempo. Atividades de movimentação e transporte devem ser reduzidas ao máximo ou até eliminadas.

4. Retrabalho – Atividades de reprocessamento por qualquer causa, podendo ser por defeitos ou excesso de estoque, onde gera uma demanda de alocação de recursos inicialmente não previstos.

5. Estoque – Considera-se matéria-prima, materiais ou produtos acabados que estão prontos consumindo espaço físico, recursos e investimentos e não estão alinhados com a necessidade dos clientes quanto ao prazo de entrega.

6. Movimento – Excesso de movimentação de pessoas devido ao *layout inadequado*, por retrabalhos, por produção ou estoques em excesso.

7. Defeitos - Produtos finais divergentes das especificações do cliente ou defeitos de fabricação por erros de concepção de produto ou processo inadequado.

Mais tarde foi adicionado por vários autores o oitavo desperdício chamado de intelectual ou de informação que é o não aproveitamento da criatividade das pessoas. Nesse contexto, segundo Liker (2005), o oitavo desperdício destaca que quando se buscar executar uma mudança, deve ser envolvidas as pessoas que atuam diretamente no processo, incluindo as equipes produtivas que estão efetivamente com a “mão na peça” e têm mais condições de contribuir com ideias para melhorar sua atividade. O não aproveitamento desta contribuição tende a ser um desperdício real e não gera engajamento das pessoas. Na Figura 4 estão relacionados os oito desperdícios do *Lean Manufacturing*.



**Figura 4 - Os oito desperdícios do *Lean Manufacturing***  
**Fonte: Adaptado de Liker, 2005.**

## 2.5 FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING*

De acordo com Womack; Jones; Roos (1998), o *Lean Manufacturing* consiste na implementação de ferramentas e técnicas que visam reduzir custos e desperdícios nos processos de produção. O foco deste estudo foi aplicar os conhecimentos das ferramentas do *Lean Manufacturing* em caso real de um problema produtivo na área de atuação do autor, para enriquecer a pesquisa, serão abordadas as ferramentas e conceitos: Mapeamento de fluxo de valor, estudo de métodos e tempos, o trabalho padronizado e o *Kaizen*.

### 2.5.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

Segundo Rother e Shook (1999), o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) pode ser comparado a uma “fotografia” da empresa hoje, ou seja, é uma ferramenta estratégica, pois define o fluxo de valor como sendo um conjunto de etapas necessárias para transformar a matéria-prima em produto acabado. A partir deste mapeamento é possível visualizar quais etapas agregam valor ou não ao produto, pontos de desperdício e possíveis melhorias, já que é possível visualizar onde a aplicação de ferramentas pode ajudar a reduzir os desperdícios, aumentando a eficiência produtiva. Seguindo a idéia de Rother e Shook (1999), no MFV o processo produtivo é dividido e analisado de três formas:

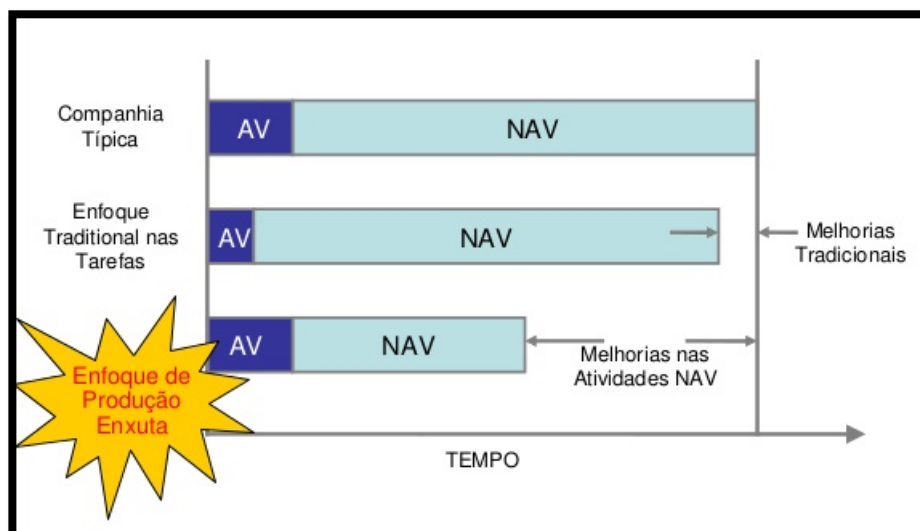
- a) Atividades que agregam valor - AV: São aquelas que contribuem para que o produto se torne mais valioso aos olhos dos clientes.
- b) Atividades que não agregam valor, mas são necessárias: São aquelas que mesmo não sendo valiosas aos olhos dos clientes são necessárias para que os processos sejam realizados.
- c) Atividades que não agregam valor - NVAA: São aquelas que não valorizam o produto sob a ótica dos clientes e não são imprescindíveis para os processos, são desperdícios reais que devem ser sempre reduzidos ou até eliminados assim que descobertos.

Neste cenário, Hines e Taylor (2000), afirmam que nas empresas consideradas de classe mundial os três tipos de atividades por eles classificadas seguem a seguinte proporção: 5% são de atividades que agregam valor ao produto.

35% são de atividades que não agregam valor ao produto, mas são necessárias.

60% são de atividades que não agregam valor, logo, são desperdícios.

Os autores ainda reforçam que enquanto na abordagem tradicional as melhorias são executadas nas atividades que agregam valor, excluindo as atividades que não agregam valor, a abordagem da produção enxuta executa melhorias nas atividades que não agregam valor, eliminando assim os desperdícios que tem potencialmente maior ganho. A Figura 5 mostra a diferença entre a abordagem tradicional e a Produção Enxuta quanto às perdas por NVAA.



