

UTILIZAÇÃO DA MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL E MANUFATURA ENXUTA EM UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO INDUSTRIAL DE CORTE À LASER

USING WORLD CLASS MANUFACTURING AND LEAN MANUFACTURING IN A LASER CUTTING INDUSTRIAL MANUFACTURING PROCESS

210

Carlos Eduardo de Souza¹, Jefferson de Souza Pinto²

- 1- Graduado em Tecnologia em Mecatrônica Industrial, pelo Instituto Federal de São Paulo (IFSP), campus Bragança Paulista; 2- Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Estadual de Campinas –UNICAMP, pesquisador da FEM/UNICAMP e docente do IFSP, campus Bragança Paulista.

Contato: jeffsouzap@ifsp.edu.br

RESUMO

No atual cenário mundial as empresas têm buscado soluções que permita a obtenção de padrões de qualidade, produtividade e prazo de entrega com menor custo, sendo que na maioria das vezes a única maneira de se manter no mercado é identificar suas perdas e desperdícios, a fim de se obter mais competitividade e rentabilidade perante o competitivo mercado automobilístico. Neste sentido o trabalho tem como objetivo apresentar uma aplicação da Manufatura Classe Mundial (do inglês Word Class Manufacturing – WCM) em conjunto com a Manufatura Enxuta, para tal, foi realizado um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo no interior de São Paulo. Ressalta-se que no trabalho são levantados dados e informações sobre a manufatura classe mundial e manufatura enxuta trazendo os conceitos que aprofundam o tema, o que caracteriza uma pesquisa bibliográfica. O trabalho é uma pesquisa de natureza aplicada, pois pretende desenvolver um sistema utilizando método indutivo e com base em dados coletados. E ainda, é um estudo exploratório com abordagem qualitativa. Neste estudo foram tratadas as perdas por quebras em uma máquina de corte à laser, sendo a máquina selecionada por meio de evidências de indicadores que evidenciaram o equipamento como o maior detrator da empresa. O estudo de caso desenvolvido na empresa teve como base a metodologia WCM e a filosofia da Manufatura de Classe Mundial, sendo utilizadas ferramentas de qualidade para obtenção da certificação WCM. Conclui-se que, a empresa obteve ganhos significativos com o uso da metodologia do WCM e da filosofia da Manufatura Enxuta, ao alcançar redução do custo de processo, bem como o objetivo de zero quebra da máquina estudada.

Palavras-chave: Manufatura Classe Mundial. Manufatura Enxuta. Ferramentas de Qualidade. Manutenção Profissional.

ABSTRACT

In the current global scenario, companies have been looking for solutions that allow them to obtain standards of quality, productivity, and delivery time at a lower cost, and in most cases the only way to remain in the market is to identify their losses and waste, in order to obtain more competitiveness and profitability in the competitive automobile market. In this sense, the work aims to present an application of World Class Manufacturing (WCM) in conjunction with Lean Manufacturing, for that, a case study was carried out in a company in the automotive sector in the interior of São Paulo. It is noteworthy that the work collects data and information about world-class manufacturing and lean manufacturing, bringing the concepts that deepen the theme, which characterizes bibliographic research. The work is applied research, as it intends to develop a system using an inductive method and based on collected data. Furthermore, it is an exploratory study with a qualitative approach. In this study, breakdown losses in a laser cutting machine were treated, and the machine was selected through evidence of indicators that showed the equipment as the company's biggest detractor. The case study developed at the company was based on the WCM methodology and the philosophy of World Class Manufacturing, using quality tools to obtain the WCM certification. It is concluded that, the company obtained significant gains with the use of the WCM methodology and the Lean Manufacturing philosophy, by achieving a reduction in the process cost, as well as the objective of zero breakage of the studied machine.

Keywords: World Class Manufacturing. Lean Manufacturing. Quality Tools. Professional Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o problema de pesquisa bem como o contexto, a justificativa, os objetivos e a organização geral dos capítulos nos quais este trabalho está inserido.

211

1.1 Contexto e Justificativa

No processo produtivo ou de manufatura existem muitas perdas que só aumentam o custo de produção, contribuindo negativamente para a rentabilidade e competitividade da empresa, como por exemplo, quebras de máquinas, defeitos de qualidade, atividades de valor não agregado (como por exemplo caminhar para pegar uma peça e montar, procurar por peças, esperar, ou seja, toda e qualquer atividade que não transforme o produto), entre outras (YAMASHINA, 2007 apud BUCANEVE; TAIRA, 2013).

Lean Manufacturing é o sistema de gestão que busca aumentar a eficiência e a produtividade reduzindo erros e redundâncias na produção industrial. O modelo foi desenvolvido por Taiichi Ohno, um engenheiro da fabricante de automóveis Toyota, e por esse motivo também ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção. A metodologia Lean descreve 7 macros áreas que serão foco de um processo de redução de desperdícios na cadeia de produção industrial, são elas: transporte, inventário, movimentação, espera, produção excessiva, processamento excessivo e defeitos.

Alicerçado pelas práticas japonesas de excelência, como o Toyota Production System (TPS), a Manufatura de Classe Mundial - World Class Manufacturing (WCM) vem sendo aplicada para a melhor gestão dos negócios por diversas organizações. O World Class Manufacturing (WCM) é uma associação de conceitos, técnicas e princípios que tem por finalidade auxiliar a gestão dos processos operativos de uma empresa (FLORES, 2016, p. 2).

O termo World Class Manufacturing (WCM) foi primeiramente utilizado por Hayes e Wheelwright em 1984 como um conjunto de práticas, implicando que o uso destas melhores práticas conduziria ao um nível superior de desempenho. Esta abordagem baseada na prática de produção de classe mundial foi ecoada por numerosos autores deste então (FLYNN, 1997).

Em 1986, Schonberger utilizou o mesmo termo, World Class Manufacturing (WCM) com uma abordagem mais impactante, levando a ideia de que adotando práticas de Just-in-Time e Qualidade Total qualquer empresa poderia reduzir seus leads times e se tornar uma Manufatura de Classe Mundial (CORTEZ, 2010).

Segundo Palucha (2012, p. 228),

WCM é um modelo de gestão integrada, que pressupõe a melhoria contínua das atividades dentro da estrutura do sistema organizacional. O objetivo é alcançar competitividade seguindo os seguintes princípios: “não desperdício”, “sem estoque”, “sem falha”, “sem defeito”, melhoria de processos aplicados, maior produtividade, maior segurança, custo redução etc. Além disso, para executar a fabricação de classe mundial é necessário usar o trabalho em equipe e preparar os funcionários para trabalhar nessas equipes.

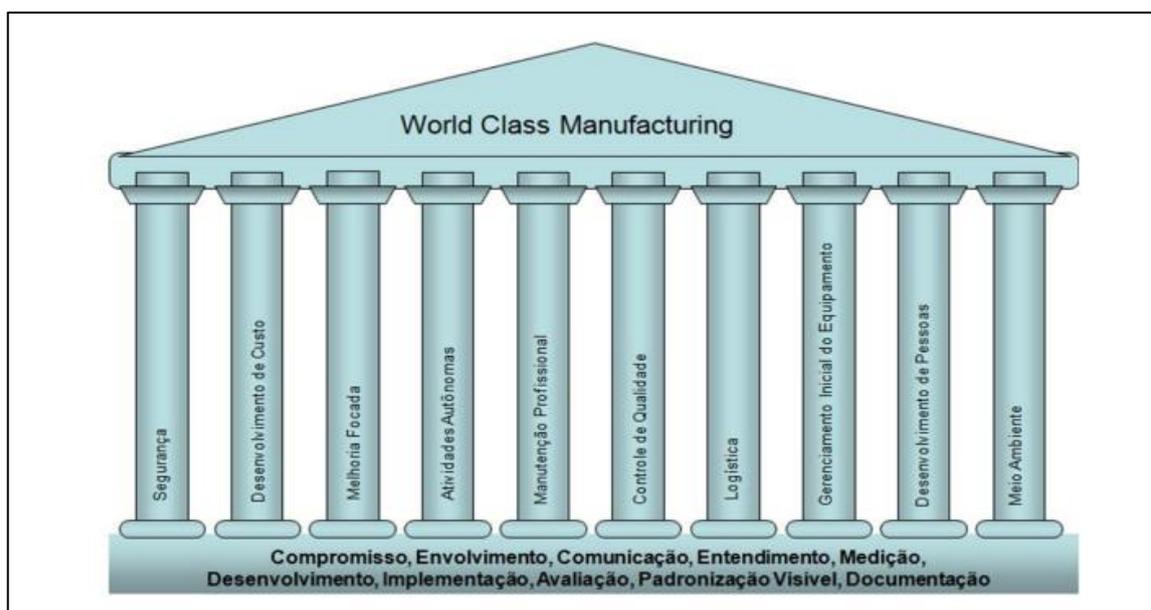
Dr. Hajime Yamashina conclui que “o primeiro passo para a Manufatura de Classe Mundial é implementar o Total Productive Maintenance (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (MPT) com sucesso e criar uma organização muito ativa. Quanto o TPM se tornar uma prática comum na produção diária, pode-se dizer que a empresa acaba de iniciar uma jornada para a Manufatura de Classe Mundial” (YAMASHINA, 2000, p.142).

Em suma, o objetivo do TPM é criar um senso de responsabilidade conjunta entre supervisão, operadores e trabalhadores de manutenção, não só para manter as máquinas funcionando sem problemas, mas também para otimizar seu desempenho (COOKE, 2000).

O programa do WCM é estruturado pelo aprofundamento das 10 principais áreas integradas da produção, conhecidos como pilares técnicos por meio do templo do WCM. A Figura 1.1 é o que o Professor Yamashina chama de templo do WCM. Com o modelo, é possível adquirir mais flexibilidade produtiva, maior segurança, ergonomia e agilidade para o trabalhador, além de maior qualidade final dos produtos.

O WCM é sustentado por dez pilares técnicos, neste trabalho são abordados os conceitos do Quinto Pilar do método WCM, o Professional Maintenance (PM) ou Manutenção Profissional (MP). A Manutenção Profissional facilita a colaboração e o comprometimento entre o manutentor e o operador, de forma a reduzir quebras aplicando técnicas de análise de falhas.

Figura 1.1 - Templo do WCM.



Fonte: Adaptado de Yamashina (2007).

Yamashina (2010) apud Borges, Oliveira e Oliveira (2014) define que o Pilar PM trabalha para tentar reduzir a zero as quebras de máquinas, atuando na análise de avarias, controlando

e diminuindo as quebras para que não ocorram problemas de produção. Este pilar tem atuação conjunta ao pilar de Autonomous Maintenance (AM) ou Manutenção Autônoma (MA), restaurando as condições básicas do equipamento e planejando a manutenção preventiva.

213

Palucha (2012, p. 230) define que as atividades no âmbito deste pilar: controle e análise de causas de falha, novas qualificações da equipe de manutenção, colaboração com funcionários responsáveis pela Manutenção Autônoma, entre outros.

Algumas empresas adotam práticas da Produção Enxuta para melhorar a eficiência de seus processos por meio da eliminação de desperdício e busca a melhoria contínua. Para realizar é comum a criação de programas baseados nessa filosofia (SHINGO, 1996).

O Sistema Toyota surgiu na década de 50 na Toyota, quando o executivo Taiichi Ohno implementou um sistema de produção que visava a redução dos sete tipos de desperdícios: defeitos nos produtos; superprodução; movimentação desnecessária dos trabalhadores; transporte desnecessário de material, ferramentas ou equipamentos; estoque de produto final, matéria-prima ou insumo; processamento desnecessário; espera dos funcionários por um equipamento ou atividade anterior para finalizar um trabalho.

Serão comparados alguns conceitos de Produção Enxuta, também conhecida como Lean Manufacturing, Produção Lean ou Sistema Toyota de Produção com os conceitos Manufatura de Classe Mundial. Assim será realizada uma nova configuração que envolverá uma mudança na forma de organização e trabalho, no qual é analisada a adoção de técnicas de gestão no contexto de programas da melhoria da Produção Enxuta voltada para empresa automobilística.

Este sistema de produção ficou conhecido pelo mundo inteiro pelos benefícios obtidos, como a redução de lead time ou (tempo de espera) e custos, e aumento da qualidade (WERKEMA, 2006).

Silva (2008, p. 3) constata “que um dos principais elementos de alavancagem do funcionamento de um Sistema de Produção Enxuta (SPE) é a capacidade de inovar, mudar e aprender continuamente, presente nesse sistema. Portanto, não é demasiado supor que a compreensão sobre essa capacidade seja imprescindível para a implementação de um SPE”.

1.2 Problema de Pesquisa

A proposta de problema de pesquisa para o trabalho é: Como a filosofia da Manufatura Enxuta integrada com a filosofia da Manufatura Classe Mundial auxiliam na solução de problemas em um processo de fabricação de corte à laser de uma linha de produção?

1.3 Objetivos

Os objetivos do presente trabalho são apresentados nas subseções 1.3.1. e 1.3.2.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é aplicar os conceitos de Manufatura Classe de Mundial e Manufatura Enxuta para melhoria de um processo de fabricação de corte à laser de uma linha de produção em uma indústria metalomecânica da Região Bragantina - SP.

214

1.3.2 Objetivos Específicos

Com o objetivo geral definido são propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Abordar o conceito do Sistema Toyota de Produção, Manufatura Enxuta, WCM e ferramentas de melhoria. Otimizar a confiabilidade das instalações a um custo economicamente sustentável a fim de diminuir o desperdício;
- b) Compreender o método do pilar Profissional de Manutenção do WCM;
- c) Aplicar os passos de 0 a 3 do WCM para certificação da empresa;
- d) Elaborar uma análise de quebra da máquina;
- e) Mensurar os indicadores MTBF, MTTR e Disponibilidade.

1.4 Apresentação e Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, os quais estão organizados em 5 capítulos:

Capítulo 1: Introdução – Introdução do trabalho, contextualização do tema, problema de pesquisa, objetivos e a estrutura do trabalho;

Capítulo 2: Fundamentação Teórica – Aborda a apresentação dos conceitos para fundamentação teórica e desenvolvimento do estudo, os quais são: WCM, manufatura enxuta, pilares envolvidos e utilizados do WCM, Kaizen e 5S;

Capítulo 3: Método – Destina-se a apresentar a classificação da pesquisa, o método para aquisição de dados e os procedimentos utilizados, modelando a solução para o problema de pesquisa do trabalho;

Capítulo 4: Apresentação e Análise do Estudo de Caso – Neste capítulo é apresentada a implementação do conceito do WCM em uma indústria automobilística, que têm como intuito a aplicação e desenvolvimento dos pilares do WCM. E ainda, os dados coletados, das análises, discussões e resultados de acordo a literatura levantada;

Capítulo 5: Conclusões e Considerações Finais – São apresentadas neste capítulo as considerações finais do trabalho, de acordo com o problema de pesquisa do mesmo e as conclusões perante os objetivos inicialmente propostos. E por fim, as limitações da pesquisa e as propostas de trabalhos futuros.

Finalmente são apresentadas as referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo se destina a apresentar toda a base teórica necessária para a compreensão e fundamentação do Estudo de Caso a ser desenvolvido. A manufatura enxuta é incorporada na rotina produtiva das empresas complementando os avanços da indústria 4.0. Com a automação de serviços em grande escala, a troca de dados e a remodelagem de etapas de produção e processos com uso de máquinas, inteligência artificial e computadores, é ainda mais relevante que a qualidade da gestão operacional acompanhe o ritmo dos avanços. As técnicas de produção enxuta estão, atualmente, entre as melhores práticas de gestão de operações aplicadas em sistemas produtivos, sendo determinantes para a competitividade da indústria.

2.1 WCM - World Class Manufacturing

A metodologia do WCM foi mencionada primeiramente por Richard Schonberger em 1986 com a publicação do livro *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*. De acordo com Schonberger (1989), o WCM tem uma meta predominante e uma forma fundamental de se pensar para que seja possível alcançá-lo: o melhoramento contínuo e rápido. O modelo do WCM mencionado por Schonberger consistia na adequação das técnicas de produção Just in Time (JIT), no forte compromisso com a Total Quality Management (TQM) e o Total Productive Maintenance (TPM), e no envolvimento de todos os colaboradores nas atividades de melhoria (FLORES, 2016).

O Sistema de gestão do WCM é regido por 10 pilares, sendo cinco com prática na excelência operacional e cinco com prática na satisfação do cliente. O sistema de gestão tem por finalidade atuar na sistemática de eliminação de perdas através do envolvimento de todos, com o objetivo de alcançar o nível de classe mundial. São eles:

- ✓ **Segurança (SAF - Safety):** propõe a melhoria contínua do ambiente de trabalho e a eliminação das condições que podem gerar incidentes e lesões, devido a situações de risco e de comportamentos perigosos. Esses objetivos podem ser alcançados difundindo-se a cultura da segurança em todos os níveis organizacionais;
- ✓ **Desdobramento de Custos (CD - Cost Deployment):** o objetivo do método é inovar os sistemas de Administração e Controle das fábricas, introduzindo uma estreita correlação entre a identificação das áreas a serem melhoradas e os resultados de melhoria de desempenho, obtidos aplicando os pilares técnicos do WCM e medidos por meio de KPIs, permitindo definir os programas de

melhoramento que tiveram impacto na redução de perdas e de tudo o que pode ser classificado como desperdício ou sem valor agregado.

- ✓ **Manutenção Autônoma (AM - Autonomous Maintenance):** faz parte das tarefas que têm como escopo prevenir quebras na máquina, quando estas ocorrem devido às falhas de manutenção de suas condições básicas. A manutenção autônoma não é uma atividade especializada como a manutenção profissional, baseia-se na competência do operador por intermédio da aplicação rigorosa de procedimentos padrão e da melhoria contínua desses padrões;
- ✓ **Manutenção Profissional (PM – Professional Maintenance):** compreende todas as rotinas relacionadas à construção de um sistema de manutenção capaz de reduzir a zero as quebras e as pequenas paradas das máquinas e equipamentos e de obter economias, alongando o ciclo de vida das máquinas através da utilização de práticas de manutenção baseada na capacidade de alongar a vida dos componentes;
- ✓ **Controle da Qualidade (QC – Quality Control):** propõe a obtenção de produtos com zero defeito e construção da qualidade internamente no processo (qualidade embutida no processo), através da análise cuidadosa da “capabilidade” do processo e controle apropriado do processo;
- ✓ **Logística (LOG – Logistics):** trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço aos clientes a um custo razoável, fazendo chegar no local correto, no momento correto, na quantidade correta;
- ✓ **Gestão Preventiva de Equipamentos (Early Equipment/ Product Management):** tem por objetivo atingir custos reduzidos do ciclo de vida dos equipamentos, equipamentos confiáveis, de fácil manutenção, acessíveis, de fácil inspeção e limpeza, de baixo barulho/ruído; ciclos de Manutenção Preventiva definidos na fase de projeto, e economicamente sustentados, com setup e reinício rápido e qualidade elevada do produto;
- ✓ **Desenvolvimento de Pessoas (PD – People Development):** tem o objetivo de instituir na fábrica um sistema de desenvolvimento das competências das pessoas, identificando os motivos que as levam a cometer erros e possíveis acidentes. Este pilar por sua vez, pode ser considerado como um fator chave de competitividade para a excelência;
- ✓ **Meio Ambiente (ENV – Environment):** relacionado a todo o sistema produtivo através de uma visão orientada para a conscientização e a gestão dos aspectos

e impactos ambientais relativos às atividades realizadas. O princípio em que está baseado o Pilar de Meio Ambiente é o de melhoramento contínuo do desempenho ambiental no setor produtivo;

- ✓ **Melhoria focada (FI – Focused Improvement):** dedicado as grandes perdas resultantes do Cost Deployment que tem um forte impacto sobre o budget e os KPIs da fábrica, das quais as soluções resultam em importantes economias. É uma proposta focalizada na solução de temas específicos e identificáveis que se propõe a obter resultados a curto prazo, com um benefício elevado em termos de redução de custos devido às perdas e os desperdícios.