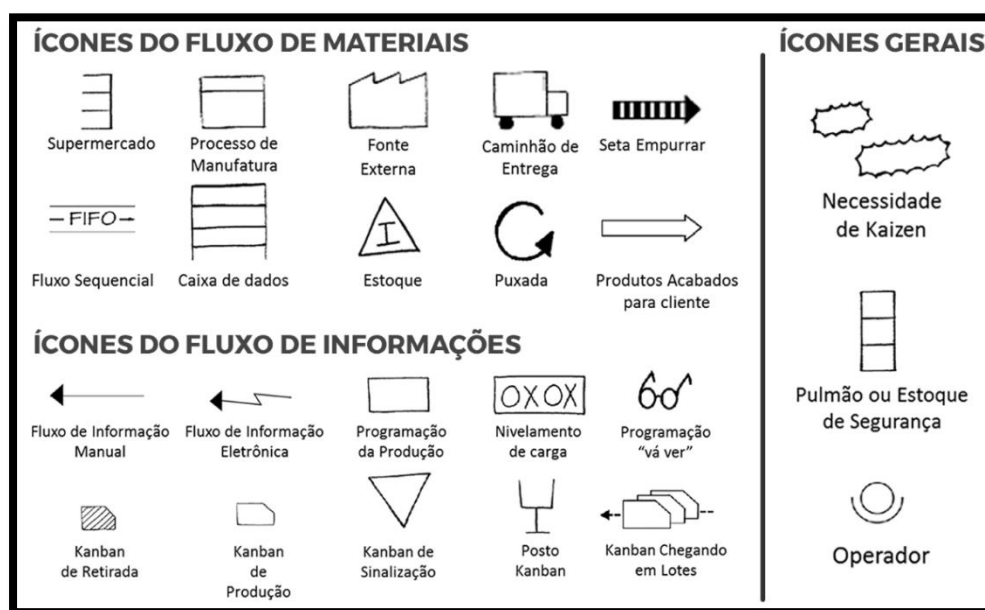
**Figura 5 - Diferença entre abordagem tradicional e Produção Enxuta**  
**Fonte: Adaptado de Hines e Taylor, 2000.**

De acordo com Hines e Taylor (2000), o mapa de fluxo proporciona uma linguagem comum a todos os níveis da empresa, cria a motivação para as mudanças e deve ser realizado construindo o a “fotografia” do estado atual e o “desenho” do estado futuro dos processos, um mapa do estado atual pode mostrar o caminho que um produto percorre desde o pedido do cliente, até a entrega do produto final. O mapa do estado futuro é o desenho do que pode se transformar a empresa e diferença entre os dois apresenta as oportunidades de melhoria, que visam atingir um desempenho superior no futuro.

Segundo Rother e Shook (1999), o mapeamento do fluxo de valor deve seguir as seguintes etapas: Primeira etapa - selecionar uma família de produtos a ser analisada, que possuem o mesmo processo de produção e utilizam os mesmos recursos. Segunda etapa: Mapear e desenhar os estados do processo, tanto o atual quanto o futuro. Esta etapa é realizada a partir da coleta dos dados no local de trabalho. Os dados para o estado futuro serão visualizados enquanto o mapeamento do estado atual é realizado, pois é neste momento que o processo é conhecido passo a passo e seus pontos de melhorias identificados. Terceira etapa:

Construir um plano de ação que descreva o que deve ser feito e quais melhorias devem ser aplicadas no processo, para que seja possível alcançar o futuro planejado.

Nesse contexto, de acordo com Hines e Taylor (2000), o mapa de fluxo pode ser aplicado anualmente pelas empresas que tem a mentalidade de melhoria contínua, pois o estado futuro de hoje é o estado atual de amanhã, sempre haverá um novo estado futuro. A Figura 6 mostra os símbolos mais comuns utilizados para realizar o mapa de fluxo de valor.



**Figura 6 - Símbolos do Mapa de Fluxo de Valor**  
**Fonte: Adaptado de Rother e Shook, 1999.**

Ainda existem cinco conceitos relacionados com o Mapeamento do Fluxo de Valor cintados por Rother e Shook (1999), que devem ser compreendidos para a correta aplicação da ferramenta. São eles:

**Tempo de processamento:** é o tempo efetivamente necessário para executar a tarefa, ou seja, o tempo gasto para produção;

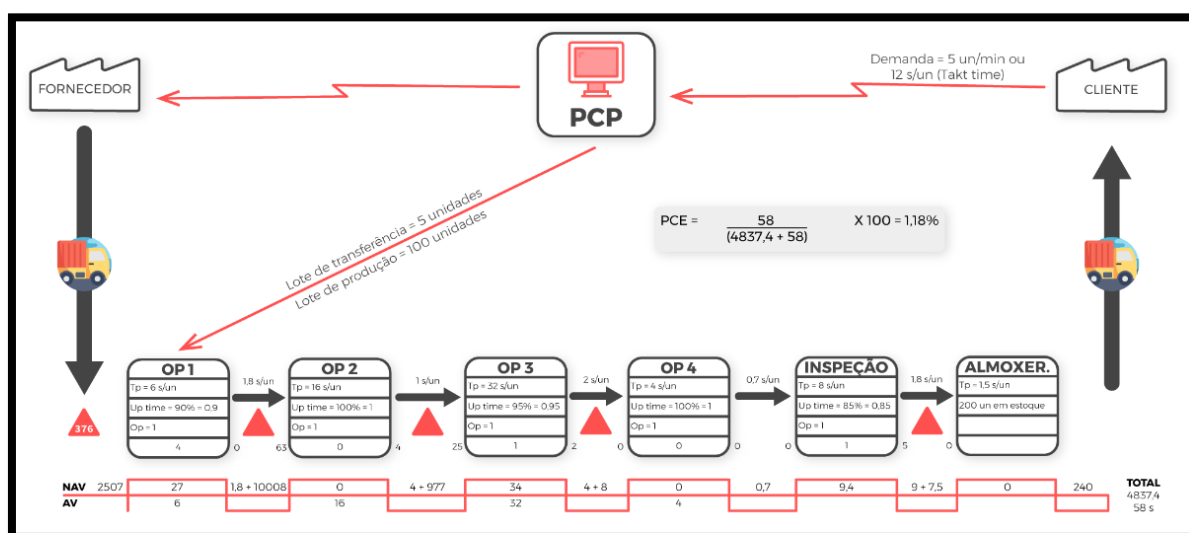
**Tempo de ciclo:** é um determinado período de tempo onde uma quantidade de produtos é processada ou o tempo que o operador leva para realizar um determinado conjunto de tarefas, até iniciar o processo novamente;

**Tempo de *setup*:** é o tempo para a alteração dos processos na linha de produção, para iniciar a produção de outros produtos. É o tempo entre a última peça boa produzida do último lote e a primeira peça boa produzida no novo lote.

**Lead Time:** é o tempo que um produto ou item integrante de um produto, demora a passar pelo processo, desde o início até ao final;

*Takt Time*: é o tempo em que se deve produzir cada peça de um determinado produto, baseada na demanda do cliente.

De forma geral, o mapeamento do fluxo de valor deve ser executado sistematicamente nas empresas tendo o objetivo de melhorar o fluxo nas linhas produtivas, visando à prática da melhoria contínua, que irá consequentemente reduzir desperdícios e aumentar a qualidade dos produtos (BERTHOLEY, 2009). A Figura 7 mostra um modelo de mapa de fluxo de valor.



**Figura 7 - Modelo de Mapa de Fluxo de Valor**  
Fonte: Nortegubisian, 2018.

## 2.5.2 Trabalho padronizado

O trabalho padronizado apresenta inúmeros benefícios dentre eles estão: a estabilidade de processos, pontos de início e paradas para cada processo, aprendizagem organizacional, a solução de problemas, envolvimento dos funcionários, *poka-yoke*, *Kaizen* e treinamentos (DENNIS, 2008).

Nesse cenário, para Womack, Jones e Roos (1998), a manufatura tradicional utiliza o estudo de movimentos e dos para definir procedimentos de trabalho mais eficientes e assim, um tempo padrão é atribuído a uma determinada atividade. Cabe pontuar, porém que ao padronizar o método e os tempos não se deve observar apenas um operador, sob-risco de criar um padrão que não reflete a realidade.

Ainda, segundo Dennis (2008), o trabalho padronizado é uma ferramenta para desenvolver, confirmar e melhorar o método ou processo onde procura maximizar a utilização

das pessoas, pois a flexibilidade humana pode exceder os benefícios obtidos através da utilização das máquinas.

De acordo com Taiichi Ohno (1997), O Sistema Toyota de Produção sugere colocar um fluxo no processo de manufatura favorecendo a padronização, neste caso os equipamentos são posicionados em células, conforme a real necessidade da sequência do processo de fabricação, possibilitando que um operador supervisione mais de uma máquina ou até vários processos, isso melhora significativamente a produtividade.

Nesse contexto, segundo Liker (2005), para uma melhor aplicação do trabalho padronizado é necessário que o processo já esteja estabilizado. Os autores reforçam que alguns requisitos são necessários para a aplicação do trabalho padronizado, são eles: A atividade deve ser repetitiva; As máquinas, equipamentos e a linha de produção devem ser robustos e confiáveis, sem problemas de quebras ou ter muitas paradas; Devem ser aplicadas ferramentas usuais do sistema de manutenção produtiva total, da troca rápida de ferramentas e do 5S que aumentam a confiabilidade da linha produtiva; Não devem existir grandes problemas de qualidade ou grande quantidade de defeitos.

Segundo Liker (2007), a criação de procedimentos padronizados é baseada em três elementos: o tempo *takt*, a sequência de trabalho executada pelo operador e o estoque padrão em processo. Através destes itens e de algumas medidas ou métricas é possível avaliar determinado processo ou quantificar como estão os resultados da organização, no que diz respeito à velocidade e eficiência.

### 2.5.3 *Kaizen*

De acordo com Ohno (1997), o termo *Kaizen* significa mudar para melhor, ou seja, buscar a melhoria de forma contínua. Ohno ainda acrescenta que o *Kaizen* favorece o trabalho em grupo e estimula a atenção aos detalhes e seus objetivos são tidos como ideais que uma organização deve buscar implantar ao longo de sua existência. A abordagem adotada pelo melhoramento contínuo assume melhoramentos incrementais de pouco a pouco, garantindo que haja uma sequência a ser seguida.

Segundo Imai (1994), o *Kaizen* deve envolver todos os níveis organizacionais desde a alta administração até os operadores e este conceito fez com que as empresas japonesas criassem uma forma de pensar focada no processo, assim, criando a mentalidade de melhoria contínua envolvendo as pessoas, independente do seu nível hierárquico dentro da organização. Ainda de acordo com o professor Imai, o *Kaizen* pode ser comparado a um guarda-chuva que



cobre as técnicas de melhoria, atuando de maneira organizada para extrair o máximo que cada uma oferece. Para uma melhor aplicação do *Kaizen*, a organização deve ter um grande domínio de seus processos, permitindo identificar e eliminar os desperdícios, através do envolvimento dos colaboradores. A Figura 8 exemplifica o guarda-chuva do *Kaizen* e suas técnicas.



**Figura 8 - Guarda chuva do KAIZEN**  
**Fonte: Adaptado de Imai, 1994.**

De acordo com Slack; Chambers; Johnston, (2009), *Kaizen* significa melhoramento contínuo, envolvendo todos e podem ser feitos melhoramentos pequenos e o importante é que em determinados períodos seja, mensal, semanal ou diário algum melhoramento tenha sido realizado.

O *Kaizen* é a união de esforços de melhoria contínua em todas as etapas do processo de produção, executado por todos da organização e focado na eliminação dos desperdícios, promovendo melhorias na produtividade e qualidade, com o mínimo custo possível, até alcançar o custo zero. Desta forma, é possível proporcionar produtos com mais qualidade, aumentando a satisfação dos clientes externos e internos. (MARTINS, 2012)

Segundo Martins (2005), o *Kaizen* deve ser entendido como uma ferramenta estratégica e pode ser aplicado em todas as partes da organização, por exemplo, o *Kaizen* de projeto, aplicado no desenvolvimento de novos conceitos para novos produtos; o *Kaizen* de planejamento, usado para o desenvolvimento de um sistema de planejamento seja para a produção ou para o marketing, o *Kaizen* de produção, que é baseado em buscar soluções para a eliminação de desperdícios na linha produtiva.

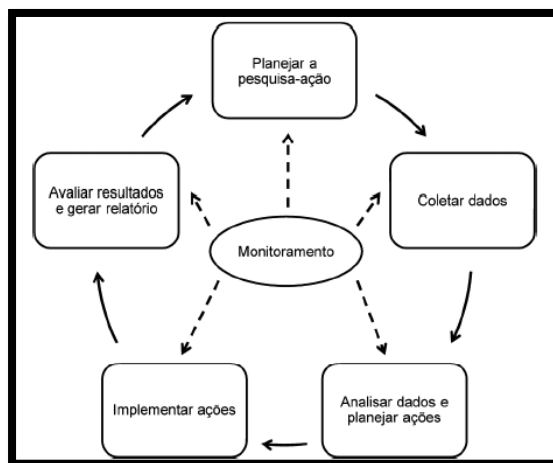
### 3. PROCECIMENTOS METODOLÓGICOS

O tema da pesquisa que deu origem a este trabalho é reduzir perdas em um posto de trabalho de preparação para a pintura de máquinas elétricas, utilizando ferramentas e técnicas da filosofia *Lean*. A definição do problema surgiu a partir da observação das perdas em valores reais durante o ano de 2019 evidenciadas pela ferramenta *Cost Deployment* do departamento onde foi realizado este estudo. O local escolhido para o estudo é um posto de preparação para a pintura de máquinas elétricas de grande porte em uma grande empresa da região norte de Santa Catarina. A pesquisa foi delimitada aos produtos da Linha “M” e tamanhos de máquinas de 315 a 710 como é referenciada dentro da empresa a linha de produto.