As grandes companhias japonesas, tão bem-sucedidas atualmente também nos Estados Unidos da América, otimizaram a execução dessa filosofia. Elas possuem simultaneamente custos menores, qualidade melhor, serviço melhor e maior flexibilidade do que os concorrentes, que não evoluíram tão rapidamente com tal filosofia. Conseqüentemente, as empresas japonesas têm sido imensamente bem-sucedidas, concorrendo com empresas geridas pelos processos convencionais.

Os três níveis que regem o WCM são: a inteligência da perda, a erradicação da perda e a prevenção da perda. No sistema de gestão WCM as perdas são vistas como oportunidades e conseqüente aprimoramento no processo produtivo, desde a concepção da matéria prima até o produto. É através da inteligência da perda que encontramos o potencial para futuras melhorias e decidimos um plano de ataque para cada oportunidade e assim se inicia o ciclo da metodologia WCM.

De acordo com Hino (2009), a filosofia de excelência de manufatura baseia-se em dois princípios:

- 1) **Aprimoramento Contínuo** - A produtividade, a qualidade, o serviço ao cliente/consumidor e a flexibilidade no desenho de produto e alterações de programação devem aprimorar-se continuamente. Não há a hipótese de compensação de qualidade (menor) por custo (menor). É possível melhorar em todas essas direções simultaneamente. Há sempre espaço para melhoria adicional e um aprimoramento estabelecendo-se um processo cíclico;
- 2) **Eliminação de Desperdício** - O desperdício é algo que não adiciona valor ao produto. Valor é normalmente adicionado quando matérias-primas ou materiais comprados são transformados do estado de seu recebimento em um estado mais elaborado que alguém queira comprar. Por essa definição, desperdício inclui coisas como componentes contáveis, todas as formas de inspeção, teste, armazenagem, manuseio de materiais, geração de relatórios, má qualidade (ou seja, reprocessamento, resíduo, garantia, “períodos-de-processamento” excessivos e estoques).

2.2 Manufatura Enxuta

Apesar de ter surgido em uma indústria automobilística japonesa, a filosofia do lean manufacturing hoje passou a ser aplicada em empresas dos mais diferentes setores, de matérias-primas à distribuição, de serviços à manufatura, com o sucesso e resultados de excelência, como na época de sua origem (HINO, 2009).

O termo lean foi definido no final dos anos 80 em um projeto de pesquisa do Massachusetts Institute of Technology, que estudou a indústria automobilística mundial buscando mapear as melhores práticas da indústria, através de entrevistas com empregados, sindicalistas e funcionários do governo. O estudo evidenciou a notória superioridade da Toyota, que havia desenvolvido um novo sistema de gestão, muito superior quando se tratava de desenvolvimento de produtos e relacionamentos com clientes e fornecedores. A produção enxuta, ou lean manufacturing, foi o termo então usado para definir este novo sistema de produção muito mais eficiente, ágil, flexível e inovador do que a produção em massa (HINO, 2009).

A noção de fabricação enxuta não é nova e tem sido identificada com muitos nomes diferentes, chamada de fluxo de fabricação, Sistema Toyota de Produção, just-in time (JIT) e tecnologia de fluxo de demanda, porém tornou-se conhecida mesmo como Manufatura Enxuta ou Lean Manufacturing. A palavra 'enxuta' é utilizada para descrever esse sistema produtivo, pois quando comparado com a produção em massa, implica em mais agilidade, rapidez e menor utilização de recurso. Segundo Rago et al. (2003), a manufatura enxuta abrange uma série de processos flexíveis, que possibilitam a produção ao menor custo, eliminando as perdas. Este sistema produtivo, também possibilita as empresas a fabricarem uma grande variedade de produtos, conforme pedidos específicos além de entregá-los aos clientes com lead time mais curtos.

Em suma, pode-se entender que a Manufatura Enxuta é um, entre vários nomes adotados para definir o conjunto de técnicas, princípios e recomendações oriundas dos conceitos e pilares do STP, que as empresas seguem com o objetivo de se tornarem mais ágeis e enxutas, potencializando seus resultados perante os desafios de mercado, conforme definido por Womack, Jones e Roos (1990).

Basicamente, o significado de ser enxuto remete a obter as coisas certas, no lugar certo, na hora certa, na quantidade certa, minimizando o desperdício, sendo flexível e aberto a mudanças. Assim, um processo deve fazer apenas o que o próximo processo necessita, no momento que ele necessitar (ROTHER e SHOOK, 2003).

De acordo com Womack, Jones e Roos (1990), os princípios que guiam a implementação de um sistema de Manufatura Enxuta são:

- a) Definir detalhadamente o significado de valor de um produto por meio da perspectiva do cliente final, em termos das suas especificações como preço, prazo de entrega, entre outros;
- b) Identificar o fluxo de valor do produto, incluindo os dados de cada operação de transformação necessária, bem como o fluxo de informações inerentes ao mesmo;

- c) Gerar um fluxo de valor contínuo com base na cadeia de valor obtida, de modo que isso ocorra sem interrupções, com objetivo de reduzir e, se possível, eliminar as atividades que não agreguem valor na cadeia identificada;
- d) Configurar o sistema produtivo, de forma que o seu acionamento ocorra a partir do pedido do cliente, seja ele interno ou externo, de forma que o fluxo da programação seja puxado, não empurrado;
- e) Buscar incessantemente a melhoria do fluxo de valor por meio de um processo de melhoria contínua da redução de perdas.

A literatura disponível está repleta de autores que adaptaram e usaram várias dessas ferramentas e técnicas na descrição de seus trabalhos. O Quadro 2.1 apresenta uma síntese das várias ferramentas e técnicas disponíveis, com uma breve explicação de cada uma delas, com suas respectivas referências, conforme proposto por Okimura (2013).

Quadro 2.1 - As Ferramentas da Manufatura Enxuta.

Ferramentas	Descrição	Referência sobre conceituação e aplicação
<i>Kaizen</i>	É uma palavra japonesa que significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor (sistema) ou de um processo individual, por meio da busca da inovação e evolução, com objetivo de se agregar mais valor para o cliente e eliminar as atividades que não são consideradas desperdícios.	Imai (1992), Rother e Shook (1999), Brunet e New (2003), Marchwinski e Shook (2007), Murata e Katayama (2010), Garcia, Rivera e Iniesta (2013)
<i>Just In Time (JIT)</i>	O JIT é um sistema de produção que produz e entrega produtos na quantidade e no tempo necessário. Ele é um dos pilares do Sistema de Produção Toyota. O JIT é auxiliado pelo Heijunka e é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado (<i>Kanban</i>), o tempo Takt e o Fluxo Contínuo.	Ghinato (1995), Seeluangsawat e Bohez (2004), Liker (2005), Marchwinski e Shook (2007), Al-Tahat, AlRefaie, Al-Dwairi (2012), Pisuchpen (2012), Tayal (2012)
<i>Kanban</i>	O <i>kanban</i> é um cartão que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. É um método de controle de produção do sistema JIT, que autoriza a produzir somente o necessário, e quando o cliente solicita (puxa), desta forma elimina-se a produção em excesso e o ressurgimento do material ocorre de acordo com a necessidade do cliente.	Shingo (1996), Huang e Kusiak (1996), Smalley (2004), Marchwinski e Shook (2007), Ohno (1997), Liker (2005), Moura (1989), Ali, Santini e Rahman (2012), Gallo, Revetria e Romano (2012), Matzka, Di Mascolo e Furmans (2012)
5S	O 5S é um programa que possui cinco elementos que descrevem práticas para melhorar o ambiente de trabalho, sendo eles: 1. <i>Seiri</i> (separação e descarte); 2. <i>Seiton</i> ,	Liker (2005) e Marchwinski e Shook (2007), Chen e Meng (2008), Acharya (2011),

	(organização); 3. <i>Seiso</i> (limpeza); 4. <i>Seiketsu</i> (padronização); 5. <i>Shitsuke</i> (disciplina).	Malboeuf (2011), Deros, Jun e Rahman (2012)
Value Stream Mapping (VSM)	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM), na tradução em português Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma ferramenta simples que auxilia a enxergar e compreender todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega. Por meio desse mapeamento é possível identificar as perdas potenciais do processo (atividades que não agregam valor) e direcionar ações de melhoria para eliminá-las e aumentar as atividades que agregam valor.	Rother e Shook (1999), Marchwinski e Shook (2007), Esfandyari et al. (2011), Singh, Garg e Sharma (2011), Bhamu, Kumar e Sangwan (2012), Jiménez et al. (2012)
Fluxo Contínuo	Produzir e movimentar um item por vez (<i>One Piece Flow</i>) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente e sem espera. Assim, em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Com esta técnica é reduzida a quantidade de material em processamento (WIP – <i>Work In Process</i>) e a quantidade de materiais não conforme, uma vez que os defeitos são detectados antes de serem transferidos para a etapa do processo seguinte. Com o fluxo contínuo evita-se produzir grandes lotes com risco de serem defeituosos.	Rother e Harris (2002), Harris, Harris e Wilson (2004), Smalley (2004), Marchwinski e Shook (2007), Álvarez et al. (2009), Garza-Reyes et al. (2012), Tayal (2012)
Heijunka	<i>Heijunka</i> é uma ferramenta de nivelamento do mix e da quantidade a ser produzida durante um dado período. Isso permite que a produção atenda a demanda do cliente, evitando o excesso de estoque, reduzindo custos, mão de obra e <i>lead time</i> de produção em todo o fluxo de valor.	Horn e Cook (1997), Coleman e Vaghefi (1994), Rother e Shook (1999), Liker (2005), Marchwinski e Shook (2007), Smalley (2004), Matzka, Di Mascolo e Furmans (2012)
Total Productive Maintenance (TPM)	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) na tradução em português Manutenção Produtiva Total é um método que utiliza uma série de técnicas para garantir que todas as máquinas do processo de produção estejam sempre aptas a realizar suas tarefas. Esta técnica tem de pôr o objetivo maximizar a eficiência dos equipamentos através de manutenções autônomas, preditivas e preventivas. Este conceito está fundamentado na melhoria do uso de técnicas de manutenção aumentando a confiabilidade dos equipamentos e reduzindo os tempos de paradas por quebras ou mau funcionamento.	Nakajima (1989), Shirose (1996), Ahuja e Khamba (2008a), Ahuja e Khamba (2008b), Ohunakin e Leramo (2012), Singh e Ahuja (2012)
Troca Rápida de Ferramenta	<i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) é uma técnica para redução do tempo de preparação (<i>setup</i>) de uma máquina. O <i>setup</i> é considerado o tempo gasto para preparar um processo desde a última peça boa do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte. Esta técnica consiste buscar uma redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos, separando seus tempos em internos e externos, eliminando os tempos externos e reduzindo os internos.	Shingo (1996), McIntosh et al. (2000), Shingo (2000), Sugai, McIntosh e Novaski (2007), Peter (2010), Singh e Khanduja (2010), Ulutas (2011)
Tempo Takt	É o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. O tempo <i>takt</i> é quem dita o ritmo de produção de	Rother e Shook (1999), Alvarez e Antunes Jr (2001),

	uma linha; é a batida do coração de um sistema LP. O objetivo do tempo <i>takt</i> é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo ao sistema de produção.	Liker (2005), Mahapatra e Mohanty (2007), Marchwinski e Shook (2007), Shewchuk (2008), Duanmu e Taaffe (2012)
Trabalho Padronizado	É a prática de estabelecer os procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção. Para definir este procedimento é necessário considerar os seguintes elementos da produção enxuta: o tempo <i>takt</i> ; a sequência exata de trabalho de cada operador; e o estoque padrão.	Ohno (1997), Marchwinski, Liker (2005) e Shook (2007), Mariz et al. (2012)
Layout Celular	O <i>layout</i> celular é uma forma de arranjo para alinhar fisicamente os processos na sequência que produzirá o que for solicitado pelo cliente no menor período de tempo, eliminando departamentos e criando células de trabalho agrupadas por produtos e não por processo.	Liker (2005), Marchwinski e Shook (2007), Pattanaik e Sharma (2009), Saurin, Marodin, Ribeiro (2011), Bhasin (2012), Deif (2012)
Jidoka (Autonomia)	<i>Jidoka</i> ou é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. Ele é conhecido também como automação com um toque humano. Seu conceito consiste em capacitar as máquinas e os operadores a habilidade de detectar quando uma anomalia ocorreu e interromper imediatamente o trabalho, evitando assim a geração de não conformidades no processo. Deste modo a qualidade do produto torna-se robusta em cada etapa do processo, separando o homem das máquinas para um trabalho mais eficiente.	Ohno (1997), Liker (2005), Danovaro, Janes e Succì (2008), Barua et al. (2010)
Andon	O <i>Andon</i> é um painel que permite o gerenciamento visual, mostrando o estado das operações em uma área e sinaliza quando qualquer anomalia. O painel pode ser acionado por qualquer membro de uma linha de produção e, ao perceber este sinal, todos devem se envolver para solucionar o problema o mais rápido possível.	Liker e Lamb (2002), Li e Blumenfeld (2005). Tinham (2005), Marchwinski e Shook (2007), Acharya (2011)
Poka Yoke (à prova de erros)	É um sistema prova de defeitos, com inspeção 100% através de controle físico ou mecânico. Os dispositivos ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, fabricação invertida, esquecimento de um componente etc.	Ghinato (1995), Shingo (1986), Shingo (1996), Tommelein (2008), Miralles et al. (2011), Saurin, Ribeiro e Vidor (2012)
5 Por Quês	É uma técnica para identificação da causa raiz de um problema. Consiste em se perguntar "por quê?" repetidamente sempre que se encontrar um problema, identificando a relação da causa e efeito até chegar à causa raiz do problema.	Marchwinski e Shook (2007), Sobek e Smalley (2010)
A3	É um relatório em tamanho de um formato de papel A3, para identificação e análise de problemas, bem como plano de ação para sua tratativa. É uma ferramenta simples e de fácil utilização, fundamentada no ciclo PDCA (<i>Plan, Do, Check and Action</i>) não se limitando apenas à resolução de problemas da produção.	Sobek e Smalley (2010), Anderson, Morgan e Williams (2011), Gnanaguru et al. (2011), Ghosh (2012)

Contabilidade <i>Lean</i>	A contabilidade <i>Lean</i> tem como objetivo suportar a empresa como uma estratégia de negócio. Esta técnica é usada para migrar do modelo de contabilidade tradicional para um sistema que motiva a busca por práticas do pensamento enxuto. A contabilidade <i>Lean</i> visa fornecer informações adequadas para o controle e tomada de decisão e prover uma melhor compreensão do valor do cliente e os impactos financeiros das melhorias alcançadas.	Grasso (2006) Huntzinger (2007), Kennedy e Widener (2008), Merwe (2008), Maskell, Baggaley e Grasso (2011), Ahakchi et al. (2012), Chiarini (2012).
---------------------------	--	---

Fonte: Adaptado de Puerta (2016).

2.2 Pilares do WCM Analisados no Trabalho

De maneira mais detalhada, serão abordados os conceitos e definições dos pilares de PM e o básico do pilar *Autonomous Maintenance* (AM) ou Manutenção Autônoma (MA). O pilar de Professional Maintenance (PM) ou Manutenção Profissional (MP) engloba as atividades relacionadas com a consolidação de um sistema de manutenção, com o objetivo de reduzir a zero o número de quebras de uma máquina ou equipamento e, conseqüentemente, de obter economias. Maximizar a disponibilidade a um baixo custo é a premissa deste pilar, que faz parte da melhoria contínua de uma empresa.

Para entrar na área de manutenção profissional, foco desse projeto, deve-se primeiro saber porque as falhas ocorrem. Segundo o professor Yamashina (2007) apud Bucaneve e Taira (2013), os equipamentos são projetados para serem confiáveis, mas são passíveis de quebrarem porque consistem em muitos componentes, e se um componente (de classificação A) quebrar, a máquina vai quebrar também. Os objetivos gerais de PM são: maximizar a confiabilidade e disponibilidade a custo mínimo; eliminar as atividades não planejadas; atingir zero quebras e perdas por falha no processo com a cooperação do pessoal da produção *Autonomous Maintenance* (AM) e *Quality Control* (QC).

De acordo com Yamashina (2007) apud Bucaneve e Taira (2013), o pilar de CD é um dos, senão o maior diferencial do WCM para as outras técnicas de redução de custos. É o pilar responsável por transformar as perdas do processo de produção, que são medidas em horas, kWh, m³ e outros em valor monetário. Uma vez transformadas as perdas em custo, faz-se a priorização das atividades de cada pilar responsável por atuar em sua respectiva perda. Assim, garante-se que serão priorizadas as áreas ou as máquinas que mais possuem perdas, do ponto de vista financeiro, e não se desperdiça investimentos ou tempo em projetos que não darão tanto retorno. Num segundo momento, este pilar deve acompanhar o andamento dos projetos e controlar seus custos, assim como medir a efetividade de cada projeto lançado.

O custo é calculado buscando-se sempre vincular a perda resultante a uma perda que é chamada de causal. Por exemplo, se uma máquina de uma linha quebra, deve-se levar em consideração o tempo que o operador desta máquina ficará ocioso, o tempo que os outros operadores ficarão ociosos (operadores das máquinas ou equipamentos anteriores e posteriores à máquina quebrada, em caso de máquinas interligadas ou que são forçadas a pararem, entre outras causas), além do custo de materiais de reposição. Ou seja, leva-se em

conta, para calcular o custo das quebras, o custo de material, mão de obra direta e indireta, e até o custo do consumo energético (YAMASHINA, 2007 apud BUCANEVE E TAIRA, 2013).