A metodologia utilizada para realizar esta pesquisa foi a pesquisa-ação. Este método é o mais indicado pelo fato do projeto ser realizado na mesma área de atuação do autor e ser possível utilizar um grupo multifuncional com pessoas que conhecem bem as atividades realizadas no posto de trabalho para buscar a solução do problema. Segundo Thiollent, (1997) toda pesquisa-ação é participativa e promove grande interação entre os pesquisadores e os envolvidos na situação investigada, por ser um tipo de pesquisa social que visa resolver um problema coletivo de forma cooperativa ou participativa. Nesse contexto, a pesquisa-ação deve ser de natureza investigativa e conduzida em conjunto com aqueles que participam do estudo, neste estudo foi criado um pequeno grupo de cinco profissionais que atuam ou dão suporte técnico à área afetada pelo problema, sendo um gestor, um especialista em pintura industrial, um analista de qualidade, um analista de fabricação e um analista de Engenharia Industrial da empresa.

Seguindo o método escolhido para a pesquisa, este grupo teve autonomia para interferir no ambiente do estudo, teve fácil acesso para interagir com os operadores no local da pesquisa, buscaram juntos soluções para o problema, conhecimentos para os envolvidos e consequentemente para a empresa, além de possibilitar através da pesquisa em tempo real propor mudanças nos processos da empresa para reduzir ou até eliminar problemas produtivos.

As etapas para desenvolver a pesquisa-ação estão estruturadas conforme a Figura 09:



**Figura 09 - Etapas da Pesquisa-ação**  
**Fonte: Adaptado de Thiollent, 1997.**

Com base na estrutura da pesquisa-ação relaciona-se no Quadro 1 as etapas de condução do trabalho.

Estrutura da Pesquisa-ação	Etapas de condução do trabalho	Elementos textuais da pesquisa
Estrutura conceitual e teórica	Fundamentação através da revisão bibliográfica	Revisão bibliográfica
Planejamento da pesquisa-ação	Definição da linha de estudo	Resultados
Coleta de dados	Levantamento das perdas produtivas no posto de trabalho	
Analisar os dados e planejar as ações	Definição das ações de melhoria para as perdas encontradas	
Implantar as ações	Execução de testes para validação e registro	
Avaliar os resultados e gerar relatório	Comparativo do atual com o proposto e verificar os ganhos	Discussão

**Quadro 1 - Estruturação da pesquisa-ação e etapas de implantação.**  
**Fonte: Adaptado de Thiollent, 1997.**

### 3.1 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa-ação foi realizada em uma indústria de grande porte do ramo de soluções em Energia que tem sua matriz situada ao norte do Estado de Santa Catarina, emprega aproximadamente 32.000 colaboradores em 36 países sendo que em 12 países possui unidades fabris. A empresa é composta por cinco unidades de negócios: Motores, Automação, Geração

de Energia, Transmissão e Distribuição de energia e Tintas sendo o parque fabril na cidade de Jaraguá do Sul onde se concentra a maior parte das atividades da empresa.

A unidade fabril onde ocorreu a pesquisa tem aproximadamente 35.000 m<sup>2</sup> e está ligada a unidade de negócio Energia, esta foi fundada em julho de 1.980 e produz Motores de indução de grande porte, geradores para grupos-geradores, hidrogeradores, turbogeradores e aerogeradores. Além da unidade fabril de Jaraguá do Sul, a unidade Energia possui fábricas em São Bernardo do Campo – SP, na Índia e em Mineápolis nos EUA.

A Pesquisa foi conduzida na Seção de Acabamento B que está dentro do Departamento de Montagem de máquinas, a seção é responsável pelos processos de pintura e embalagem de máquinas e possui em sua estrutura um (1) posto de preparação para pintura que é o foco desta pesquisa-ação, duas (2) cabines de pintura líquida um (1) posto de montagem de acessórios pós-pintura e um (1) posto de embalagem.

Pela Seção de Acabamento passam as máquinas de maior porte das linhas de hidrogeradores, turbogeradores e motores de indução, que neste estudo está sendo intitulado como linha M e foi o produto escolhido para a pesquisa por se tratar da linha de maior volume produzida pela empresa. Portanto a pesquisa se limita aos produtos da linha M de tamanhos 315 a 710, nomenclatura esta que está ligada ao tamanho da carcaça do motor, aqui citado como “máquina”.

Neste estudo foram seguidas as etapas da pesquisa-ação, conforme abaixo:

Fundamentação através da revisão bibliográfica;

Definição da linha de estudo;

Levantar os dados das perdas produtivas no posto de trabalho;

Definir ações de melhoria para as perdas encontradas;

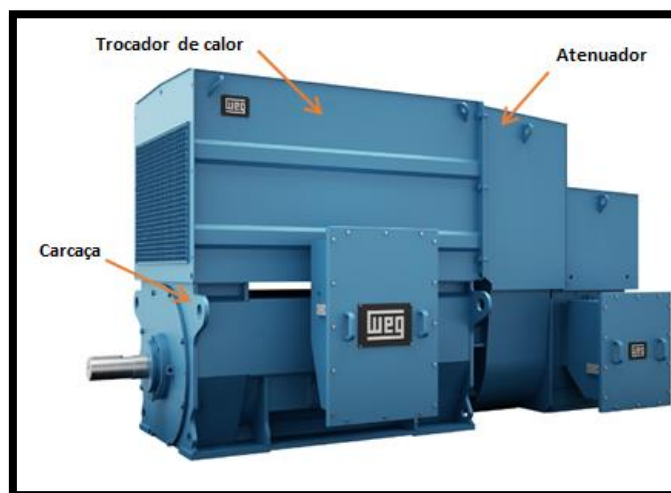
Executar os testes para validação do grupo e documentar;

Comparar o atual com o proposto e verificar os ganhos;

### 3.2 DEFINIÇÃO DA LINHA DE ESTUDO

Para melhor entendimento da situação do posto de trabalho antes e após o início da pesquisa, descreve-se o cenário encontrado ao investigar a situação inicial. Este posto de trabalho atuava em dois turnos, cinco (5) dias por semana com nove (09) operadores executando as atividades de preparação para a pintura.

A empresa opera com fabricação de máquinas sob encomenda, ou seja, são produtos customizados de uma variedade de modelos fabricados onde o cliente pode customizar o seu produto de acordo com a sua necessidade de aplicação e devido à geometria e peso das máquinas, as mesmas chegam ao posto de trabalho através de ponte rolante. A Figura 10 mostra um dos modelos de motor de indução da linha M.



**Figura 10 - Exemplo de motor de indução**  
**Fonte: O Autor, 2020.**

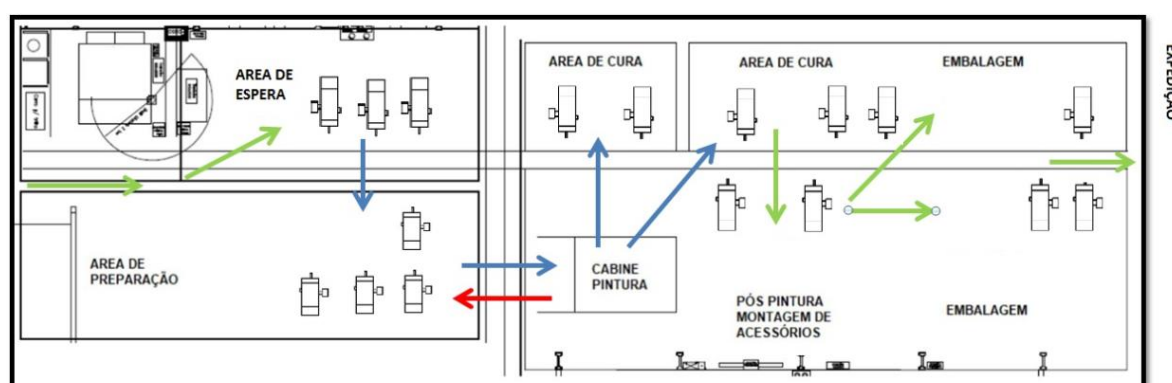
A demanda diária atendida pelo posto de trabalho era de quatro (4) máquinas por dia e os processos realizados no posto são atividades preparação de superfície e demais atividades que são necessárias para a realização da pintura, porém antes destas atividades, existe a necessidade de desmontar certos componentes para permitir a posterior execução da pintura. Com base na análise das atividades realizadas definiu-se como objetivo atuar sobre as atividades de desmontagem destes componentes, principalmente do trocador de calor e atenuador por ser onde se observou maiores perdas em movimentações de pessoas, tempo de espera e movimentações com ponte rolante entre outras.

## 4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dados coletados no local da pesquisa, bem como, às suas respectivas análises.

### 4.1 LEVANTAMENTO DAS PERDAS PRODUTIVAS NO POSTO DE TRABALHO

Nesta etapa foram levantados dados relacionados aos elementos de trabalho, sequência do trabalho, tempos de atividades, distâncias percorridas, arranjo físico atual, quantidade de operadores, aspectos de gestão da área e análise dos dados da matriz *Cost Deployment* da Seção de Acabamento. Na figura 11 apresenta-se o *layout* atual da Seção de Acabamento onde foi realizada a pesquisa.



**Figura 11 - Layout Seção de Acabamento**  
**Fonte: O Autor, 2020.**

As setas em verde mostram o fluxo das máquinas ao entrarem no fluxo do processo de preparação e após o processo de pintura. As setas em azul demonstram o fluxo das máquinas entre a etapa de execução da preparação para a pintura até a etapa de alocar as máquinas na área de cura. A seta vermelha mostra a movimentação necessária da cabine de pintura para a área de preparação após a pintura da camada de tinta intermediária.

O Processo de preparação para a pintura de uma máquina é manual e bastante moroso pela necessidade de executar várias etapas que devem ser feitas antes de efetivamente executar a pintura. Essas atividades requerem até quatro (4) operadores trabalhando juntos na mesma máquina dependendo de sua geometria. As atividades de desmontagem do trocador de calor e atenuador (a), montar tampas de caixas de ligação (b), isolamento (c),

descontaminação em partes usinadas (d), lixamento (e) e lavagem (f) são realizadas para garantir que o processo de pintura possa ser executado em seguida. No Quadro 2 estão descritas as atividades do processo de preparação para a pintura de uma máquina da linha M.

Item	Atividade
a	Desmontagem do trocador de calor e atenuador: Soltar parafusos de fixação, conectar correntes de içamento, suspender e alocar em cavaletes.
b	Montar tampas de caixas de ligação: Posicionar e apertar parafusos
c	Isolamento: Mascarar partes e instrumentos da máquina que não podem ser pintados
d	Descontaminação: Limpar manualmente partes usinadas, resíduos de óleo, graxa e outros contaminantes que podem prejudicar a pintura.
e	Lixamento: Lixar com lixadeira todas as partes da máquina, removendo imperfeições na pintura fundo.
f	Lavagem: Limpar manualmente com solução química toda a superfície da máquina para posterior execução da pintura.

**Quadro 2 - Atividades de preparação para pintura**

Fonte: O Autor, 2020.

Os dados dos desperdícios no posto de trabalho foram obtidos a partir do levantamento de perdas referentes ao ano de 2019 evidenciadas pela ferramenta *Cost Deployment* do Departamento de Montagem onde se realiza este estudo. As perdas de maiores valores financeiros identificados são as de atividades de preparação e atividades que não agregam valor para o cliente no processo de preparação para a pintura, perdas estas chamadas de NVAA.

As observações no posto de trabalho foram na forma de conversas e acompanhamento do processo com os operadores e levantamento dos tempos de cada etapa através de cronoanálise. Nesse cenário verificou-se que as perdas NVAA aconteciam principalmente nas atividades envolvidas com a desmontagem do trocador de calor e atenuador, pois para esta operação havia grande quantidade de desperdícios, entre eles cita-se:

- ✓ Necessidade de deslocamento de operadores para buscar ferramentas manuais como chaves e parafusadeiras;
- ✓ Manusear ponte rolante para movimentação de peças;
- ✓ Posicionar cavaletes para apoiar o trocador de calor e atenuador;

- ✓ Fazer isolamento da parte interna da carcaça da máquina que não pode ficar aberta durante a pintura;
- ✓ Desmontar acessórios periféricos do trocador de calor;
- ✓ Fazer preparação na parte inferior do trocador com o mesmo suspenso na ponte rolante;

É importante mencionar que em função do plano de pintura aplicado nas máquinas para atender os requisitos de normas de pintura industrial, esta é realizada em duas (2) etapas sendo uma (1) demão de tinta para camada intermediária e uma (1) demão de tinta para a camada final com intervalo de tempo considerável para a cura entre as demãos, o que torna o processo ainda mais demorado.

As perdas referentes à desmontagem do trocador de calor e atenuador se tornam ainda maiores pelo fato de ao realizar a pintura do trocador de calor e atenuador separados da máquina se faz necessário remontar estes componentes após a cura da tinta para que a máquina seja entregue completamente montada ao cliente.