Com o custo de todas as perdas calculadas, e ainda estratificadas, é preciso classificar as máquinas entre AA, A, B e C. Segundo a metodologia WCM, as perdas nas máquinas AA totalizam 50% do total de perdas devido a quebras. As máquinas A englobam mais 20%, as B, outros 20% e os 10% restante estão na máquina C. Essa classificação se baseia somente em custo, num primeiro momento, e depois em outras análises, a qual se deve levar em consideração fatores como tempo de reparo médio das máquinas, impacto na produção e na qualidade e até mesmo segurança e meio ambiente.

2.4 Kaizen

Segundo Brocka (1994, p.12), melhoria contínua, ou kaizen, são pequenas melhorias que se feitas continuamente no decorrer do tempo atingirão maiores mudanças todo o tempo, e não necessariamente somente em um determinado período. Segundo Corrêa (2011, p. 223), para que o kaizen tenha sucesso todos da organização devem estar envolvidos, desde trabalhadores da linha de frente a gestores. É um método gradual. Atividades que envolvem o kaizen são conduzidas das mais variadas maneiras e com uma variedade de objetivos, tendo como característica essencial a orientação para times de trabalho que, através de intenso envolvimento pessoal, sugerem, analisam, propõem e, se a alteração sugerida é aprovada pelo comitê competente, implementa.

2.5 5S

O programa 5S teve sua origem no Japão durante a década de 1950, seu criador foi Kaoru Ishikawa, o objetivo do programa foi promover a qualidade e a produtividade das indústrias japonesas após a Segunda Guerra Mundial (HEIDRICH, NICÁCIO e WALTER, 2019). A ferramenta 5S combina cinco práticas que têm como objetivo a padronização e organização do espaço de trabalho e, acima de tudo, a manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho (FRANÇA, 2013). A sigla “5S” resulta de cinco palavras japonesas, quando aplicadas no Brasil receberam as seguintes descrições:

- 1) **SEIRI (senso de utilização):** Este senso consiste em diferenciar os itens úteis dos inúteis, ou seja, em um posto de trabalho deve ser eliminado o que não é necessário, como exemplo: produtos defeituosos, máquinas e equipamentos obsoletos;
- 2) **SEITON (senso de organização):** Consiste em definir os locais adequados para armazenar os objetos conforme seu nível de utilização. Os utensílios e instrumentos mais utilizados devem ser identificados e guardados de forma organizada em locais próximos ao posto de trabalho, isto minimiza a perda de tempo na procura diária dessas peças;
- 3) **SEISO (senso de limpeza):** Incide em manter o ambiente de trabalho limpo e arrumado, ou seja, sem nenhum lixo ou sujeira na área de trabalho. O posto de trabalho deve possuir condições favoráveis para as práticas do trabalho;

- 4) **SEIKETSU (senso de padronização):** Este senso consiste na manutenção dos três primeiros sentidos. Nesta etapa deve realizar de forma diária as atividades que buscam manter a limpeza e higiene do local de trabalho. É importante nesta fase avaliar os resultados conquistados e identificar os pontos que podem ser melhorados. O seiketsu também recebe o nome de senso de saúde/asseio, pois sua manutenção estabelece um ambiente saudável nas relações interpessoais. Um ambiente limpo torna-se mais agradável para execução das atividades laborais;
- 5) **SHITSUKE (senso de disciplina):** A disciplina busca desenvolver o hábito de cada funcionário em manter os padrões alcançados, adotando as regras, normas e procedimentos. Este senso resume a prática dos bons hábitos, nesta etapa é primordial a união de todos da empresa visando a melhoria contínua.

Natali (1995) e Ribeiro (1994) relatam que o compromisso pessoal com o cumprimento dos padrões éticos, morais e técnicos, definidos pelo programa 5S, define a última etapa desse programa. A implantação do 5S não está baseada somente no estudo da teoria e dos conceitos, mas principalmente na mudança de atitudes, comportamentos e pensamentos.

2.6 Ciclo PDCA

Conforme Deming (1990) e Junior et al. (2006), o Ciclo de Deming ou Ciclo de Shewhart é composto por quatro etapas:

- a) **Plan (Planejamento):** consiste no estabelecimento da meta ou objetivo a ser alcançado, e do método (plano) para se atingir este objetivo;
- b) **Do (Execução):** é a etapa de execução da meta e do plano, de forma que todos os envolvidos entendam e concordem com o que se está propondo ou foi decidido;
- c) **Check (Verificação):** durante e após a execução, deve-se comparar os dados obtidos com a meta planejada, para se saber se está indo em direção certa ou se a meta foi atingida;
- d) **Act (Ação):** transformar o plano que deu certo na nova maneira de fazer as coisas.

O Ciclo PDCA, apresentado por Deming (1990), pode ser utilizado de acordo com a maneira de gerenciamento desejada. De acordo com a metodologia do ciclo é possível afirmar que o PDCA, tem sido considerado como um método primordial para o funcionamento das ferramentas da qualidade além de promover melhoria contínua.

2.7 5W1H

O 5W1H trata-se de um método baseado em diretrizes, onde cada uma dessas diretrizes aponta para um resultado diferente. O método é constituído por diversos questionamentos importantes relacionados ao objetivo traçado. Na maioria dos casos esses questionamentos são feitos por meio de documentos como planilhas ou tabelas, onde é possível colocar as questões e as respostas mais adequadas a cada categoria.

Sendo assim, podemos pôr fim concluir que o método 5W1H funciona como um guia na resolução de novos projetos e ações que serão realizadas pela empresa. Por isso, o método é muito útil no planejamento de qualquer projeto ou objetivo que a empresa tenha como meta.

225

Esta ferramenta é utilizada no mapeamento e na padronização de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores. Peinado e Grami (2007) afirmam que a ferramenta recebeu esse nome em função de letras iniciais de algumas perguntas em inglês, sendo elas What (O que), Where (Onde), Who (Quem), Why (Porque), When (Quando), How (Como). Por meio desta ferramenta pode-se investigar e definir as principais questões que envolvem o processo de elaboração de planos de ação e definições de responsabilidade, gerando uma visão estruturada e planejada, bem como colaborando para o monitoramento da realização das ações. (BASSAN, 2018).

2.8 5 Porquês (5-Why)

Na técnica dos cinco porquês desenvolvida pela Toyota, os funcionários vão se perguntar "por que" cinco vezes e respondendo para cada um dos cinco "porquês". O objetivo destes cinco porquês é de descobrir a causa raiz de um problema (MAAROF e MAHMUD, 2016).

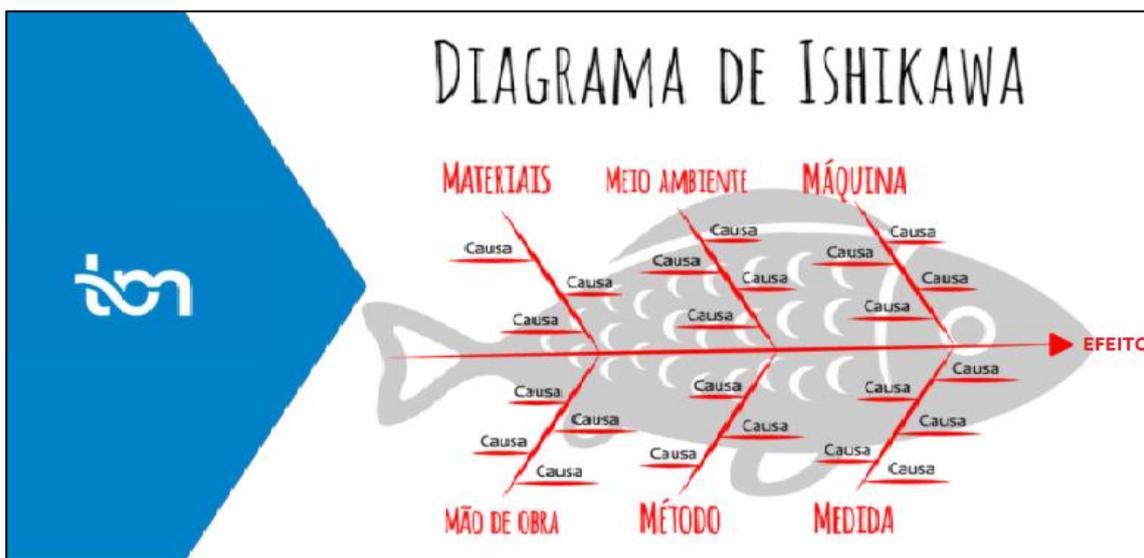
2.9 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta da qualidade que ajuda a levantar as causas-raízes de um problema, analisando todos os fatores que envolvem a execução do processo. Todo problema tem causas específicas, e as mesmas devem ser analisadas e testadas, a fim de comprovar qual delas está realmente causando o problema que se quer eliminar. Assim eliminado as causas, por consequência elimina-se o problema (MARTINS, 2019).

Os passos para construção do Diagrama de Ishikawa são:

- 1) Identificar as causas potenciais por meio de brainstorming;
- 2) Numerar as ideias para identificar causas principais;
- 3) Classificar sub-causas;
- 4) Criar uma estrutura de espinha de peixe;
- 5) Desenvolver por completo o diagrama espinha de peixe.

Figura 2.1 – Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Adaptado de Túlio Martins (2019).

2.10 Metodologia 5G

De acordo com Queiroz e Oliveira (2018), os princípios dos 5G são utilizados para identificar a causa raiz de um problema e eliminá-lo. Assim são eles:

- Gemba (lugar onde as coisas acontecem),
- Genbutsu (examinar o objeto – produto, máquina, ferramenta),
- Genjitsu (checar os fatos),
- Genri (análise dos princípios de funcionamento dos processos e seu conhecimento)
- Gensoku (avaliação de procedimentos padrão). Ainda de acordo com o autor, por meio desses conceitos a descrição do problema realizado, facilita o entendimento do mesmo em detalhes.

O 5G serve para se chegar às conclusões reais de melhoria contínua e resolução de problemas por meio de observações diretas das condições atuais em que o trabalho está sendo realizado.

2.11 MTBF

MTBF (Mean Time Between Failure) / TMEF (Tempo médio entre falhas): calcula o tempo médio decorrido entre uma falha e a próxima, sendo uma medida simples de confiabilidade de itens reparáveis (KARDEC, NASCIF, 2013). É obtido através da soma das horas disponíveis dividida pelo número de intervenções corretivas executadas, no mesmo período, conforme apresentado na Eq. 2.1 (VIANA, 2002).

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tempos de funcionamento}}{\text{Números de paradas em manutenção corretiva}} \quad (2.1)$$

2.12 MTTR

MTTR (Mean Time to Repair) / TMR (Tempo médio para reparo): tempo médio total para reparo da falha, envolvendo as equipes necessárias. Viana (2002) esclarece que o MTTR é obtido pelo somatório do tempo indisponível dividido pelo número de intervenções da manutenção (corretivas e preventivas), de acordo com a Eq. 2.2.

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempos de reparos}}{\text{Números de intervenções realizadas}} \quad (2.2)$$

Mean Time Between Faults (MTBF): representa a confiabilidade do equipamento, ou o tempo médio entre falhas medido em horas. MTTR – Mean Time to Repair: o tempo médio para reparo medido em horas. Engloba todo o período em que o equipamento está indisponível para utilização.

2.13 Disponibilidade

Representa a probabilidade de o equipamento estar disponível em um dado momento. Ela pode ser calculada como a fração do tempo em que o equipamento ou sistema esteve operando em relação ao tempo total existente para operar, conforme apresentado na Eq. 2.3.

2.14 Breve Resumo do Capítulo

Esse capítulo apresentou os principais conceitos para compreensão, fundamentação teórica e desenvolvimento do estudo de caso, são eles: manufatura enxuta, pilares utilizados e envolvidos do WCM utilizado no trabalho, Kaizen, 5S, PDCA, 5W1H, 5 Por quê (WHY), Diagrama de Causa e Efeito, 5G, e os indicadores de manutenção MTTR, MTBF e disponibilidade.

3 MÉTODO

Este capítulo objetiva explicitar a caracterização da pesquisa, bem como os procedimentos utilizados e o objeto de estudo.

O estudo da utilização da Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta em um Processo de Fabricação Industrial de Corte à Laser, de acordo com os objetivos apresentados para esta pesquisa, teve como demanda uma contextualização histórica e teórica, a fim de

comprovar a efetividade do processo de melhoria contínua na gestão dos processos operativos dentro do sistema organizacional vivenciado. Como objetivo principal, pode-se citar a otimização da confiabilidade e a disponibilidade do equipamento para maximizar os resultados financeiros da planta, através de uma manutenção profissional efetiva e melhoria contínua nos equipamentos.

Pretende-se ainda enfatizar a aplicação profissional de manutenção, maximizar a confiabilidade do equipamento com abordagem de baixo custo, melhoria contínua com base no MTTR, desenvolver as competências do setor de manutenção e operadores a fim de alcançar níveis de MTBF superiores a 300 horas (máquina modelo AA) e redução dos custos da manutenção preventiva.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esse trabalho terá o objetivo de reunir dados e informações sobre a manufatura classe mundial e Manufatura Enxuta trazendo os conceitos que serão aprofundados no tema, se caracterizando como uma pesquisa bibliográfica. Segundo Cervo, Bervian e Silva, (2007, p. 60), “pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva experimental”. Complementarmente, o trabalho utiliza de estratégia de estudo de caso, a qual será detalhada na seção 3.2.

Por pretender desenvolver um projeto com conceitos do WCM, o qual foi executado através da utilização do método indutivo, este projeto trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada. Para Lakatos e Marconi (2007, p. 86), “Indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam”. Por se tratar de um projeto onde o conhecimento é fundamentado na experiência, não levando em conta princípios preestabelecidos se aplicará um método indutivo.

Quanto ao modo da abordagem, essa pesquisa caracteriza-se como qualitativa. Caracterizar uma pesquisa significa classificá-la em suas várias vertentes possíveis, tais como métodos amplos, procedimentos técnicos, abordagem de pesquisa, natureza, objetivo e técnica utilizada para entender cada um destes elementos, este projeto trata-se de uma pesquisa qualitativa. A pesquisa qualitativa tem por objetivo principal, interpretar o fenômeno que observa.

Creswell (2010, p. 43) define a abordagem qualitativa como sendo “um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano”.

Ao afirmar que a pesquisa qualitativa engloba um conjunto de técnicas interpretativas, análise e coleta de dados que visam atingir um entendimento profundo de uma situação, Cooper e Schindler (2016) corroboram com as concepções de Gil (2010). Ademais, Cooper e Schindler

(2016) citam que a fidedignidade de dados qualitativos com o uso de metodologia rigorosa, tornam-se bases confiáveis para tomadas de decisões empresariais.

São procedimentos da pesquisa qualitativa, descrição do problema, formulação das hipóteses e do referencial teórico, coleta e análise dos dados. Na pesquisa qualitativa, evita-se construir hipóteses a priori na maioria das vezes são posteriori. As hipóteses na pesquisa qualitativa são indutivamente construídas, ou seja, primeiro observa-se o fenômeno que será pesquisado e, posteriormente, levantar as relações causais que expliquem o fenômeno. Na coleta de dados, os procedimentos adotados foram:

- a) Nomes dos contatos para fazer trabalho de campo: a pesquisa foi realizada apenas pelo autor do trabalho;
- b) Plano de coleta de dados: baseia-se na coleta de informações de todos os passos;
- c) Preparação esperada anterior ao trabalho: levantamento da bibliografia relativa aos processos citados neste trabalho de acordo com as disposições do Capítulo 2.

O Quadro 3.1 é uma apresentação sinótica das classificações de pesquisa presente neste trabalho.

Quadro 3.1. Classificação de Pesquisa do Trabalho.

Classificação	Tipologia
Método Amplo	Indutivo
Estratégia de Pesquisa	Pesquisa Bibliográfica
	Estudo de Caso
Abordagem do Problema	Qualitativa
Natureza	Aplicada
Objetivo	Exploratório
Técnica Utilizada	Análise de Documentos
	Avaliação de Processo

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.2 Procedimentos

O desenvolvimento deste trabalho ocorre a partir de levantamento de bases e fontes teóricas sobre o tema abordado, a fim de oferecer um embasamento para os conceitos apresentados no decorrer.

Posteriormente foi realizada uma análise dos materiais selecionados a fim de obter eficiência no contexto. Então apresentou-se o estudo de caso propriamente dito, no qual é realizado inicialmente um estudo de campo da organização, a fim de identificar os maiores e significativos detratores do local. Com eles identificados, iniciou-se o estudo de como seriam aplicados conceitos obtidos bem como os passos dos pilares do WCM. O estudo de caso é um

estudo de natureza empírica que busca investigar um fenômeno atual no contexto da vida real, em geral; considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto se analisado, não são claramente definidas (YIN, 2015).

230

Segundo Cauchick-Miguel (2018, p. 133), o pesquisador deve estudar as possíveis alternativas de abordagens a serem utilizadas, selecionando as que forem mais apropriadas, úteis e eficazes para a investigação ou, em outras palavras, que atenderão à problemática estudada de endereçar os objetivos e a proposição de soluções.

Cauchick-Miguel (2018, p. 133) complementa que nesse sentido, a adoção de estudo de caso deve estar ancorada a literatura, atendendo às questões e objetivos da pesquisa no sentido de proporcionar um caminho para a contribuição investigada almejada, seja de natureza teórica ou empírica.

Conforme Cauchick-Miguel (2018, p. 134), o estudo de caso é estruturado em etapas, as quais são:

- a) **Etapa 1** – Inicia com a definição de uma estrutura conceitual teórica;
- b) **Etapa 2** – Análise de dados;
- c) **Etapa 3** – Seleção de técnicas e ferramentas, que a partir da análise de dados serão aplicadas para o alcance do objetivo do trabalho;
- d) **Etapa 4** – Aplicação piloto com eventuais correções e melhorias;
- e) **Etapa 5** – Análise à exaustão do estudo realizado, a partir da aplicação piloto, a qual será concluída quando atingir a saturação teórica ou quando os dados adicionais não acrescentar nova informação relevante;
- f) **Etapa 6** – A partir do conjunto das informações levantadas na etapa anterior, é realizada uma análise final, que resultará no relatório de conclusão do trabalho.

Destarte, seguindo esse método de condução baseado nas premissas de Cauchick-Miguel (2018), a etapa 1 proposta pelo autor foi desenvolvida no Capítulo 2 do trabalho. As etapas seguintes são estruturadas de modo a se integrar as condições de contorno do estudo de caso desenvolvido, o qual visa analisar e aplicar os passos estabelecidos na metodologia World Class Manufacturing - Manufatura Classe Mundial (WCM) com os princípios da Manufatura Enxuta.

A aplicação dos pilares do WCM ocorreu em uma máquina selecionada por se tratar do maior detrator do setor de manutenção, baseado em uma análise de dados coletados pelo segundo pilar Desenvolvimento de Custos (CD – Cost Deployment). Assim, o setor no qual se encontra a máquina estudada passou a ser um modelo de referência para demais máquinas da empresa.

O pilar profissional de manutenção foi estabelecido em passos iniciando com o passo 0, que estabelece algumas atividades preliminares, que se fazem cruciais para uma preparação dos passos subsequentes.

Na seção 4 deste trabalho será apresentado de forma detalhada cada passo realizado em que primeiramente foi aplicado o passo 1, observando como era trabalhada a eliminação e a prevenção da degradação acelerada, com os itens: gestão de cartão, decomposição dos componentes, classificação de componentes: a, b e c, restauração das condições básicas, transferência de atividades para AM Machine Ledger.

No passo 2 foram analisadas as quebras da máquina, a qual resultou na criação do mapa de quebra, identificação e aplicação de contramedidas. Consequentemente, eliminam a possibilidade de novas quebras, desenvolvimento de técnicas para solucionar problemas, análise de quebras e, por fim, a redução das atividades de manutenção não planejadas.

Por fim, no passo 3 são realizadas as seguintes atividades:

- a) Standart Maintenance Procedure (SMP - Tarefas Padrão em Manutenção);
- b) criação do calendário de manutenção integrado com o machine ledger;
- c) criação de procedimentos para principais atividades de manutenção;
- d) estabelecimento de uma ligação lógica das atividades de AM e PM;
- e) redução das atividades de manutenção não planejada;
- f) aumento da disponibilidade do equipamento.

A proposta estruturada nessa seção será desenvolvida no Capítulo 4 atendendo as etapas da estrutura do estudo de caso proposta por Cauchick-Miguel (2018). Cabe ressaltar que, a estrutura proposta pelo autor deste trabalho é baseada na estrutura do Yin (2015).

3.3 Objeto de Estudo

Nesta pesquisa, o objeto de estudo consiste em como será a aplicação e a realização dos conceitos do WCM na fabricação industrial de corte à laser, na máquina selecionada em si. Os dados e o nome da empresa serão preservados, ela está localizada no interior de São Paulo e realiza a fabricação de peças automotivas de linhas pesadas (ônibus, caminhões e tratores) para montadoras nacionais, atendendo todas presentes no país. A indústria se encontra há anos no mercado em questão e apresenta uma vasta cartela de clientes fidelizados. Como todo o ramo automotivo, a organização sempre busca melhorias aplicáveis e eficazes a fim de minimizar as falhas.

Por meio da presente pesquisa, será possível identificar como será todo o processo citado, desde sua implementação até as dificuldades em fazê-lo acontecer. Como objetivo, a presente pesquisa tem por compreender como utilizar conceitos e práticas do WCM.

A organização tem como objetivo alcançar uma melhor colocação de fornecimento para uma montadora específica que ao aplicar os sete passos da WCM tinha como exigência, por parte do cliente, qualificar seus fornecedores diretos até o passo 3. Durante todo o processo, os passos foram dirigidos aos integrantes do conjunto de utilização do maquinário.

Diante deste desafio, o problema de pesquisa (a aplicação efetiva dos 3 passos do WCM) passa então a ser observado, discutido e respondido; voltando-se assim para o estudo de caso proposto: implementação, aplicação e desenvolvimentos dos pilares do WCM.

232

3.4 Breve Resumo do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados a classificação da pesquisa, o método para aquisição de dados e os procedimentos utilizados. O conceito utilizado do WCM foi aplicado até seu terceiro passo dentro da utilização da Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta em um Processo de Fabricação Industrial de Corte à Laser.

4 ANÁLISES E RESULTADOS DO TRABALHO

Este capítulo tem por objetivo demonstrar o passo-a-passo da implementação dos passos propostos em uma máquina de corte a laser, a qual foi escolhida pelo pilar desenvolvimento de custo que classificou todas as máquinas na empresa levando em consideração fatores como tempo de reparo médio das máquinas, impacto na produção e na qualidade e até mesmo segurança e meio ambiente.

A máquina Mazak Super Turbo de corte laser foi selecionada para aplicar a metodologia do WCM, sua classificação foi AA, que totalizam 50% do total de perdas devido a quebras obtendo o maior impacto na planta.

A meta da empresa em estudo, baseada na exigência do cliente, foi de ser qualificada no nível bronze da WCM que consiste em aplicar a metodologia até o passo 3 em todas as áreas. A Figura 4.1 apresenta a implantação dos passos do WCM.

Figura 4.1 – Os 7 passos para Implantação do Pilar Manutenção Profissional.

Os 7 passos para implantação do pilar Manutenção Profissional:



Fonte: Dados da empresa (2021).

Os tópicos que serão abordados neste trabalho serão apresentados na seguinte sequência:

- a) Passo 0 “Atividades Preliminares”:
 - 1) 5S-Box e Documentos;
 - 2) Lubrificação;
 - 3) Peças de Reposição;
 - 4) Escolha das Máquinas.

- b) Passo 1 “Eliminar o Desgaste Acelerado”:
 - 1) Restauração e TAGS;
 - 2) Suporte aos 3 passos do AM (Autonomous Maintenance);
 - 3) Decomposição e Classificação de Componentes;

- 4) Indicadores e Machine Ledger;
- c) Passo 2 “Analisar as Falhas”:
 - 1) Mapa das Quebras;
 - 2) Priorização de Análise;
 - 3) Fluxo de Análise de Falhas;
 - 4) Ferramenta EWO (Emergency Worker Order) para Análise e Plano de Ação;
 - 5) Tipologias das Causas Raízes;
- d) Passo 3 “Definir Padrões de Manutenção”:
 - 1) Origem das Tarefas Preventivas;
 - 2) Machine Ledger e Calendário PM (Professional Maintenance);
 - 3) Procedimentos Padrões de Manutenção (TPMs);
 - 4) Resultados Esperados dos 3 passos PM (Professional Maintenance);

4.1 Passo 0: Atividades Preliminares

Este passo tem por objetivo organizar toda estrutura de manutenção junto a área selecionada, a qual possui a máquina de Corte Laser MAZAK Super Turbo X-510. Fizeram parte das atividades preliminares, uma equipe que foi responsável pela implementação e apresentação final do projeto contendo um planejamento de atividades, execução de 5S na área de manutenção, almoxarifado técnico, área modelo e plano de lubrificação.

4.1.1 Definição da Equipe

O time que executou este projeto foi selecionado de modo a obter características multifuncionais, ou seja, foi composto por colaboradores de vários departamentos e funções:

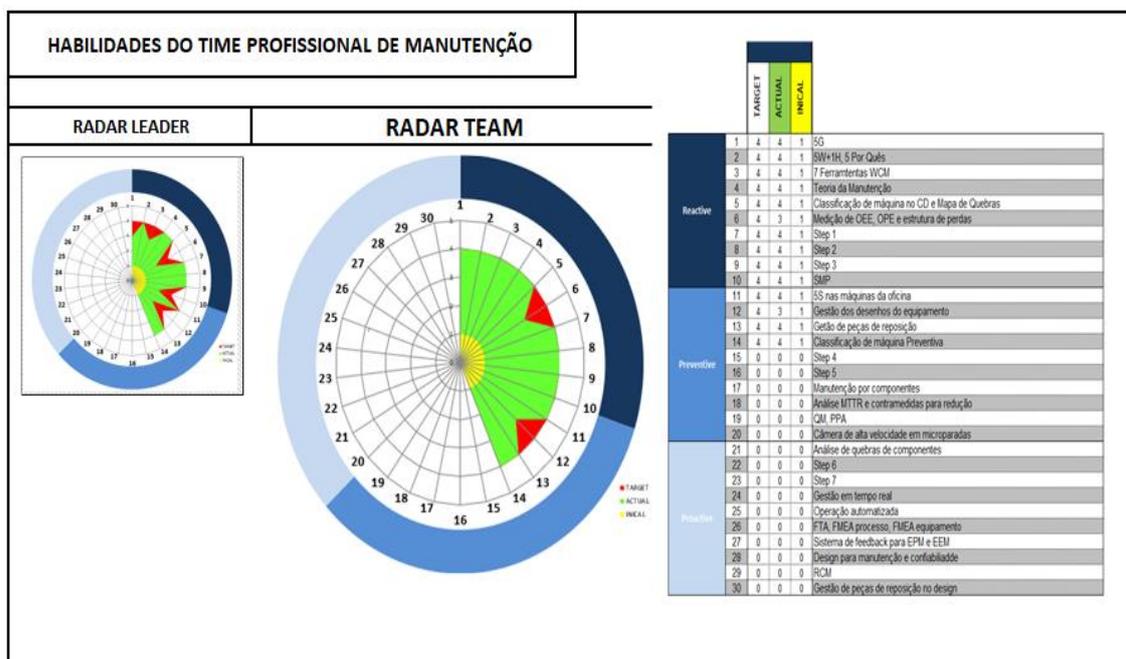
- a) Técnico de Manutenção Líder do Pilar PM teve a função principal de garantir que a metodologia fosse aplicada, acompanhar a evolução dos indicadores, medir os resultados, apresentando-os para o departamento de custos, entre outras atividades;
- b) Supervisor de Ferramentaria Colíder do Pilar PM foi responsável por selecionar as peças e materiais para restauração da máquina e oferecer suporte para equipe;

- c) Analista de Custo Especialista em Documentação Técnica foi responsável por realizar o levantamento de todos os custos para execução do projeto e os benefícios financeiros após execução dele;
- d) Gerente de Qualidade Líder do Pilar QC Controle de Qualidade foi responsável por trazer os conceitos da WCM multiplicando para os demais pilares e auxiliar em toda documentação necessária para realização deste projeto;
- e) Apontador de Produção foi responsável por agendar a parada do equipamento, área modelo e o desligamento da máquina para a construção do Machine Ledger, que será apresentado no passo 2;
- f) Analista de Projetos foi responsável por elaborar documentações e desenhos mecânicos da máquina analisada, para confecção de peças para o time técnico;
- g) Ferramenteiro foi responsável no auxílio do desenvolvimento de trabalhos como 5S, pintura e restauração de componentes;
- h) Operador de Produção foi responsável em oferecer apoio a organização da área modelo e elaborar planos de trabalho da máquina auxiliando de forma mais eficaz toda a melhoria proposta.

A Figura 4.2 é uma representação da equipe do projeto, mostrando por meio de um cronograma tipo radar a soma das habilidades avaliadas para cada colaborador deste time. A importância de diversificar pessoas de diferentes áreas, é para que o time tenha o máximo possível de conhecimento, completando os gaps apresentados pelo líder do pilar, para que esse time tenha a melhor eficiência ao realizar os passos durante este projeto.

Observa-se que no radar a esquerda existem alguns pontos em vermelho que são justamente os pontos que necessitam de conhecimentos específicos, que com a escolha dos integrantes do time pode-se observar os gaps foram preenchidos conforme a habilidade de cada colaborador. Este radar é preenchido somente até a o posto 14. Os demais números seriam para uma abordagem mais avançada do WCM, cuja aplicação seria para os demais passos da WCM.

Figura 4.2 – Radar Chart.

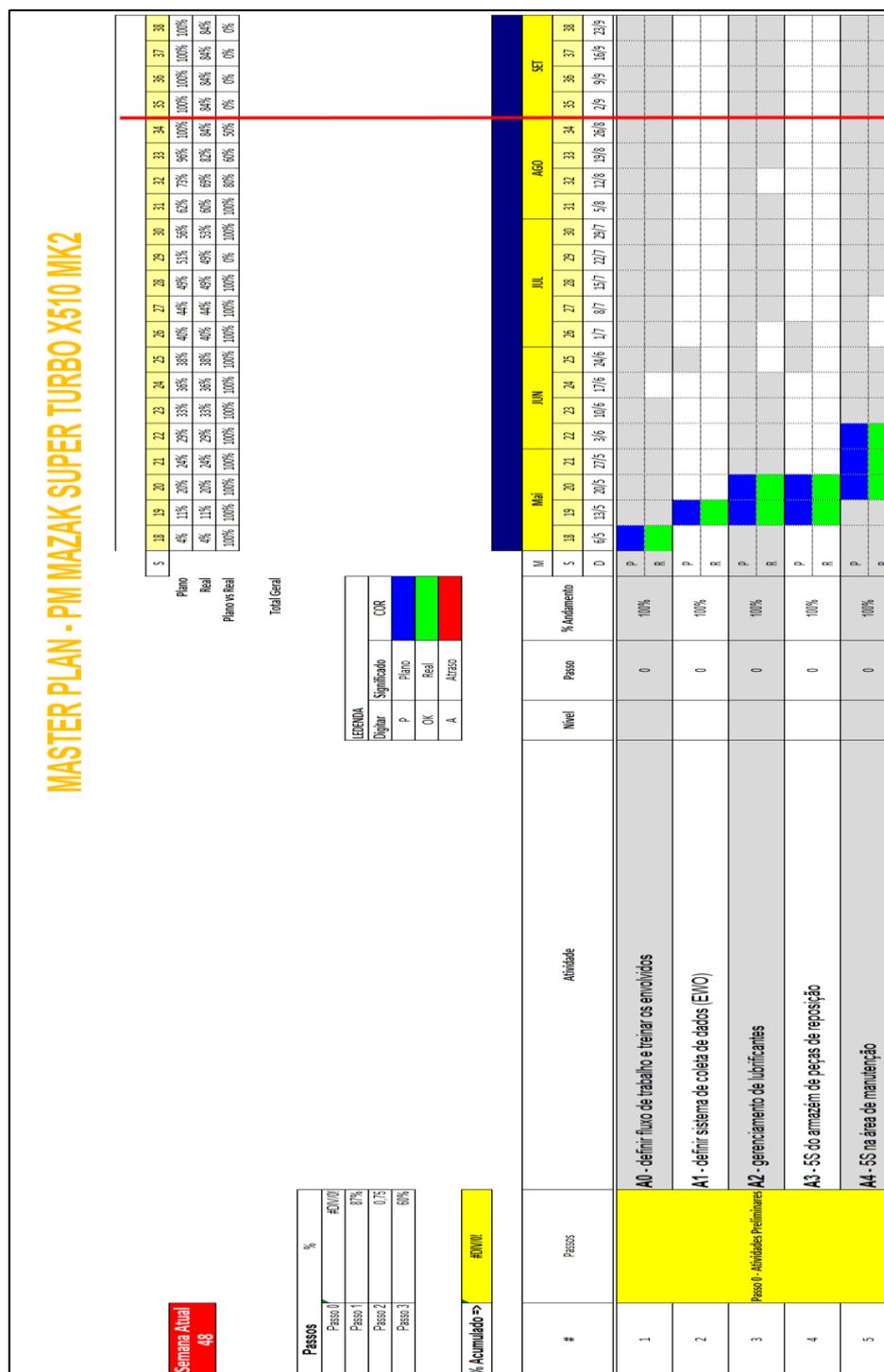


Fonte: Dados da empresa (2021).

4.1.2 Definição do Master Plan

O Master Plan é um plano de ação detalhado ao nível de atividades, no qual foram dimensionados os recursos necessários para execução do projeto, o gráfico da Figura 4.3 está em escala macro e possui o tamanho de uma folha A0, este documento se localizava na área modelo a fim de colorir as fases de conclusão ou atrasos conforme andamento do projeto.

Figura 4.3 – Master Plan.



Fonte: Dados da empresa (2021).

4.1.3 Aplicação do 5S

De acordo com a teoria apresentada sobre o conceito 5S, a aplicação foi realizada em três locais da empresa começando pelo almoxarifado técnico, seguindo para a oficina de manutenção e finalizando na área modelo onde se localiza a máquina de corte laser.

238

Conforme mostra as Figuras 4.4 observa-se um comparativo de antes e depois do 5S realizado no almoxarifado técnico, desta forma todo colaborador do time de manutenção consegue identificar de forma rápida o componente desejado.

Na figura 4.5 mostra-se o antes e depois do 5S realizado na oficina de manutenção que, foram demarcados com faixas os locais que possuem, mesas, carrinhos, lixeiras e objetos tanto na área modelo quanto na oficina de manutenção para manter um padrão de localização.

Figura 4.4 – 5S Almoxarifado.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.5 – 5S Oficina de Manutenção.

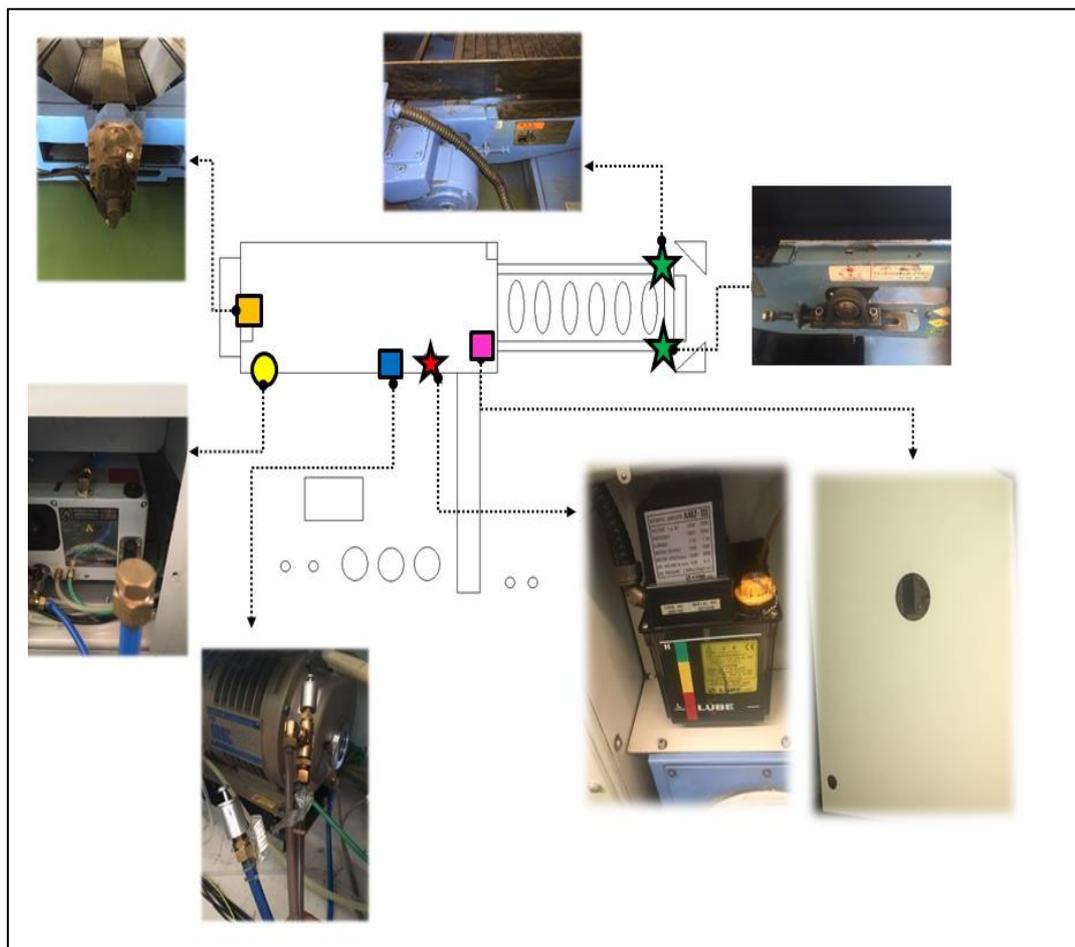


Fonte: Dados da empresa (2021).