Nesse contexto considerou-se que as atividades relacionadas à desmontagem não agregam valor ao cliente uma vez que para o cliente o resultado esperado é receber a máquina com a pintura final dentro dos requisitos, ou seja, não é uma necessidade do cliente que a máquina seja parcialmente desmontada para a execução da pintura e para a empresa isso deve ser realizado da forma mais rápida e enxuta possível.

Desta forma existem desperdícios que podem ser eliminados e em sua maioria essas atividades não devem ser mantidas exceto quando à geometria e forma construtiva da máquina impede o acesso mínimo para execução da pintura entre as partes. No Quadro 3 estão descritas as atividades decorrentes da desmontagem do trocador de calor e atenuador com seus respectivos tempos de execução considerando os quatro (4) operadores envolvidos nas atividades do posto de trabalho.



<b>Atividades – Antes da pintura</b>	<b>Tempo médio em minutos</b>
Desmontagem do trocador de calor e atenuador: soltar parafusos de fixação/conectar correntes de içamento/ içar trocador e alocar em cavaletes/ desconectar correntes de içamento	48'
Fazer isolamento da abertura superior da carcaça	44'
Executar lixamento e isolamento parte inferior do trocador de calor e atenuador para pintura intermediária	33'
Executar lixamento e isolamento parte inferior do trocador de calor e atenuador para pintura final	33'
<b>Atividades – Durante da pintura</b>	<b>Tempo médio em minutos</b>
Içar trocador/ levar para a cabine de pintura/ tirar trocador de calor da cabine de pintura e alocar nos cavaletes após pintura intermediária	22'
Içar trocador/ levar para a cabine de pintura/ tirar trocador de calor da cabine de pintura e alocar nos cavaletes após pintura final	22'
<b>Atividades – Durante da pintura</b>	<b>Tempo médio em minutos</b>
Içar trocador/ alocar sobre cavaletes/ fazer limpeza interna/ inspecionar e registrar	48'
Remover isolamento do superior da carcaça/ efetuar limpeza e inspeção no interno e nas vedações	28'
Içar trocador/ posicionar sobre a máquina/ apertar parafusos/ montar acessórios periféricos	35'
Total	313'

**Quadro 3 - Atividades decorrentes da desmontagem do trocador de calor**  
**Fonte: O Autor, 2020.**

Após aprofundar e conhecer as etapas de cada atividade no detalhe, a equipe visualizou que o tempo total das atividades de NVAA de 313 minutos por máquina pode ser em grande parte eliminado se fossem viabilizadas a preparação e a pintura das máquinas com o trocador de calor e atenuador montados. Essa etapa contou com a colaboração de operadores mais experientes, analistas de processos e gestores de produção, uma vez que o conhecimento técnico operacional e a vivência dentro da empresa tem grande importância em situações de quebra de paradigmas, principalmente em processos que são feitos da mesma forma há muito tempo.

Para as demais atividades de preparação mostradas no Quadro 2 existem melhorias a serem estudadas e trabalhadas, porém com menor possibilidade de redução por se tratarem de atividades necessárias para garantir a execução da pintura e seus requisitos.

## 4.2 DEFINIR AÇÕES DE MELHORIA PARA AS PERDAS ENCONTRADAS

Para embasar o planejamento das ações e posteriores propostas de mudanças, a equipe de trabalho se utilizou de alguns princípios da filosofia *Lean* que auxiliaram a eliminação de desperdícios encontrados no posto de trabalho e novas definições de padrões para a execução de atividades. As ações foram focadas em: buscar maior padronização nas atividades de preparação, atender a demanda diária no posto de trabalho, eliminar atividades que não agregam valor, eliminar tempos de espera, eliminar movimentações com ponte rolante, eliminar movimentações de pessoas, aproveitar melhor a área disponível na seção.

As análises no posto de trabalho e das perdas encontradas pela equipe relatadas na Tabela 1 apontaram que a melhor alternativa para buscar eliminação de grande parte das atividades no posto seria migrar da situação (1) onde a preparação e pintura eram feitas com os componentes desmontados, conforme Figuras 12 e 13, para a situação conforme (2) onde a preparação e pintura passam a ser feitas com a máquina completamente montada conforme a Figura 14.



**Figura 12 - Exemplo de máquina com trocador de calor desmontado para pintura**  
Fonte: O Autor, 2020.



**Figura 13 - Exemplo de atenuador desmontado para pintura**  
Fonte: O Autor, 2020.



**Figura 14 - Exemplo de uma máquina pintada sem desmontar os componentes**  
Fonte: O Autor, 2020.

Para viabilizar esta mudança de conceito a equipe avaliou primeiramente o impacto nas atividades de preparação como dificuldades de acesso para isolamento, lixamento e lavagem da máquina e também no processo de pintura que poderia ter a execução e qualidade comprometida quanto à perfeita aplicação da tinta em cantos, dobras e extremidades dos componentes. Esta análise foi realizada em conjunto com os operadores do posto de preparação e com os pintores e resultou nas seguintes ações:

- ✓ Foram selecionadas três máquinas para servir como teste do novo conceito de preparação e pintura;
- ✓ Foram executadas as etapas de preparação e pintura com acompanhamento da equipe, levantados os tempos das atividades, dificuldades, sugestões e outras demandas dos operadores;
- ✓ Após a cura da pintura, foi desmontado o trocador de calor e atenuador das máquinas testadas para avaliação dos requisitos da pintura, registros fotográficos e demais observações da equipe;

Conforme citado no capítulo anterior, a pintura da máquina montada possibilita eliminar em grande parte as atividades listadas na Tabela 1.

#### 4.3 EXECUÇÃO DE TESTES PARA VALIDAÇÃO E REGISTRO

Através do envolvimento da equipe em reuniões de acompanhamento no posto e contando com a participação ativa dos operadores nos dois turnos de trabalho, as ações foram executadas de acordo com o planejado nas duas máquinas selecionadas para os testes.






Um aspecto observado durante os testes foi a desconfiança de alguns operadores quanto as mudanças propostas, por existir no posto colaboradores com mais e menos experiência, a forma como receberam a mudança foi diferente. Alguns operadores aceitaram as mudanças rapidamente e deram sugestões, já outros não entenderam inicialmente os benefícios da proposta por já estar enraizada a forma atual de trabalho como se agissem em modo “automático” não enxergando perdas e desperdícios em sua rotina de atividades. Em um segundo momento, conforme as atividades foram acontecendo e as melhorias propostas pela equipe foram executadas, a desconfiança diminuiu e os testes foram concluídos sem maiores dificuldades mantendo a sinergia entre os envolvidos.

Nesse cenário, a nova metodologia proposta foi explicada aos envolvidos e o acompanhamento foi realizado seguindo as etapas conforme Quadro 3.