4.1.4 Plano de Lubrificação

A partir do contexto literário, o plano de lubrificação foi desenvolvido baseado no manual do fabricante da máquina. Este plano foi elaborado de uma forma para que qualquer técnico ou usuário do setor, consiga realizar a lubrificação correta do equipamento de forma simples e rápida com base nas etapas da Figura 4.6.

Figura 4.6 – Mapa de Lubrificação.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Na Figura 4.7 consta a representação por código de cor para saber a especificação correta do lubrificante. Desta forma, o manutenedor ou o operador saberá de forma precisa qual lubrificante ele deverá utilizar a no local que será definido nos próximos tópicos.

Figura 4.7 – Especificação de Óleo.

CÓDIGO COR: TIPO DE OLÉO / GRAXA					
LARANJA	VERMELHO	VERDE	AMARELO	AZUL	ROSA
ANTI-GOTEJANTE 68	ÓLEO LUBRIFICANTE 68	ÓLEO LUBRIFICANTE 46	ÓLEO LUBRIFICANTE G32	ULVAC - R4	ESSO POLINEX

Fonte: Dados da empresa (2021).

A Figura 4.8 representou com figuras geométricas a frequência de tempo entre lubrificação. Finalizando com a Figura 4.9, o local que foi designado para colocação deste posto de trabalho. Por se tratar de área de risco de contaminação, este posto não pode ficar na área modelo e teve que ser alocado próximo ao setor da mesma área, porém em um local apropriado para seguir todas as exigências de segurança e ambientais, tais como: ventilação, demarcação, contenção e quites de combate a incêndios, e contenção de vazamento de óleo.

Figura 4.8 – Frequência de Lubrificação.

FREQUÊNCIA DE LUBRIFICAÇÃO					
					
SEAMANAL	NO FINAL DO DIA	MENSAL	A CADA 4 MESES OU 1500 HORAS	A CADA 12 MESES OU 2000 HORAS	ANUAL

Fonte: Dados da empresa (2021).

A Figura 4.9 apresenta a área de gestão de lubrificantes feita especificamente para a máquina modelo, deixando-a perto da área modelo para que ao realizar esta inspeção a produção possa ganhar tempo no checklist.

Figura 4.9 – Gestão de Lubrificantes.



Fonte: Dados da empresa (2021).

4.2 Passo 1: Eliminar o Desgaste Acelerado

Com a finalização do passo 0, se iniciou um dos passos que levaria o maior tempo para realização do projeto, o tempo de execução desta etapa varia de acordo com a complexidade, disponibilidade de mão-de-obra e planejamento junto à produção depende de grande conhecimento técnico para realizar uma manutenção, esta atividade durou efetivamente 16 semanas.

A Figura 4.10 apresenta em escala macro do cronograma Master Plan, documento que foi utilizado no WCM, para permitir a visualização, a planilha foi recortada somente para visualização do passo 1 que na figura pode ser observado que o cronograma iniciou na primeira semana de junho e finalizou na última semana de agosto. A figura em referência possui três fases que são: o planejado representado pela cor azul, o executado representado pela cor verde e o vermelho que representa atraso.

4.2.1 Reunião 5G

Nessa etapa foram realizadas as reuniões 5G com o time PM, nas quais foram levantados pontos das máquinas que estavam em más condições, oferecendo risco de quebra ou desgaste acelerado. Foram identificados 5 pontos de restauração no equipamento conforme documento apresentado na Figura 4.11.

Figura 4.11 – Pontos de Restauração.

PLANEJAMENTO PARADAS DE MANUTENÇÃO (SHUTDOWN MAINTENANCE)																	
ITEM	DECOMPOSIÇÃO		DESCRIÇÃO		RECURSOS DE MANUTENÇÃO			RECURSOS DE PRODUÇÃO			SEGURANÇA		SUS CONTRATADOS		AVANÇAMENTO		
	CONJUNTO	COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	UNID.	MATERIAL	FERRAMENTAS	DISPONIBILIDADE DE HORAS NA MÁQUINA	STATUS DO EQUIPAMENTO (PARADO OU FUNCIONANDO)	ESPECIALIDADE	DATA	EP/ CPC	PROCEDIMENTO DE INSTRUÇÃO	NECESSIDADE DE SERVIÇOS A TERCEIROS	TEMPO (HORAS)	PLANEJADO	REALIZADO	
1	LASER	BASE	LIMPEZA E PINTURA DA MÁQUINA	10hrs	TINTA E SOLVENTE	1L / 1L	PISTOLA DE PINTURA E UNIDADE DE AR	8hrs	PARADA	MECÂNICO	30/06/2017	LUVA, ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, SAPATO DE SEGURANÇA					
2	LASER	ACRÍLICO	SUBSTITUIÇÃO E CONEXÃO DE COMPONENTE	1hr	ACRÍLICO	1mm ² X 1,5mm ²	CARRINHO DE FERRAMENTAS	1hrs	PARADA	MECÂNICO	31/06/2017	ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, SAPATO DE SEGURANÇA					
3	LASER	PROTEÇÃO	INSPEÇÃO NO SISTEMA DE SEGURANÇA	1hr	SENSOR DE LUZ	Unid.	BOLSA ELETRICISTAE MULTIMETRO	1hrs	FUNCIONANDO	ELÉTRICO	31/06/2017	ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, SAPATO DE SEGURANÇA					
4	LASER	PEDALEIRA	INSPEÇÃO NO SISTEMA DE ACOIONAMENTO DA MÁQUINA	1hr	MICRO SWITCH	Unid.	BOLSA ELETRICISTAE MULTIMETRO	1hrs	PARADA	ELÉTRICO	31/06/2017	ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, SAPATO DE SEGURANÇA					
5	LASER	CILINDRO	TROCA DE REPAROS E REPARO NO ÊMBUDO	2hrs	KIT DE MEDAÇÕES E USINAGEM	Unid.	CARRINHO DE FERRAMENTAS	2hrs	PARADA	MECÂNICO	26/07/2017	ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, SAPATO DE SEGURANÇA					
6	LASER	CABECOTE	TROCA DO MANÔMETRO, BICO 2,5MM, CABO E LIMPEZA	3	MANÔMETRO, PEÇAS MANJAK	1	CARRINHO DE FERRAMENTAS	3	PARADA	ELÉTRICO/MECÂNICO	30/07/2017	ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, SAPATO DE SEGURANÇA					

Fonte: Dados da empresa (2021).

4.2.2 Eliminação de Fontes de Contaminação e Áreas de Difícil Acesso

Primeiramente foi realizado um levantamento em toda máquina, buscando fontes de contaminação, áreas de difícil acesso, fontes de problemas de segurança e de qualidade. Esta atividade foi realizada num evento chamado “Limpeza Inicial”, em que várias pessoas participaram, desde operadores e mantenedores até os líderes dos departamentos envolvidos. Uma parada de máquina foi programada para executar esta atividade e foram utilizadas etiquetas para apontar os problemas listados acima.

Foi identificada como fonte de contaminação a área apresentada nas Figuras 4.12 e 4.13, a qual dispunha de facilidade para armazenar sujeira e posteriormente ficava de difícil acesso a sua limpeza.

Figura 4.12 – Antes - Local de Difícil Acesso.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.13 – Depois - Local de Difícil Acesso.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Esta outra melhoria, consistiu na confecção de chapas de aço para fechar as laterais da máquina que dispunha de muitos cabos elétricos, sendo que acumulava sujeira e aconteceram ocorrências de entrada de animais em busca de abrigo.

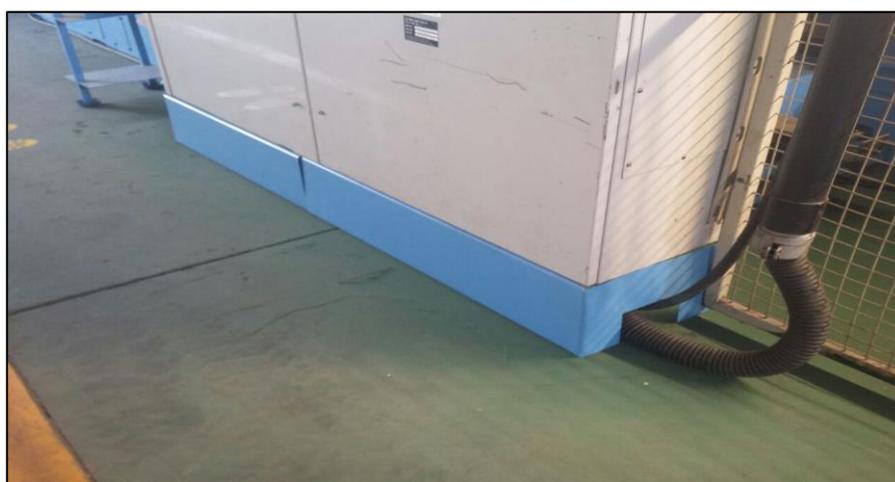
246

Figura 4.14 – Antes - Proteção lateral.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.15 – Depois - Proteção Lateral.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.16 – Antes - Lateral Pontos de Sujeira.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.17 – Depois - Lateral Pontos de Sujeira.



Fonte: Dados da empresa (2021).

4.2.3 Restauração de Componentes

Posteriormente ao mapeamento e identificação da máquina escolhida para análise, iniciou-se o reparo e a substituição de componentes com o objetivo de restaurar a máquina para sua condição original, sendo assim, todos e quaisquer componentes que estavam apresentando danos foram substituídos a exemplos de cabo do pedal de acionamento, juntas de vedações, manômetros entre outros.

A Figura 4.18 mostra a restauração realizada no cabeçote de corte da máquina que devido a desgastes no bico, cabo com mau contato e manômetro sem devido funcionamento, estava causando uma perda de velocidade de corte e a máquina estava necessitando de mais potência para conseguir realizar cortes devido a todo esse conjunto de problemas.

Na Figura 4.19 pode-se observar que todos os componentes foram restaurados, conseguindo assim alcançar o objetivo de condição original.

Figura 4.18 – Antes - Cabeçote de Corte.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.19 – Depois - Cabeçote de Corte.

249

Fonte: Dados da empresa (2021).

As Figuras 4.20 e 4.21 apresentam o antes e depois de uma restauração realizada no eixo X da máquina, que apresentava sinais de desgaste acelerado devido à falta de limpeza junto com lubrificação inadequada, o que evidencia o excesso de graxa com acúmulo de sujeira.

Figura 4.20 – Antes - Restauração Eixo X.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.21 – Depois - Restauração Eixo X.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Outra melhoria realizada, foram as trocas das lâminas de apoio para a chapa de produção, com essa substituição ganhou-se tempo para o operador na hora de colocar a chapa de produção na posição correta, fatos exibidos na Figura 4.22 - o antes e na Figura 4.23 - o depois.

Figura 4.22 – Antes -Lâminas de Apoio.



251

Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.23 – Depois -Lâmina de Apoio.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Outro ponto de restauração realizado foi na esteira de transporte da máquina, como mostra a Figura 4.24 existe uma impregnação de material em todos os elos de corrente e a

escova removedora de sujeira não era eficaz, permitindo com que esse material metálico adentrasse a máquina causando o desgaste prematuro das engrenagens de transmissão, elos de corrente e estrutura da máquina.

252

Com a restauração e remoção de toda sujeira presente no interior e exterior da esteira, a escova de remoção de sujeira foi substituída para não mais permitir a entrada de sujeiras para dentro da máquina e por fim, a restauração foi finalizada com a realização da lubrificação do sistema de transmissão.

Figura 4.24 – Antes - Esteira de Transporte.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.25 – Depois - Esteira de Transporte.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Outra melhoria realizada foi a visualização rápida de todos os manômetros da máquina, conforme manual de fabricante e fixação do processo da máquina. Segundo os valores de pressão e vácuo são pré-estabelecidos tendo que obedecer a uma escala, não exata, para que todos os operadores ou mantenedores conheçam em qual condição a máquina deve funcionar sem que haja danos no equipamento ou perdas no processo.

As Figuras 4.26 e 4.27 apresentam dois exemplos de manômetros que foram identificados na máquina de corte laser.

Foram cortadas algumas chapas em aço, utilizando a própria máquina de corte laser a fim de fixá-las nos manômetros e obter uma identificação visual de pressão. Possibilitando que qualquer colaborador visualize o manômetro, conseguindo assim identificar se ele está fora das especificações corretas de trabalho. Para essa configuração as cores selecionadas foram: verde - indica uma condição normal de trabalho; amarelo - para condição de alerta; e, vermelho - indica uma condição fora do especificado.

Figura 4.26 – Leitura Manômetros 1.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.27 – Leitura Manômetros 2.



Fonte: Dados da empresa (2021).

As Figuras 4.28 e 4.29 mostram a reforma geral da máquina que foi iniciada pela desmontagem total do equipamento passando pela realização da pintura e a troca de todos os acrílicos do equipamento, conseguindo assim alcançar o objetivo de restauração.

Figura 4.28 – Antes - Máquina Mazak Super Turbo.



Fonte: Dados da empresa (2021).

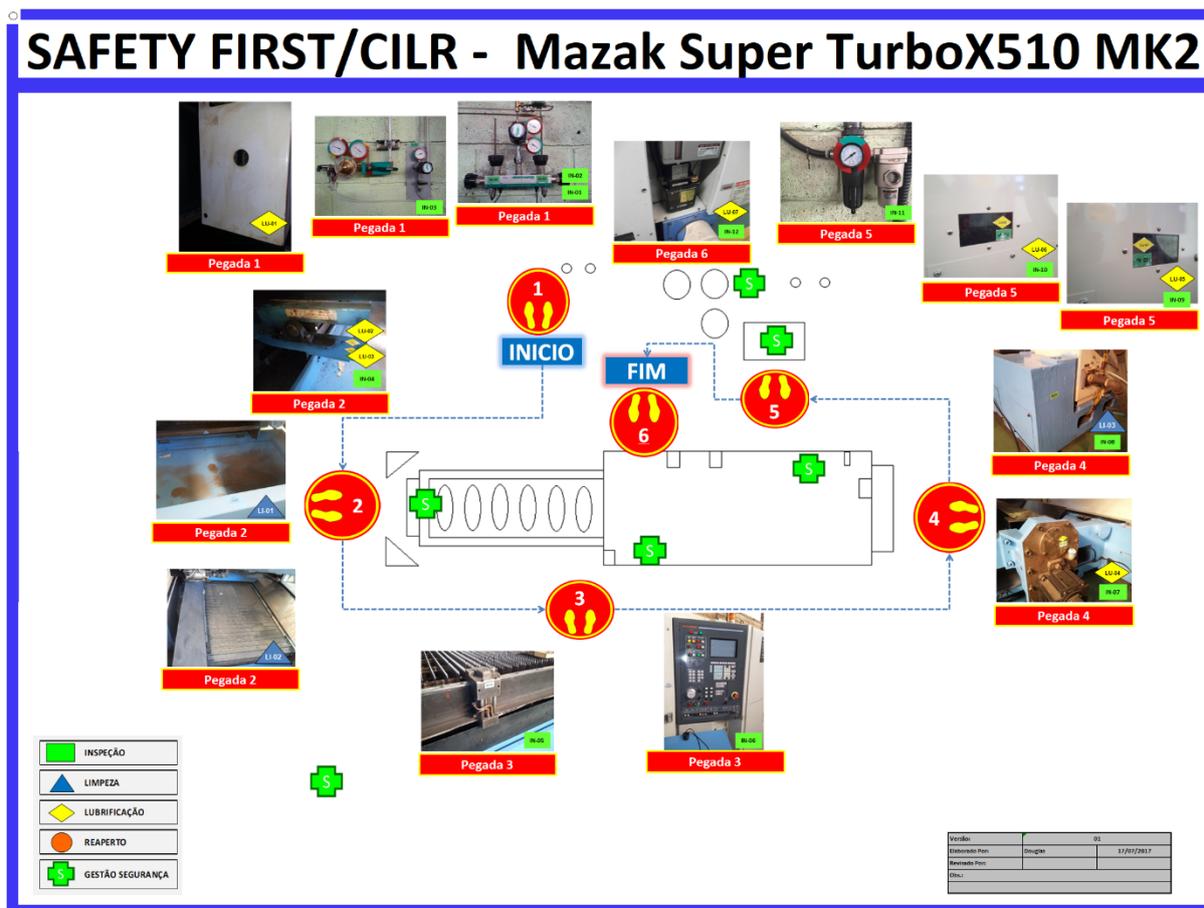
Figura 4.29 – Depois - Máquina Mazak Super Turbo.



Fonte: Dados da empresa (2021).

As melhorias realizadas acima, têm o objetivo de auxiliar o operador a realizar a rota diária de checagem que é chamada de Rota CIL-R, conforme Figura 4.30.

Figura 4.30 – Rota CIL-R Rota Diária.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Estas atividades foram implementadas pelo Pilar de Manutenção Autônoma – AM - juntamente com o Pilar de Manutenção Profissional – PM-, que têm como finalidade a realização do plano de inspeção diária para que os operadores realizem inspeções no início de cada jornada.

Esse conceito de rota CIL-R solicita que o colaborador realize cada dia uma atividade de inspeção diferente, conforme foi estabelecido no plano de manutenção autônoma. Os pontos de verificação são:

- a) Inspeção;
- b) Limpeza;

- c) Lubrificação;
- d) Reaperto;
- e) Gestão de Segurança.

A Figura 4.31 apresenta o documento que fica localizado na área modelo, no qual o colaborador irá se identificar no início de jornada de trabalho e no encerramento. Com as informações das inspeções irá preencher com caneta preta, vermelha ou verde os locais que estão aguardando inspeções que estão identificados em amarelo, conforme a legenda identificada na Figura 4.31.

Com a utilização desse conceito, a empresa tem por objetivo a redução de manutenção especializada, que passa a ser executada por operadores do equipamento. Com tal conhecimento, os operadores estão habilitados a identificar falhas iniciais e condições inseguras. Assim, evitando um desgaste prematuro dos componentes que futuramente pode vir a se tornar uma quebra efetiva, parando todo o processo produtivo fora do tempo especificado de manutenção preventiva.

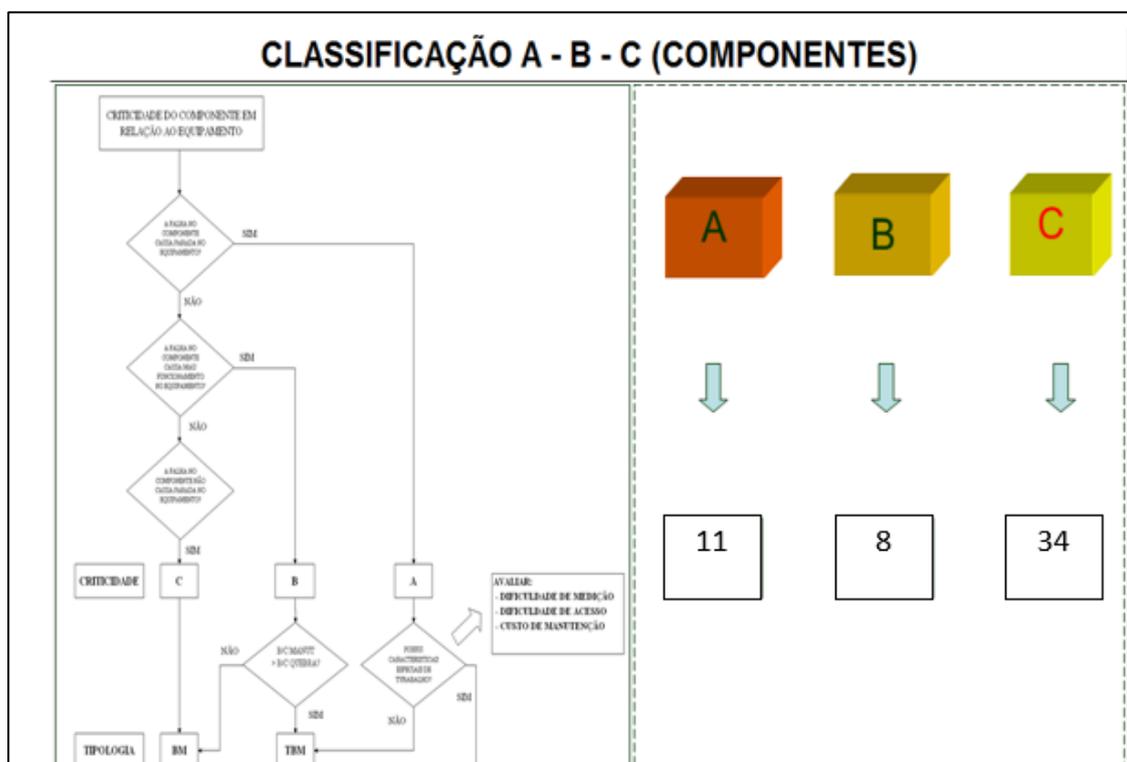
4.2.4 Classificação de Componentes

A classificação de componentes foi um passo muito válido para o Pilar PM, pois nele foram levantadas listas de componentes que obedeceram a um critério de avaliação entre itens que podem ocasionar a parada imediata da máquina. Conforme a metodologia usada no WCM, a máquina classifica cada componente de sua estrutura, chamando assim de A, B e C. Sua classificação segue os seguintes critérios:

- a) Componentes (A): os componentes que podem parar a máquina imediatamente caso venham a apresentar falhas;
- b) Componentes (B): os componentes que causam danos moderados ao equipamento, mas não ocasionam uma parada imediata do equipamento;
- c) Componentes (C): os componentes que não geram problemas ao equipamento, caso venha a apresentar alguma falha.

Na Figura 4.32 foram mapeadas as quantidades de itens que foram classificados na máquina de corte laser.

Figura 4.32 – Classificação de Componentes.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Em seguida, a máquina foi dividida em subconjuntos formando o que foi chamado de árvore de componentes para dar início ao plano de inspeção Machine Leader - Livro de Máquina.

260

Conforme observa-se na Figura 4.33, a máquina modelo foi subdividida em 7 módulos, os quais são:

- 1) Geração do Laser;
- 2) Transportador de Cavacos;
- 3) Linha de Ar;
- 4) Eixo X;
- 5) Eixo Y;
- 6) Eixo Z;
- 7) Refrigerador.

Essa subdivisão será utilizada para base de informações do Machine Leader - Livro de Máquina.

4.2.5 Machine Ledger

O Machine Ledger (Figura 4.34) é o documento principal para levantar todas as informações da máquina,

A Figura 4.34, apresenta a disposição reduzida do Machine Ledger, na qual foi exibido o subconjunto 1 chamado de geração de laser. Para iniciar a alimentação de dados no Machine Ledger, foi anexada a classificação A, B e C realizada na Figura 4.32. Com a classificação de componentes da Figura 4.33 foi desenvolvido o mapeamento da máquina.

Todas as informações técnicas dos componentes listados foram anexadas do Machine Ledger, que fica disponível ao lado da máquina para consulta dos operadores e manutentores; e que deverá ser atualizado pela manutenção sempre que houver algum tipo de intervenção na máquina, tanto para uma atividade preventiva quanto corretiva. Pode-se observar que neste documento existem fotos e desenhos dos subconjuntos e componentes, o que facilita a gestão visual e nos casos de treinamentos com novos técnicos de manutenção.

O Machine Ledger será visto com mais detalhes no Passo 3, onde será explicado cada campo e como é feito o preenchimento deste trabalho de decomposição. Posteriormente, no passo 3 pode-se planejar a manutenção preventiva e montar um plano de trabalho padronizado para a equipe de manutentores.

4.3 Passo 2: Reverter o Desgaste

O passo 2 iniciou na terceira semana de julho do período analisado, em que foram realizados treinamentos de capacitação para o manutentores para o uso da ferramenta EWO sigla em inglês de Emergency Work Order, que significa Ordem de Serviço Emergencial. Pode-se observar na Figura 4.35 a finalização desta etapa, do passo 2, em 4 semanas.

Figura 4.35 – Passo 2 Análise das Quebras.

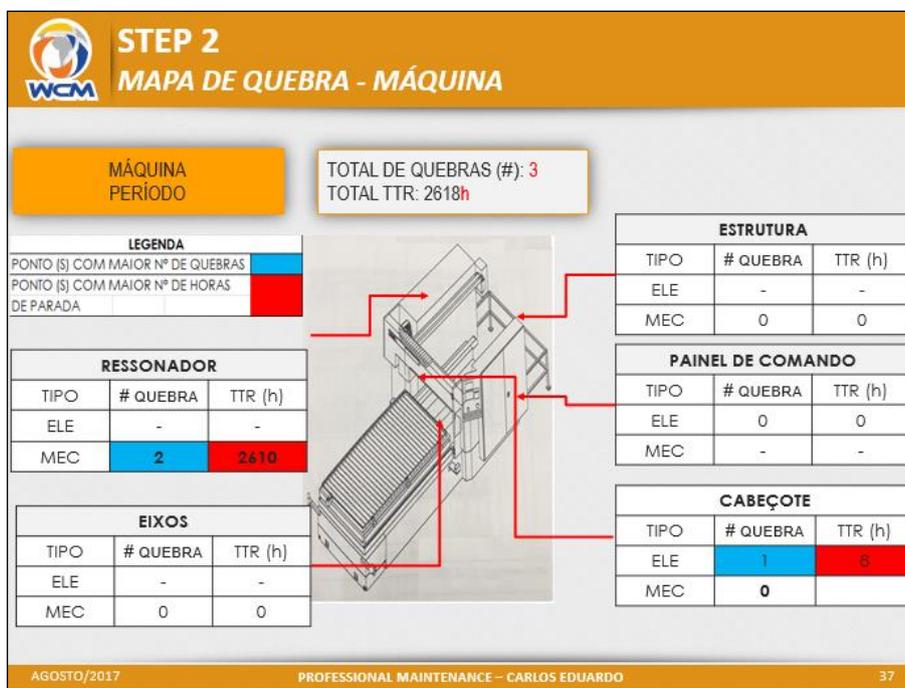
Passos	Atividade	Nível	Passo	% Andamento	M	JUL						AGO		
					S	27	28	29	30	31	32			
					D	8/7	15/7	22/7	29/7	5/8	12/8			
Passo 2 – Análise as Quebras	2.1 - Treinar todos os envolvidos na ferramenta EWO		2	100%	P									
					R									
	2.2 - Analisar todas as quebras através da EWO		2	100%	P									
					R									
	2.3 - Realizar ações contra as causas raízes das quebras		2	100%	P									
					R									
	2.4 - Monitorar execução das ações de contramedida		2	100%	P									
					R									

Fonte: Dados da empresa (2021).

Foram levantadas as quebras do equipamento a partir do mês de janeiro. A finalidade desta análise foi encontrar a causa raiz de cada quebra para que não ocorra novamente, evitando uma parada no equipamento pelo mesmo motivo e para toda causa raiz analisada deve existir uma contramedida que pode ser a inclusão de itens a serem verificados na preventiva, troca de fornecedores ou uma instrução de passo a passo de como executar corretamente certas manutenções.

A Figura 4.36 apresenta o mapa das quebras que houve neste período, foi iniciada uma análise detalhada utilizando a ferramenta EWO (Emergency Worker Order) – Ordem de Serviço Emergencial, que será vista em maiores detalhes nos tópicos posteriores.

Figura 4.36 – Mapa de Quebra da Máquina.



Fonte: Dados da empresa (2021).

4.3.1 EWO - Emergency Work Order

A Emergency Work Order (EWO), Ordem de Serviço Emergencial, é um documento que contém onde as análises de falha, essa ordem de serviço contempla algumas ferramentas importantes como o 5W+1H, 5 por quês, planos de ação, entre outros. O processo de EWO é similar ao PDCA utilizado em outras metodologias onde o P (Plan) que significa identificação do problema, que é realizado nas etapas 1, 2 e 3 da EWO. O D (Do) seria o reparo do equipamento. Enquanto o C (Check) é a análise de causa raiz utilizada na 4, 5 e 6 da EWO. O plano de ação que vai evitar a recorrência da falha é o A (Act). O que podemos ver que a EWO é uma ferramenta de melhoria, uma vez que elimina o problema na sua causa raiz, e gera uma economia para empresa.

4.3.2 Exemplos de Análises de Falhas (EWO)

Como um exemplo de Ordem de Serviço Emergencial (EWO - Emergency Work Order), pode-se citar esta quebra que se originou a partir de um vazamento de água na bomba de vácuo localizada no interior da máquina. Ao enviar este equipamento para reparo ele retornou para empresa, sendo instalado pela empresa que o removeu. Ao sétimo dia de funcionamento o operador do equipamento acionou a manutenção onde relatou ter ouvido um barulho na máquina e imediatamente a desligou, ao analisar foi identificado que o barulho era de dentro

desta bomba de vácuo que posteriormente ao desmontá-la foi identificado que uma engrenagem de sincronismo quebrou. Na Figura 4.37 é possível ver a análise realizada no formulário de ordem de serviço emergencial.

Figura 4.37 – EWO- Ordem de Serviço Emergencial (Frente).

Formulário de Ordem de Serviço Emergencial (EWO)

Nome do Cliente: MARCELO COSTE LAZAR

Data: 15/01 **Hora:** 07:40 **Valor:** R\$ 16,00

Descrição do Serviço: Medição com alto nível e aumento de Alcatraz de (Rouel Low)

Equipamento: Bomba Zosasee Pn8-006C

Substituição: Substituição da bomba Zosasee com o modelo 00740

Substituição Mecânica: Substituição mecânica Zosasee Pn8-006C

Observações: A quebra da dentre Capuz e desmontamento dos Lóbulos, que se chocaram um com o outro fazendo com que a bomba perdesse potência.

Fonte: Dados da empresa (2021).

Foi identificado que a causa da quebra da engrenagem de transmissão ocorreu pelo uso de uma ferramenta inadequada para a remoção do parafuso de fixação da engrenagem e que devido aos danos causados com esta quebra esta bomba de vácuo não teve mais reparo.

268

Com a análise obtida do 5W1H e 5 por quês, conclui-se que a falha raiz foi devido a falta da execução do plano preventivo.

Outro ponto identificado no formulário (EWO) apresentou que:

- 1) Primeiramente a manutenção foi realizada por um terceiro não habilitado para efetuar o reparo na bomba booster;
- 2) Houve solicitação da diretoria para que uma empresa terceira consertasse a bomba booster;
- 3) Não era de conhecimento da equipe de manutenção que a bomba booster era um item de substituição a base de troca e que só o fabricante poderia efetuar reparos.

No documento de Ordem de Serviço Emergencial (EWO - Emergency Work Order) foi avaliado que o tipo da causa raiz teve origem no Pilar PM por conta de uma manutenção insuficiente. A ação contra a causa raiz foi a que todos os itens de classificação A da máquina poderiam ser fornecidos somente pelo fabricante, enquanto o plano de manutenção preventiva deveria compor a quantidade de horas após o que cada componente ser substituído. Haja vista que, a bomba tinha uma validade de 70 mil horas de trabalho e a máquina estava com 91 mil horas. O fabricante tinha um plano de substituição a base de troca somente se a bomba booster permanecesse nas condições originais.

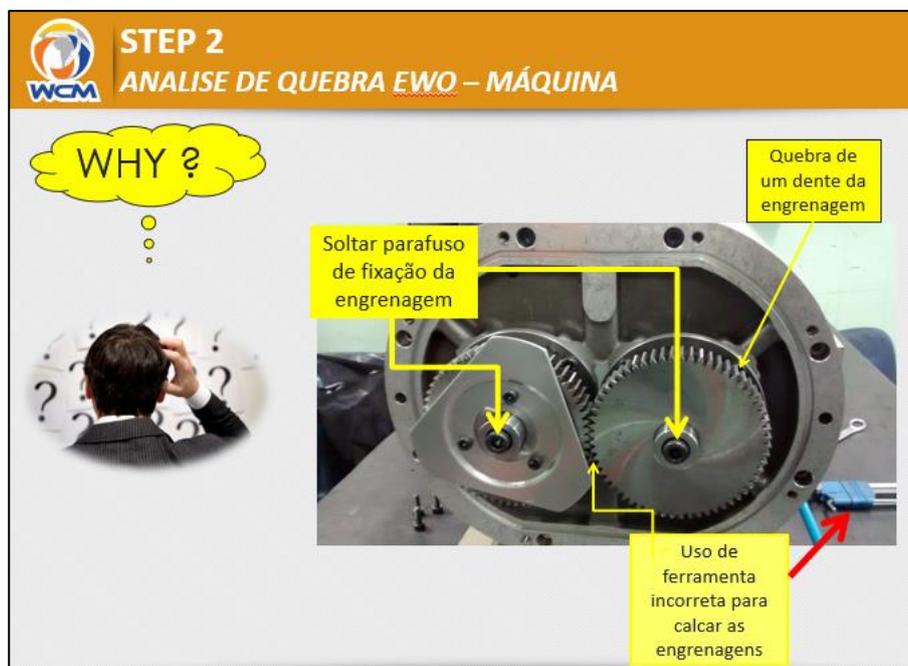
As Figuras 4.39 e 4.40 detalham os danos causados e uma simulação do problema.

Figura 4.39 – Análise de Quebra da Máquina.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.40 – Análise de Quebra EWO da Máquina.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Neste período de análise houve mais duas quebras na bomba, e com a análise de causa raiz efetuada pela equipe de manutenção chegou-se à conclusão que as mesmas ocorreram devido à danos diretos e indiretos ao equipamento.

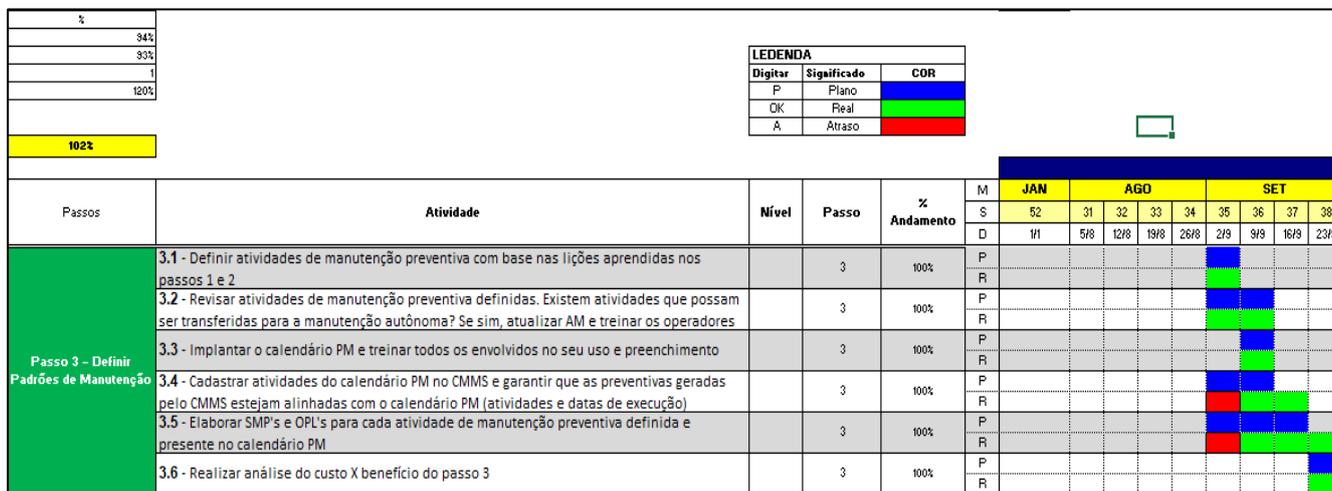
Em uma das quebras o equipamento não conseguiu obter potência de corte devido a estar com os circuitos de geração de laser contaminados com partículas de alumínio, como solução ocorreram as trocas dos espelhos e a limpeza de todo o circuito de geração do laser e por fim a troca das vedações do ressonador.

O reparo de outra quebra, foi a substituição do servomotor que ao ligar a máquina depois de seis meses de equipamento parado, devido à espera da compra da bomba de vácuo, apresentou falha ao realizar referenciamento.

4.3.3 Passo 3: Definição dos Padrões de Manutenção

Neste passo utilizou-se um pouco mais de tempo que o previsto devido a maior complexidade dos dados que foram levantados do equipamento, conforme a Figura 4.41. Este passo foi iniciado na primeira semana de setembro do período analisado, durando quatro semanas ao todo.