Acompanhamento Atividades de Preparação - Máquina Montada		
Atividades	Imagem	Observações
Montar tampas de caixas de ligação: Posicionar e apertar parafusos		Não houve diferença entre o processo atual e o proposto – Esta atividade não tem impacto na proposta
Isolamento: Mascaram partes e instrumentos da máquina que não podem ser pintados.		Nesta atividade houve redução do tempo de isolamento, pois não foi necessário isolar as aberturas superiores da carcaça.
Descontaminação: Limpar manualmente partes usinadas, resíduos de óleo, graxa e outros contaminantes que podem prejudicar a pintura.		Não houve diferença entre o processo atual e o proposto.
Lixamento: Lixar com lixadeira todas as partes da máquina, removendo imperfeições na tinta-fundo.		Nesta atividade houve pequena dificuldade para acessar com a lixadeira entre os componentes da máquina, mas foi possível executar corretamente.
Lavagem: Limpar manualmente com solução química toda a superfície da máquina para posterior execução da pintura.		Nesta atividade houve pequena dificuldade para acessar e lavar entre os componentes da máquina, mas foi possível executar corretamente.

**Quadro 4 - Atividades de preparação para pintura – Máquina montada**  
**Fonte: O Autor, 2020.**

Após a realização da preparação, foi acompanhado o processo de pintura seguindo as etapas conforme Quadro 4.

<b>Acompanhamento Atividades de Pintura - Máquina Montada</b>		
<b>Atividades</b>	<b>Imagem</b>	<b>Observações</b>
Aplicação da pintura da camada intermediária.		Bastante vantajoso por ter eliminado a movimentação do trocador e atenuador para pintura.
Aplicação da pintura da camada intermediária em locais de difícil acesso.		Houve pequena dificuldade para aplicar tinta entre os componentes da máquina, mas foi possível executar corretamente.
Aplicação da pintura final em locais de difícil acesso.		Necessário utilizar bico prolongador na pistola para executar corretamente nos locais de pouco acesso.
Aplicação da pintura geral da máquina.		Atividade realizada normalmente sem dificuldades com a máquina montada.
Alocar a máquina pintada no local de cura da tinta.		Bastante vantajoso por ter eliminado a movimentação do trocador e atenuador separadamente para a área de cura da tinta. Área disponível para alocar outra máquina no espaço que seria do trocador e atenuador.

**Quadro 5 - Atividades de pintura da máquina montada.**  
**Fonte: O Autor, 2020.**

Após a cura da tinta a equipe viu a necessidade de avaliar a qualidade da pintura nos locais de difícil acesso entre o trocador de calor, atenuador e máquina. Para esta verificação foi realizada a desmontagem do trocador de calor e atenuador e inspecionado estes componentes. No quadro 5 estão relacionados os pontos observados após a desmontagem.

<b>Acompanhamento Avaliação da pintura do Trocador, Atenuador e Carcaça</b>		
<b>Atividades</b>	<b>Imagem</b>	<b>Observações</b>
Realizar inspeção na parte inferior do atenuador.		Resultado foi considerado satisfatório, todas as regiões de extremidades foram pintadas corretamente.
Realizar inspeção na parte inferior do trocador de calor.		Resultado foi considerado satisfatório, todas as regiões de extremidades foram pintadas corretamente.
Realizar inspeção na parte superior da carcaça.		Resultado foi considerado satisfatório, todas as regiões de extremidades foram pintadas corretamente.
Realizar inspeção na parte frontal da carcaça.		Resultado foi considerado satisfatório, todas as regiões de extremidades foram pintadas corretamente.
Realizar inspeção na parte traseira da carcaça onde é o ponto mais crítico de acesso para a pintura.		Resultado foi considerado satisfatório, alguns cantos não tiveram fechamento completo da camada de tinta, porém ainda pode ser feito melhor acabamento manualmente nos cantos.

**Quadro 6 – Avaliação e inspeção da pintura após desmontagem da máquina.**  
**Fonte: O Autor, 2020.**

Os resultados evidenciados no teste foram considerados ótimos pela equipe porque se percebeu rapidamente que além das atividades que deixaram de ser executadas, o fluxo de trabalho fluiu de maneira surpreendente. Outro ponto percebido pela equipe de trabalho foi o engajamento dos operadores, a aceitação quanto às mudanças após o início onde havia certa desconfiança.

Nas atividades que são realizadas após a pintura houve ainda a eliminação de uma grande atividade de espera, pelo fato que os operadores após realizarem a limpeza interna do trocador de calor, atenuador e carcaça precisavam acionar o inspetor do Controle de Qualidade ou o Técnico da seção para registrar com fotos estas partes antes da remontagem, isto era feito para garantir a conformidade em caso de uma reclamação futura de clientes.

A mão de obra indireta muitas vezes está atuando em outras frentes de trabalho e isso gerava um tempo de espera que pode ser totalmente eliminado, uma vez que toda máquina antes de ser montada na linha de montagem já tem este registro das partes internas feitas naquela operação, portanto essa inspeção era uma redundância criada para garantir que nenhum problema que fosse causado durante os processos de preparação e pintura passe a diante e chegue ao cliente.

#### 4.4 COMPARATIVO DO PROCESSO ATUAL COM O PROPOSTO E VERIFICAR OS GANHOS

Conforme descrito no capítulo 4.1, os objetivos definidos pela equipe para nortear as ações a serem executadas foram atingidos com as mudanças propostas e durante os testes observou-se que a preparação e pintura da máquina com trocador e atenuador montados reduzem várias atividades que proporcionam ganhos conforme Quadro 6:



<b>Ganhos possíveis com o processo proposto</b>	
<b>Ganhos</b>	<b>Observações</b>
Maior padronização nas atividades de preparação e pintura.	Os operadores passam a focar nas atividades principais da preparação em si quando não tem a necessidade de desmontar, preparar e isolar os componentes separadamente.
Melhoria no atendimento da demanda diária no posto de trabalho.	Com a maior padronização nas atividades e eliminação das atividades desnecessárias, o tempo reduzido foi significativo e tem grande influência no aumento da produtividade do posto de trabalho.
Eliminação das atividades que não agregam valor.	Citam-se as atividades de desmontagem, isolamento da abertura da carcaça, isolamento da parte inferior do trocador de calor e atenuador, fazer limpeza interna, inspecionar, remover isolações do trocador, atenuador e carcaça e atividades de remontagem dos componentes.
Redução de tempos de espera.	Durante as movimentações dos componentes, enquanto um operador precisa aguardar outro buscar alguma ferramenta ou material.
Eliminação de seis (6) movimentações com ponte rolante.	Neste caso consideraram-se as movimentações para: desmontar o trocador e atenuador, realizar a pintura intermediária, voltar o componente para o posto de preparação, realizar a pintura final, levar componentes para a área de cura, realizar a limpeza e inspeção e remontagem do trocador e atenuador.
Redução de movimentações de pessoas.	Movimentações para buscar ferramentas, materiais para isolação, cavaletes, chamar inspetor.
Maior aproveitamento da área disponível no <i>layout</i> da seção.	Com a pintura da máquina a área que seria necessária para alocar o seu trocador e atenuador fica livre para outras máquinas. Esta situação ocorre no posto de preparação para a pintura e na área de cura pós-pintura. Para a máquina acompanhada na pesquisa esta área foi de 8m <sup>2</sup> em cada posto de trabalho.