Figura 4.41 – Master Plan - Passo 3.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Com a atividade concluída no passo 1, que foi a restauração a ponto de voltar todos os componentes a condição original. O passo 3 tem como objetivo definir planos de manutenção preventivas que sejam capazes de identificar uma falha antes que ela se torne uma quebra, aumentando a confiabilidade do equipamento e melhorando os indicadores da manutenção que são: MTTR (Mean Time to Repair) - Tempo Médio de Reparo, MTBF (Mean Time Between Failures) - Tempo Médio entre Falhas, OEE (Overall Equipment Effectiveness), Disponibilidade, Performance e Qualidade.

4.3.4 Plano de Manutenção

O Machine Ledger será visto com mais detalhes no Passo 3, no qual será explicado cada campo e como é feito o preenchimento. Também será exposto o propósito do trabalho de decomposição e posteriormente no passo 3, o planejamento da manutenção preventiva e a montagem de um plano de trabalho padronizado para a equipe de mantenedores.

Nesta etapa foram definidas atividades de manutenção como verificações, inspeções, substituição de componentes, baseado no manual do equipamento. Foi incluído no Machine Ledger uma programação anual de atividades a serem realizadas conforme os períodos levantados, ficando disponível ao lado do equipamento para visualização e preenchimento das atividades concluídas.

Para melhor visualização do Machine Ledger, ele foi subdividido em quatro partes para melhor explicação de seu conceito. No destaque 1, conforme apresentado na Figura 4.42, o componente exibe uma foto real da peça, o que auxilia o manutentor a identificar de maneira correta o item que será inspecionado.

Figura 4.42 – Machine Ledger destaque 1.

4 - EIXO X	CAIXA DE VELOCIDADE		A	MESA	TBM
			C	SUPORTE DA CHAPA	TBM
	GUIA LINEAR		C	PROTEÇÃO	TBM
			C	ESCOVA	TBM
			A	ROLAMENTO	TBM

Fonte: Dados da empresa (2021).

Na Figura 4.43 observa-se o destaque 2, que com base no Machine Ledger identifica a classificação que cada componente se enquadra. Iniciando pela classificação A, B e C, conforme explicado no passo 1, exibe-se o tipo de manutenção que deverá ser realizada, classificadas em TBM - manutenção baseada em tempo que podem ser verificações ou inspeções diárias ou ainda periódicas e CBM (Condition Based Maintenance) – Manutenção Baseada por Condições que são as análises de termografia, vibração, ultrassom ou de óleo. Neste campo exibe-se também a descrição da atividade, a qual pode ser troca de componente, limpeza e inspeção, lubrificação ou atividades relacionadas a manutenção, em seguida observa-se a frequência da atividade a qual pode ser diária, semanal ou anual.

Na sequência, observa-se a duração da atividade em minutos, na próxima coluna consta que a mão-de-obra designada para aquela atividade deve ser elétrica ou mecânica e finalizando esse destaque mostra em qual condição a máquina deve estar, parada ou em funcionamento. Este destaque é apresentado na Figura 4.43.

Figura 4.43 – Machine Ledger destaque 2.

A	MESA	TBM	LIMPEZA E INSPEÇÃO	6M	40	M	ML
c	SUPORTE DA CHAPA	TBM	LIMPEZA E INSPEÇÃO	6M	20	M	ML
c	PROTEÇÃO	TBM	LIMPEZA E INSPEÇÃO	A	10	M	MP
c	ESCOVA	TBM	LIMPEZA E INSPEÇÃO	A	10	M	MP
A	ROLAMENTO	TBM	LUBRIFICAÇÃO E CONTROLE	A	4	M	MP

Fonte: Dados da empresa (2021).

A Figura 4.44 apresenta o destaque número 3, em que exibe o calendário que identifica todas as atividades a serem realizadas nas datas corretas. Este campo é preenchido com triângulos amarelos e cabe ao mantenedor preencher o documento conforme a legenda apresentada na Figura 4.45. Desta forma o mantenedor ou o gestor podem ver de forma rápida se a manutenção foi realizada no equipamento.

Figura 4.44 – Machine Ledger destaque 3.

preventiva poderá sofrer alteração a fim de evitar a quebra daquele item. No campo de reposição têm itens que caso existam devem ser listados, como por exemplo códigos de almoxarifado, fornecedor ou telefone.

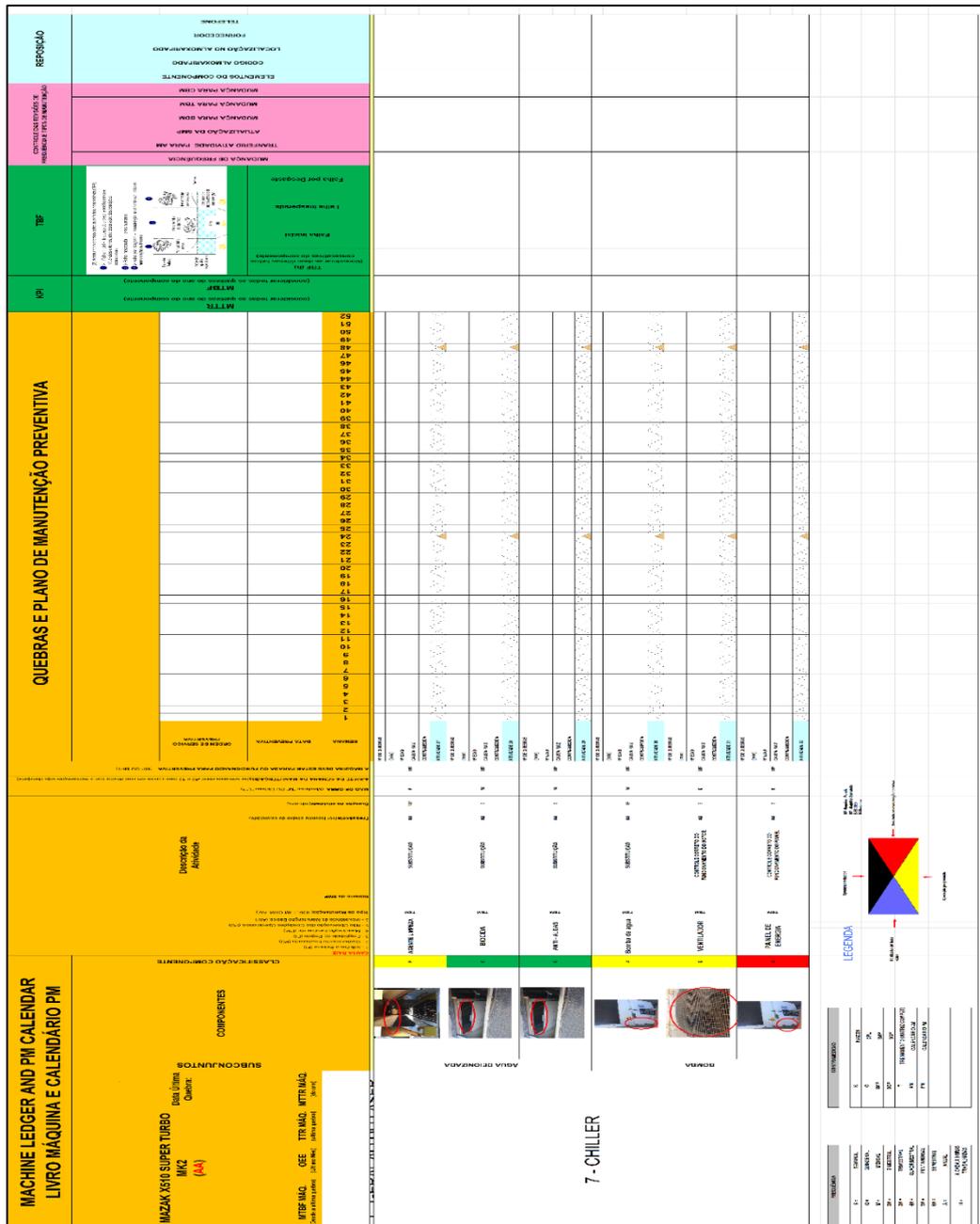
Figura 4.46 – Machine Ledger destaque 4.

KPI	TBF	CONTROLE DAS REVISÕES DE FREQUÊNCIA E TIPOS DE MANUTENÇÃO					REPOSIÇÃO									
MTR (considerar todas as quebras do ano do componente) MTBF (considerar todas as quebras do ano do componente)	(3) Mensurando o tempo entre duas falhas consecutivas (TBF) 1 > Falha Inicial -- fraqueza do projeto, erros humanos e influências externas, não observação das condições operacionais 2 > Falha Inesperada -- erros humanos 3 > Falha por Desgaste -- manutenção insuficiente e/ou falta de manutenção autônoma 					MUDANÇA DE FREQUÊNCIA	TRANFERIR ATIVIDADE PARA AM	ATUALIZAÇÃO DA SMP	MUDANÇA PARA BDM	MUDANÇA PARA TBM	MUDANÇA PARA CBM	ELEMENTOS DO COMPONENTE	CODIGO ALMOXARIFADO	LOCALIZAÇÃO NO ALMOXARIFADO	FORNECEDOR	TELEFONE
TBF (h) (Considerar as duas últimas falhas consecutivas do componente)	Falha Inicial	Falha Inesperada	Falha por Desgaste													

Fonte: Dados da empresa (2021).

Enquanto, na Figura 4.47 pode-se observar em escala macro, o documento por completo que nesta figura está identificando o item 7 do Machine Ledger, este mesmo documento foi apresentado em partes, de acordo com os tópicos KPI, TBF, Controle das revisões de frequência e, tipos de manutenção e reposição da Figura 4.46, devido ao seu tamanho, não é possível a visualização completa.

Figura 4.47 – Machine Ledger - Livro Máquina e Calendário PM.



Fonte: Dados da empresa (2021).

4.3.5 SMP - Procedimento Padrão de Manutenção

O procedimento padrão de manutenção - (SMP) é aplicado para atividade preventiva, que necessita de maiores detalhes na execução e com o uso deste documento o manutentor segue um cronograma de execução, fazendo com que todas as atividades realizadas sigam o mesmo procedimento por meio do trabalho padronizado e utilizando o método de identificação visual.

276

Na Figura 4.48 pode-se observar a atividade de manutenção e inspeção do chiller. Na figura para melhor explicação foram identificadas 3 partes, sendo as partes visualizadas na Figura 4.48, respectivamente, como segmentos 1, 2 e 3.

O seguimento 1 da Figura 4.48 exibe a informação que se trata de um trabalho preventivo do equipamento Mazak Super Turbo, sendo um subconjunto da máquina denominado chiller e que esta atividade é relacionada a parte elétrica e que ainda o equipamento necessita estar desligado para tal inspeção.

O seguimento 2 da Figura 4.48 exibe o passo a passo das atividades e como elas deverão ser executadas, ao lado direito consta a foto da localização do item correspondente a ser inspecionado.

O seguimento 3 da Figura 4.48 corresponde as ferramentas que serão necessárias para execução daquela atividade.

Figura 4.48 – SMP Procedimento Padrão de Manutenção.

PROCEDIMENTO PADRÃO DE MANUTENÇÃO (SMP)				EMPRESA
MÁQUINA(S) / FAMÍLIA	CORRETIVA <input type="checkbox"/>	PREVENTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	Nº	
1	EPI's Necessárias: 			PM-12.1
Tipo de Máquina:	MAZAK LS 18MM	Fabricante/Modelo:	TODOS	
Subconjunto/componente:	CHILLER	Nº de desenhos:		
Título da atividade:		ANÁLISE E INSPEÇÃO		
Estado Máquina:		Parada <input type="checkbox"/> Trabalhando <input type="checkbox"/>		
Especialidade:		Elétrica <input checked="" type="checkbox"/> Mecânica <input type="checkbox"/>		
<p>Passos:</p> <p>1º EFETUAR IDENTIFICAÇÃO DE MÁQUINA EM MANUTENÇÃO (TAG-OUT). A MÁQUINA DEVE SER DESLIGADA.</p> <p>2º RETIRAR AS PROTEÇÕES DO CHILLER 2. E LIMPAR COM AR COMPRIMIDO AS SERPENTINAS DE RESFRIAMENTO. 2.1</p> <p>3º REAPERTAR OS BORNES DO PAINEL DE ENERGIA 3 E RETIRAR A MOTO-BOMBA E EFETUAR A TROCA DOS ROLAMENTOS E SELO MECÂNICO 3.1</p> <p>4º REMOVER OS FILTROS DE AR E TROCAR SE HOUVER NECESSIDADE. OBS - OS FILTROS DEVEM ESTAR NA PREVISTIVA DE 4000HRS QUE O FABRICANTE EXECUTA ANUALMENTE (ANTES DE REMOVER "FECHAR OS REGISTROS DE AR") 4.1</p> <p>5º RETIRAR A ÁGUA ANTIGA E DESCARTAR NA BAIJA DE RESÍDUOS.</p> <p>6º COLOCAR ÁGUA COMUM E ADICIONAR OS PRODUTOS AGENTE DE LIMPEZA E BIOCIDA. LIGAR A MOTO-BOMBA CERTIFICANDO QUE OS REGISTROS ESTEJAM ABERTOS PARA CIRCULAÇÃO COM A MÁQUINA LASER E ASSIM DEIXAR EM FUNCIONAMENTO POR 4 HORAS (CUIDADO DURANTE A ADIÇÃO CERTIFIQUE QUE A BOMBA ESTEJA COM PRESSÃO DE ÁGUA DE APROXIM. DE 4 KG)</p> <p>7º DESCARTAR A ÁGUA E COLOCAR 140 LITROS DE ÁGUA IONIZADA E O PRODUTO ANTIFALGAS.</p> <p>8º RETIRAR IDENTIFICAÇÃO (TAG-OUT) E LIBERAR A MÁQUINA PARA PRODUÇÃO.</p>				
Equipamentos/ Ferramentas Específicas:				Aprovação / data:
3				
ALCATE AMPERIME TRÓE CARRINHO DE FERRAMENTAS.				

Fonte: Dados da empresa (2021).

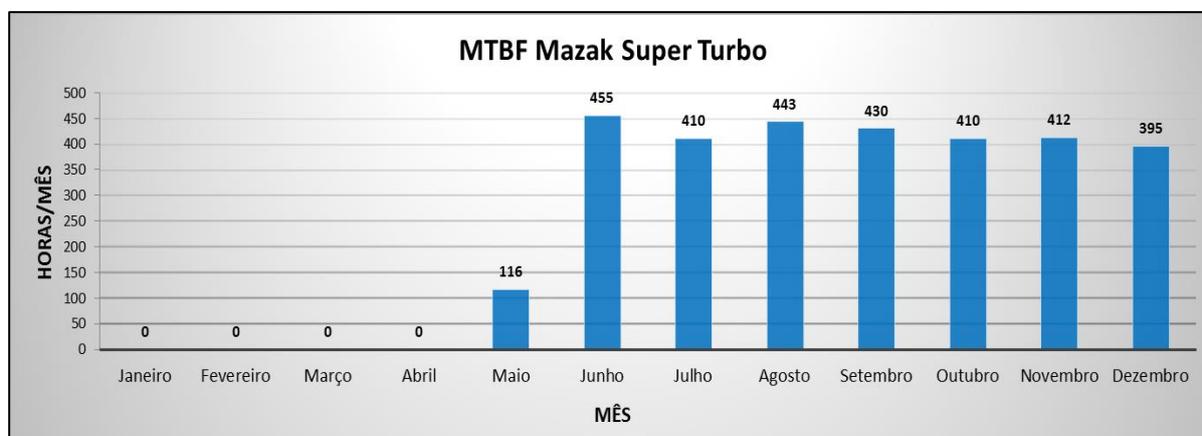
4.4. Análises de Resultados

Para implementação deste projeto foi realizado o investimento aproximado de R\$ 13.000,00 em materiais, os quais foram distribuídos para confeccionar as proteções metálicas e acrílicas da máquina. Os itens da máquina que foram substituídos na área de abastecimento de óleo, pintura da máquina, pintura do setor e pintura da oficina de manutenção.

Com a substituição das atividades que eram realizadas pelos técnicos de manutenção especializados, para a Manutenção Autônoma, por operadores que trabalham diretamente com o equipamento, foi previsto uma redução de custo inicial de R\$ 3.166,87. Assim, pode-se aumentar essa redução, conforme o tempo de inspeção diária, se realizada em menor tempo de inspeção. Para este resultado, não foi contabilizado que este procedimento não demanda de parada de máquina, por se tratar de um processo de início de turno.

Análise do indicador MTBF, na Figura 4.49, observa-se que de janeiro a abril sua disponibilidade esteve abaixo da meta estabelecida pela empresa de 300 horas. Após estabelecer um plano de ação no equipamento e as inspeções diárias, o indicador apresenta uma disponibilidade total de horas.

Figura 4.49 – MTBF do Processo Analisado.

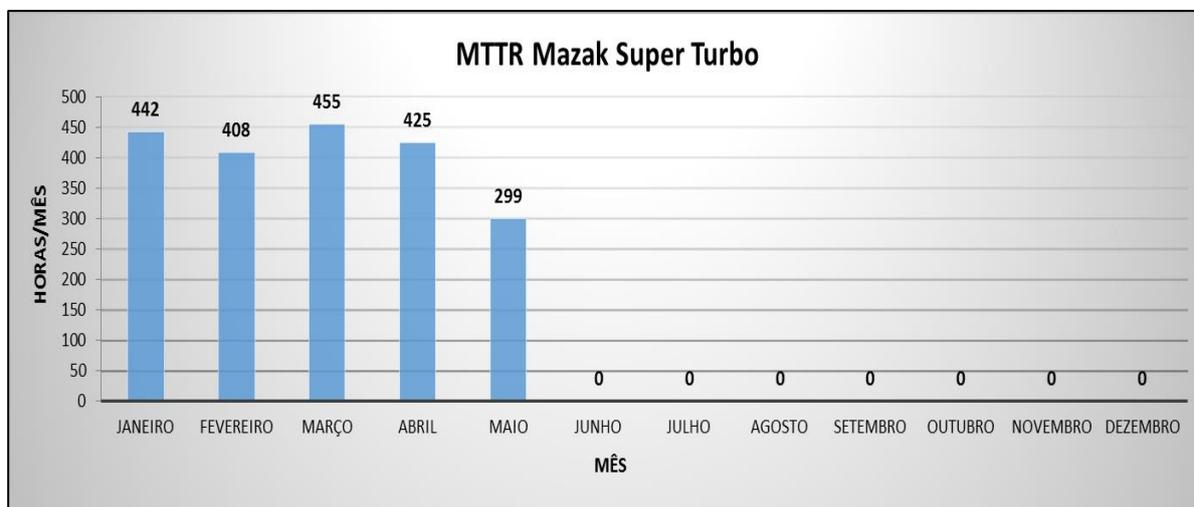


Fonte: Dados da empresa (2021).