**Quadro 7 - Ganho com o processo proposto**

Fonte: O Autor, 2020.

O ponto mais importante observado pela equipe após os testes foi que as atividades decorrentes da desmontagem do trocador de calor e atenuador descritos na Tabela 1, poderiam ser efetivamente eliminadas com a preparação e pintura da máquina montada e isso

evidenciou que o mapeamento e observação feitos em conjunto com os operadores no posto de trabalho durante a fase de coleta de dados foi muito importante para mostrar que muitas vezes são realizadas atividades desnecessárias pelo fato de não se executar análises criteriosas e detalhadas buscando entender o “por que” e “como” está se fazendo tal tarefa. Daí a importância da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* que oferecem uma visão sistêmica e ampla dos processos e quando se atua de forma focada nos oito desperdícios podem-se alcançar grandes resultados.

Entre os objetivos definidos para esta pesquisa o mais importante era identificar as perdas e desperdícios no posto de trabalho, estes muitas vezes estão escondidos nos processos e rotinas do chão de fábrica e passam despercebidos para a maioria das pessoas. É importante citar que a empresa onde foi realizada a pesquisa já trabalha possui a filosofia de melhoria contínua e tem o *Kaizen* como ferramenta estratégica e de gestão compartilhada. Além disso, vem nos últimos anos com o processo de implantação do WCM em suas unidades sendo que algumas unidades estão a mais tempo trabalhando com as ferramentas do WCM e outras menos.

A unidade de negócio onde se desenvolveu o trabalho já colhe alguns frutos da introdução do WCM, principalmente do Pilar CD que foi citado no início deste trabalho. Foi a partir da matriz CD que foi possível conhecer a valor total das perdas e desperdícios nos departamentos e partir daí o estímulo para ir ao detalhe, mapear, analisar, entender e identificar onde cada perda ocorria.

A partir da pesquisa foi possível detalhar as perdas e desperdícios encontrados no posto de trabalho e os resultados encontrados nos testes serviram para elaborar um relatório e formalizar proposta para a modificação do processo de preparação e pintura das máquinas. A proposta será submetida às comissões pertinentes da unidade de negócio.

O levantamento feito pela equipe através das medições dos tempos das atividades do processo proposto comparado com os tempos do processo atual apontou para uma redução de até cinco (5) horas por máquina considerando os processos de preparação, pintura e pós-pintura. Com base na demanda produzida em 2018 e 2019 de máquinas da linha de produto estudada de aproximadamente 411 máquinas por ano, apresenta-se a possibilidade de redução de 2.055 horas/ano no posto de trabalho que representa um ganho de R\$ 51.375,00. Com a eliminação das perdas e reorganização das atividades de preparação e pintura foi possível reduzir um operador no posto de trabalho de preparação, passando de nove para oito operadores, isso evidencia que havia desperdícios no processo.

Após a aprovação da proposta nas comissões, serão atualizadas as normas operacionais do posto de trabalho e realizados os treinamentos com todos os operadores envolvidos nos processos de preparação, pintura e pós-pintura.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa descreveu e analisou a possibilidade de implementação de mudanças em métodos de execução de atividades de manufatura buscando redução de perdas e desperdícios em um posto de trabalho de preparação para a pintura de máquinas, com base em alguns conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Apesar da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* serem difundidas dentro da empresa, a investigação proposta nesta pesquisa-ação demonstrou que é possível obter uma melhora significativa no indicador de produtividade do posto de trabalho saindo de 60% para 67% de utilização de mão de obra, resultante da identificação das atividades que não tinham agregação de valor para o cliente ou eram desperdícios que estavam camuflados nos processos, além de não impactar negativamente nos indicadores de qualidade e segurança da seção.

Com os resultados apresentados foi possível confirmar e atingiu-se o objetivo da pesquisa, sendo plenamente possível aumentar a produtividade do posto de trabalho à medida que forem realizadas reavaliações frequentes dos processos. O estudo mostrou que muitas atividades podem ser efetivamente eliminadas do processo atual, muitas delas com impacto em redução das movimentações de pessoas e componentes, e ainda utilizar melhor o espaço fabril da seção.

O estudo teve grande contribuição para comprovar que a redução de perdas e desperdícios tem influência direta na vantagem competitiva das empresas, porém, é necessário ressaltar que este estudo representa a realidade de um posto de trabalho de uma empresa que já estava estabilizada quanto aos indicadores de qualidade e segurança, além de já possuir uma boa base do *Lean Manufacturing* em seus processos.

Sugere-se como uma oportunidade de pesquisas futuras, identificar a quantidade de perdas por não agregação de valor e desperdícios nas atividades realizadas nos processos de pós-pintura na mesma seção onde aconteceu a pesquisa, uma vez que estas atividades possuem elevados tempos de espera, impactando negativamente no lead time dos produtos.

## REFERÊNCIAS

- BERTHOLEY, F.; BOURNIQUEL, P.; RIVERY, E.; COUDURIER, N.; FOLLEA, G.; 2009. **Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusão sanguine (ETS): Lean Manufacturing, VSM, 5S**". Transfusion Clinique et Biologique 16 93-100, 2009.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center. Cardiff, UK. (2000)
- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, J.K.; MEIER, D.P. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.
- MARTINS, R. **Kaizen**. 2012. Disponível em: <<http://www.blogdaqualidade.com.br/kaizen/>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- RODRIGUES, M. V. **Sistema de Produção Lean Manufacturing: Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo à Enxergar: mapeando fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TEIXEIRA, E. S. M. **Graus de maturidade da cultura lean do polo metal-mecânico do nordeste de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Instituto Superior Tupy/SOCIESC, 2012.
- THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade Enxuta nas Empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

YAMASHINA, H. *Advanced WCM*. Kyoto University. Kyoto. 2006.

YAMASHINA, H. **WCM do dia-a-dia da fábrica para o dia-a-dia da sua vida**. Material interno de divulgação do WCM de empresa automobilística. São Paulo. 2010.