O indicador MTTR apresentado na Figura 4.50 apresentou uma disposição reversa, se comparado com o indicador apresentado na Figura 4.49. Pois, observa-se que a meta estabelecida pela empresa é de 20 horas/mês, e nos meses de janeiro a maio a meta estabelecida foi ultrapassada.

Analisando a Figura 4.50, pode-se concluir que após a restauração da máquina modelo e da realização de todas as inspeções, conforme descrições no decorrer dos passos 1, 2 e 3, o equipamento não apresentou falhas que pudessem pará-lo, alcançando assim o resultado estabelecido no objetivo específico, total de zero quebras.

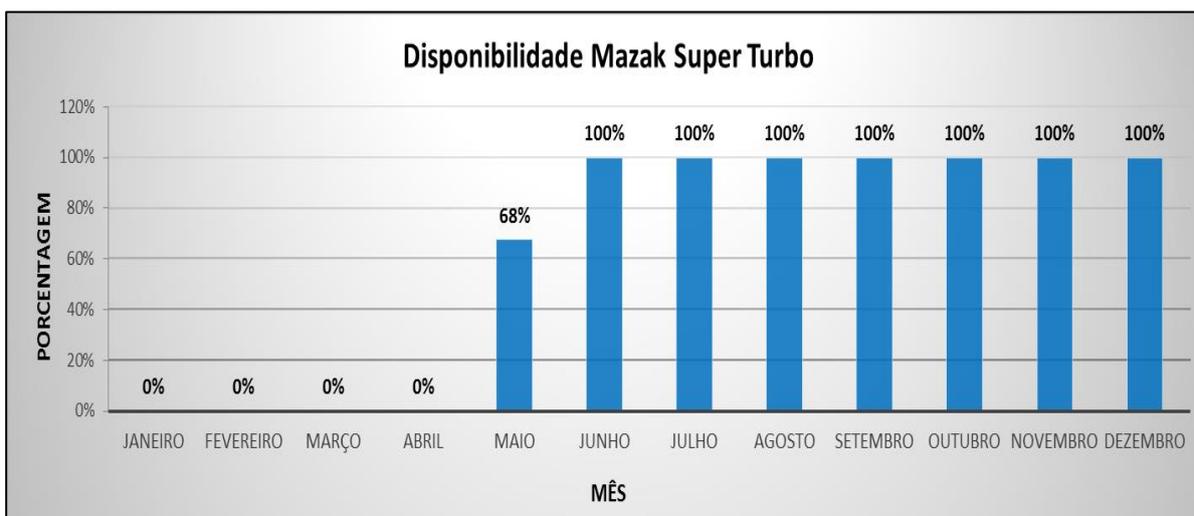
Figura 4.50 – MTTR do Processo Analisado.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Analisando o indicador de disponibilidade apresentado na Figura 4.51, pode-se identificar que o equipamento em estudo alcançou a meta individual estabelecida pela empresa em 85% de disponibilidade, a partir do mês junho; sendo que permaneceu até o mês de dezembro do período analisado.

Figura 4.51 – Disponibilidade do Processo Analisado.



Fonte: Dados da empresa (2021).

Figura 4.52 – Antes x Depois do WCM Análise do Custo.

Comparação de ANTES X DEPOIS					
			Horas Máquina anual	Custo	TOTAL
ANTES		Custo do reparo do equipamento	-----	R\$ 180.000,00	R\$ 890.150,00
		Custo da Hora máquina parada .	2029	R\$ 710.150,00	
DEPOIS		Horas de máquina disponível para produção	3071	-----	R\$ 1.074.850,00

Fonte: Dados da empresa (2021).

Ao comparar os indicadores de seis meses antes da aplicar o WCM, o equipamento teve um total de 2.029 horas de máquina parada contabilizando assim um valor de R\$ 710.150,00 reais e de mais aproximadamente R\$ 180.000,00 para reparo do equipamento e que se contabilizarmos que o equipamento esteve disponível por 3071 horas até o fim do mês de dezembro podendo ter faturado para a empresa R\$1.074.850,00.

Para conclusão foi levado em consideração que o equipamento em produção esteve em condição disponível de 3071 horas. Com base nas análises das Figuras 4.49 a 4.52 verifica-se que, a metodologia aplicada contribui com os resultados obtidos na empresa estudada, o que gera resultados superiores a meta estabelecida pela empresa.

Toda e qualquer intervenção do equipamento é cabível de levantamento de causa raiz, evitando uma falha de decisão gerencial ou técnica. Caso essa metodologia existisse antes da quebra da máquina, que ocorreu devido a uma falha da manutenção preventiva e ainda foi potencializada por erro gerencial, esse equipamento não permaneceria parado sem condições de uso neste período. Tal fato que foi potencializado pelo fato de a empresa não possuir recursos financeiros necessários para a compra da peça danificada. Deixando então de faturar ao longo do período R\$ 890.150,00 reais aproximadamente.

Um fator negativo encontrado na teoria do WCM, foi que não é possível restaurar todos os componentes como solicitado no passo 1. No caso, alguns componentes são muito caros e o trabalho de restauração fica inviável para a empresa, pois ultrapassa o teto de gasto planejado. Outro fator negativo foi implementar o conceito sem mão-de-obra suficiente, pouco recurso para restauração do equipamento e dificuldade inicial na adesão da equipe na sistemática do WCM.

O objetivo geral deste projeto foi a redução de custo devido a quebras em uma máquina, utilizando um dos dez pilares técnicos do WCM, especificamente o pilar de Manutenção Profissional. Tal objetivo não seria alcançado, caso não houvesse a aplicação efetiva da teoria - os 3 passos do referido pilar a fim de eliminar as quebras da máquina modelo.

4.5 Breve Resumo do Capítulo

Esse capítulo apresentou a implementação dos 3 passos do pilar da metodologia WCM, o intuito de utilizar as ferramentas de gestão apresentadas na metodologia em referência objetivou identificar soluções de problemas na máquina estudada.

Ao final do capítulo, verifica-se que o uso da metodologia na empresa, proporcionou ganhos ao alcançar o objetivo de reduzir o custo de processo, bem como alcançar o objetivo de zero quebra.

281

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem por objetivo apresentar as conclusões, considerações finais, limitações de pesquisa e as propostas de trabalhos futuros que foram obtidas através de todo o estudo realizado. Por meio desta leitura é possível identificar importantes observações sobre toda a evolução do processo citado, como evidências de um estudo de caso que apresenta significativo potencial de precisão, e que pode, assim, viabilizar possíveis estudos futuros.

5.1 Conclusões

Para o desenvolvimento deste trabalho, se estabeleceu a problemática de pesquisa: “Como a filosofia da Manufatura Enxuta integrada com a filosofia da Manufatura Classe Mundial auxiliam na solução de problemas em um processo de fabricação de corte à laser de uma linha de produção?” Com a proposta elaborada, pode-se concluir o desenvolvimento da problemática analisada no Capítulo 4, os conceitos do Quinto Pilar do método WCM, o Professional Maintenance (PM) ou Manutenção Profissional (MP), facilita a colaboração e o comprometimento entre o manutentor e o operador, de forma a reduzir quebras aplicando técnicas de análise de falhas. Foram comparados alguns conceitos de Produção Enxuta, também conhecida como Lean Manufacturing, Produção Lean ou Sistema Toyota de Produção com os conceitos Manufatura de Classe Mundial. Assim, o problema de pesquisa foi desenvolvido.

Destarte, infere-se que o objetivo geral deste trabalho, de aplicação dos conceitos de Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta para melhoria de um processo e fabricação de corte à laser de uma linha de produção em uma indústria metalomecânica, foi alcançado. Quanto aos objetivos específicos, também, foram atingidos, considerando as observações:

- a) A partir da fundamentação teórica apresentada no decorrer deste trabalho, os conceitos contribuíram para observação, planejamento e execução dos conceitos na prática que contribuíram para o aumento de disponibilidade do equipamento resultando no aproveitamento de cem por cento da máquina para o processo produtivo – foi alcançado;

- b) No que tange aos estudos dos pilares, este trabalho apresentou a compreensão das ferramentas do WCM conforme apresentação teórica contida neste trabalho, apresentada na seção 2.1 – foi alcançado;
- c) Com o uso da ferramenta EWO apresentada no item 4.3.1, foram utilizadas as seis possíveis causas raízes da metodologia WCM – foi alcançado;
- d) De acordo com o Capítulo 4 foram aplicados os três passos do WCM e conforme a obtenção de resultados a empresa alcançou a certificação de WCM Light, tornando-se capacitada ao fornecimento para uma montadora do ramo de linha automotiva pesada – foi alcançado;
- e) Com a implantação do problema de pesquisa, conclui-se que os indicadores alcançaram a expectativa proposta pela empresa conforme apresentado na seção 4.4 – foi alcançado.

Portanto, o objeto geral e os objetivos geral e específicos do trabalho foram atingidos.

Complementarmente, foram abordados os conceitos e as definições dos pilares de Professional Maintenance (PM) ou Manutenção Profissional (MP) e o básico do pilar Autonomous Maintenance (AM) ou Manutenção Autônoma (MA). O pilar de Professional Maintenance (PM) ou Manutenção Profissional (MP) engloba as atividades relacionadas com a consolidação de um sistema de manutenção, com o objetivo de reduzir a zero o número de quebras de uma máquina ou equipamento e, conseqüentemente, de obter economias. Maximizar a disponibilidade a um baixo custo é a premissa deste pilar, que faz parte da melhoria contínua de uma empresa.

O estudo da utilização da Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta em um Processo de Fabricação Industrial de Corte à Laser, de acordo com os objetivos apresentados para esta pesquisa, teve como demanda uma contextualização histórica e teórica, a fim de comprovar a efetividade do processo de melhoria contínua na gestão dos processos operativos dentro do sistema organizacional vivenciado.

O desenvolvimento deste, ocorreu a partir de levantamento de bases e fontes teóricas sobre o tema abordado, a fim de oferecer um embasamento para os conceitos apresentados no decorrer. Posteriormente foi realizado um estudo de campo da organização a fim de identificar os maiores e significantes detratores do local. Com eles identificados, iniciou-se o estudo de como seriam aplicados conceitos obtidos bem como os passos dos pilares do WCM.

Nesta pesquisa, o objeto de estudo consistiu em como seria a aplicação e a realização dos conceitos do WCM na fabricação industrial de corte à laser, na máquina selecionada em si. Diante o desafio identificado, o problema de pesquisa (a aplicação efetiva dos 3 passos do WCM) passa então a ser observado, discutido e respondido; voltando-se assim para o estudo de caso proposto: implementação, aplicação e desenvolvimentos dos pilares do WCM.

Ao comparar os objetivos citados com os resultados alcançados, a aplicação dos conceitos de Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta para melhoria de um processo

para o controle do tempo na empresa foco do estudo, conclui-se que o trabalho foi bem desenvolvido.

5.2 Considerações Finais

Considera-se que o estudo de caso possuiu neste trabalho levantamento de posição quanto ao WCM, referente a sete meses de implantação da metodologia utilizando as ferramentas de qualidade para obter o resultado que foi a certificação WCM obtida pela empresa.

De maneira ampla, o trabalho contribuiu com conhecimento sobre a aplicação da metodologia do WCM, visto que a abordagem deste trabalho, buscou realizar o objetivo geral através da aplicação dos conceitos da teoria bem como otimização de processos envolvidos.

Este apresentou a meta de reunir dados e informações sobre a Manufatura Classe Mundial e Manufatura Enxuta, que ocorreu em uma máquina selecionada por se tratar do maior detrator do setor em questão, baseado em uma análise de dados coletados pelo segundo pilar Desenvolvimento de Custos (CD – Cost Deployment).

A mentalidade de buscar senso de organização e planejamento, com o objetivo de reduzir o custo devido a quebras em uma máquina, otimizar a confiabilidade e a disponibilidade do equipamento para maximizar os resultados financeiros da planta, através de uma manutenção profissional efetiva e melhoria contínua nos equipamentos utilizando a metodologia WCM, mais especificamente o pilar de Manutenção Profissional, possibilitando que o resultado contribua com a redução do custo de transformação da planta.

É possível concluir que, apesar da metodologia ter sido desenvolvida para empresas do setor automobilístico, ela é capaz de ser aplicada em todo o ramo industrial, seu método próprio de aplicar a metodologia em 7 passos, torna sua abordagem de resolução de problemas eficaz ao que se espera em uma organização, que é a otimização de processo alicerçado com baixo custo.

5.3 Limitações da Pesquisa

Duas limitações que podem ser evidenciadas no desenvolvimento do trabalho são:

- a) O estudo de caso foi desenvolvido em uma máquina de corte laser, que não se apresentava disponível, assim, não foi possível realizar uma análise utilizando o indicador de performance da máquina em referência, o OEE - Overall Equipment Effectiveness. Isso se deve ao fato de que a empresa não mensura as perdas de qualidade em seu processo, com isso não sendo possível analisar o resultado do indicador de performance eficiência geral do equipamento, mesmo que haja evidências para redução dos custos de produção e manutenção;
- b) Não foi possível identificar nas análises realizadas, os fatores negativos do processo que poderiam ter diminuído o valor de ganhos de resultados financeiros.

Por exemplo, se o equipamento não possuísse demanda ou estivesse em outro status, que não fosse por motivo de quebra da máquina.

5.4 Propostas de Trabalhos Futuros

Em decorrência das análises estabelecidas dentro do pilar PM do WCM, sugere-se como propostas de trabalhos futuros:

- a) Desenvolver um estudo sobre a utilização da abordagem da metodologia WCM nas demais máquinas da empresa, seguindo a classificação de máquinas desenvolvida com o pilar de desenvolvimento de custo;
- b) Aplicar os demais passos da metodologia WCM, que são os 4, 5, 6 e 7, conforme apresentados na seção 4.1;
- c) Desenvolver uma análise que se baseie no estudo do indicador de performance - OEE - Overall Equipment Effectiveness - eficiência geral do equipamento, conforme limitação supracitada.

REFERÊNCIAS

- BASSAN, J. E. **Gestão da qualidade: ferramentas, técnicas e métodos**. 1. ed. Curitiba, 2018.
- BORGES, R. C; OLIVEIRA, E. H.; OLIVEIRA, A. **Estudo do SMED por da metodologia World Class Manufacturing - WCM**. In: XVII Seminários em administração (SemeAd), São Paulo – SP, Brasil, 2013. 13p. Anais... Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo, 29 a 31 out. 2014.
- BROCKA, B. **Gerenciamento da qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- BUCANEVE, F.; TAIRA T. **Implementação do pilar PM (Professional Maintenance) pertencente ao WCM (World Class Manufacturing) em uma empresa de máquinas agrícolas**. 2013. 100f. Tese (Graduação em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Paraná - SP.
- CAUCHICK-MIGUEL. P. A. **O método do estudo de caso na engenharia de produção**. In: CAUCHICK-MIGUEL. P. A. (Cord.) Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- COOKE, F. L. Implementing TPM in plant maintenance: some organizational barriers. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 17, n. 9, p. 1003-1016, 2000.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CORTEZ, P. R. L. **Análise das Relações entre o Processo de Inovação na Engenharia de Produto e as Ferramentas do WCM: Estudo de Caso Em Uma Empresa do Setor Automobilístico**. XXX – Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), São Carlos – SP, Brasil, 2010, 15p. Anais... Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 12 a 15 out. 2010.

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; FLYNN, E. J.; SAKAKIBARA, S.; BATES, A. K. World-class Manufacturing Project: overview and selected results. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17 n. 7, p. 671- 685, 1997.

FLORES, R. E.; FARACO, N. N. T.; BOND, D. **Proposta de metodologia para construção da ferramenta de análise de falhas no contexto (World Class Manufacturing)**. In XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), João Pessoa - PB, Brasil, 2016. 15p. Anais... Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 03 a 06 out. 2016.

FRANÇA, S. V. S. **Implementação de ferramentas de Lean Manufacturing e Lean Office – Indústria metálica, plástica e gabinete de contabilidade**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HEIDRICH, T. R. S.; NICÁCIO, J. A.; WALTER, S. A. Aplicação do programa 5S no supermercado Beira Lago, em entre Rios do Oeste. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 10, n. 4, p. 1-15, 2019.

HINO, S. **O Pensamento Toyota - princípios de gestão para um crescimento duradouro**. 1. ed., Porto Alegre: Bookman, 2009.

JUNIOR, I. M. **Gestão da qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção - Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MAAROF, M. G.; MAHMUD, F. ScienceDirect A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. **Procedia Economics and Finance**, v. 35, n. 35, p. 522–531, 2016.

MARTINS, T. 5G – **Gemba, Gembutsu, Gentijisu, Genri, Gensoku**. 30 abr. 2019 Disponível em: <https://tuliomartins.com.br/5g/>. Acesso em: 02 nov. 2021.

NATALI, M. **Praticando o 5S na indústria, comércio e vida pessoal**. São Paulo: Editora STS, 1995. 101p.

OLIVEIRA, A. C. M. D.; KUHL C.; PRADO A. E. **Estudo de Implantação do Pilar de Melhoria Focada da Metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma empresa do setor automotivo do interior de São Paulo**. In: IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (ConBRepro), Ponta Grossa - PR, Brasil, 2014. 10p. Anais... Associação Paranaense de Engenharia de Produção (APEP), 03 a 05 dez. 2014.

OKIMURA, L. I. **Uma exploração dos modelos de uso integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma**. 2013. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru - SP.

PALUCHA, K. World Class Manufacturing model in production management. **Archives of Materials Science and Engineering**, v. 58, n. 2, p. 227-234, 2012.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PUERTA, M. V. **A utilização dos conceitos de manufatura enxuta e da teoria das restrições no abastecimento de uma linha de montagem**. 2016. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá – SP.

QUEIROZ, A.; OLIVEIRA, L. A ferramenta Kaizen na solução de problemas em uma indústria automobilística. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 3, n. 2, 10 abr. 2018.

RAGO, S. F. T. **Atualidades na gestão da manufatura**. São Paulo: IMAM, 2003.

RAMOS, W. A. **Seis Sigma**. São Paulo: Atlas, 2011.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute, 2003.

RIBEIRO, H. **5S A base para a qualidade total: um roteiro para uma implantação bem-sucedida**. Salvador: Casa da Qualidade. 1994.

SCHONBERGER, R. J. **Manufatura de categoria mundial: aplicación de las últimas técnicas para optimizar la producción**. Bogotá: Norma, 1989.

SILVA, E. **Um modelo de guia para a preparação da implementação da produção enxuta baseado na aprendizagem organizacional**. 2008. 309f. Tese (Doutorado em Engenharia de

Produção). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman. 1996.

VIANA, Herbert R. G. PCM: **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

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 máquina que mudou o mundo**. 5. ed., Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YAMASHINA, H. Challenge to world-class manufacturing. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 17. n. 2, p. 132-143. 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo