

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

TIAGO ALTHOFF BORGES

MANUTENÇÃO INDUSTRIAL MECÂNICA: Análise dos registros de manutenção
com base nos conceitos da Indústria 4.0

JARAGUÁ DO SUL
Dezembro de 2022

TIAGO ALTHOFF BORGES

MANUTENÇÃO INDUSTRIAL MECÂNICA: Análise dos registros de manutenção
com base nos conceitos da Indústria 4.0

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Campus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Edson Sidnei Maciel Teixeira, Dr.

JARAGUÁ DO SUL

Dezembro de 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IFSC

Althoff Borges, Tiago

**MANUTENÇÃO INDUSTRIAL MECÂNICA: Análise dos registros
de manutenção com base nos conceitos da Indústria 4.0 /
Tiago Althoff Borges ; orientação de Edson Sidnei
Maciel Teixeira. Jaraguá do Sul, SC, 2022.**

63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul -
Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .
Inclui Referências.

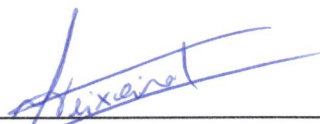
1. Gestão da manutenção. 2. Estratégia de manutenção.
3. Indústria 4.0. I. Sidnei Maciel Teixeira, Edson
. II. Instituto Federal de Santa Catarina. . III. Título.

TIAGO ALTHOFF BORGES

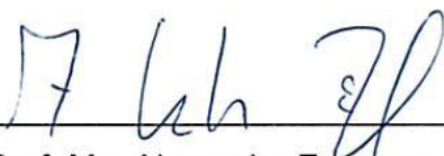
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL MECÂNICA: Análise dos registros de manutenção
com base nos conceitos da Indústria 4.0

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo
indicada.

Jaraguá do Sul, 06 de dezembro de 2022.



Prof. Edson Sidnei Maciel Teixeira, Dr.
Orientador
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Me. Alexandre Zammar
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Carlos Roberto Alexandre, Esp.
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, pela minha saúde e por me permitir passar por todos os obstáculos ao longo da realização do curso.

À minha esposa Bruna pelo apoio incondicional, ela que sempre esteve do meu lado nos momentos mais difíceis, me dando suporte e apoio para seguir em frente com meus objetivos.

Agradeço a todos os professores que influenciaram na minha trajetória. Em especial ao Professor Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira que acreditou na minha ideia e me orientou durante todo o processo para realização e conclusão deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo de caso de gestão da manutenção de uma indústria localizada no norte de Santa Catarina, analisando todo o processo da manutenção, sua estratégia adotada para realizar as atividades, registrar e acompanhar os indicadores e metas. Propor a redução de atividades repetidas no processo da gestão da manutenção a partir dos conceitos da Indústria 4.0. Existe uma grande competitividade no meio industrial, as empresas buscam cada vez mais alta produtividade com o mínimo de custos, com isso o processo de manutenção tem se tornado um dos pilares mais importantes. Sendo assim o presente trabalho estuda quais seriam os possíveis ganhos que essa nova revolução industrial traria para a empresa e como ela poderia auxiliar nas tomadas de decisões. Diante dos diversos métodos de pesquisa existentes, o método a ser utilizado na presente pesquisa será o método de estudo de caso analítico, para entender e estudar novas teorias que irão ser confrontadas com as teorias já existentes acerca do tema que será vital para que o trabalho alcance o seu objetivo. Diante deste trabalho conclui-se que a indústria 4.0 pode trazer muitas vantagens e ganhos para o setor de manutenção e até mesmo para a empresa como um todo. Essa revolução industrial ainda é um assunto novo e com constantes melhorias, portanto, com o decorrer da evolução das tecnologias novas melhorias podem ser implantadas no processo.

Palavras-Chave: Gestão da manutenção. Estratégia de manutenção. Indústria 4.0. Viabilidade.

ABSTRACT

This work aims to study the maintenance management case of an industry located in the north of Santa Catarina, analyzing the entire maintenance process, its adopted strategy to carry out the activities, record and monitor the indicators and goals. Propose the reduction of repeated activities in the maintenance management process based on Industry 4.0 concepts. There is great competitiveness in the industrial environment, companies are increasingly looking for high productivity with minimal costs, with that the maintenance process has become one of the most important pillars. Therefore, the present work studies what would be the possible gains that this new industrial revolution would bring to the company and how it could help in decision making. In view of the various existing research methods, the method to be used in this research will be the analytical case study method, to understand and study new theories that will be confronted with existing theories about the theme that will be vital for the work to be carried out. reach your goal. In view of this work, it is concluded that industry 4.0 can bring many advantages and gains to the maintenance sector and even to the company as a whole. This industrial revolution is still a new subject and with constant improvements, therefore, with the evolution of technologies, new improvements can be implemented in the process.

Keywords: Maintenance management. Maintenance strategy. Industry 4.0. Viability.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Estrutura centralizada | 18 |
| Figura 2 – Estrutura descentralizada..... | 18 |
| Figura 3 – Estrutura mista..... | 19 |
| Figura 4 – Plano de manutenção..... | 20 |
| Figura 5 – Estrutura de implantação de RCM..... | 23 |
| Figura 6 – Método de controle de processo (PDCA)..... | 25 |
| Figura 7 – Fluxograma da metodologia..... | 32 |
| Figura 8 – Quadro de pessoas..... | 33 |
| Figura 9 – Layout da seção de manutenção..... | 34 |
| Figura 10 – Tipos de manutenções..... | 35 |
| Figura 11 – Fluxograma de ordens..... | 36 |
| Figura 12 – Sistema de ordens de serviço aguardando atendimento..... | 37 |
| Figura 13 – Sistema de ordens de serviço em execução..... | 38 |
| Figura 14 – Sistema de ordens de serviço pendentes..... | 38 |
| Figura 15 – Plano de manutenção..... | 39 |
| Figura 16 – Sensores de monitoramento..... | 41 |
| Figura 17 – Sensores de monitoramento..... | 41 |
| Figura 18 – Kaizen..... | 42 |
| Figura 19 – Análise de problema de manutenção (APM)..... | 43 |
| Figura 20 – Acompanhamento mensal..... | 44 |
| Figura 21 – Relatório anual das APM's..... | 45 |
| Figura 22 – Gerenciamento de pendências..... | 46 |
| Figura 23 – Sistema de manutenção planejada (SMP)..... | 47 |
| Figura 24 – Registro de SMP's..... | 47 |
| Figura 25 – Hora de máquina parada por seção..... | 48 |
| Figura 26 – Gráfico diário de hora de máquina parada..... | 49 |
| Figura 27 – TMEF e TMPR..... | 49 |
| Figura 28 – Registro de atividades..... | 50 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APM – Análise de Problema de Manutenção

APP – Aplicativo

CNC – Controle Numérico por Computador

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FMEA – Análise de Modo de Falha e Efeito

HMP – Hora de Máquina Parada

IOT – Internet das coisas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDCA – Planejar, Executar, Verificar e Atuar

PMP – Plano de Manutenção Preventiva

RCM – Manutenção Centrada na Confiabilidade

SMP – Sistema de Manutenção Planejada

TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

TMPR – Tempo Médio Para Reparo

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 Objetivos | 11 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 11 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 11 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 12 |
| 2.1 Evolução e caracterização da manutenção | 12 |
| 2.1.1 Tipos de manutenção | 15 |
| 2.1.2 Estrutura da Manutenção | 17 |
| 2.2 Gerenciamento da Manutenção | 19 |
| 2.2.1 Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia | 21 |
| 2.3 Métodos de gestão da manutenção | 22 |
| 2.3.1 Método RCM - (Manutenção Centrada na Confiabilidade) | 22 |
| 2.3.2 Programa 5S | 24 |
| 2.3.3 <i>Kaizen</i> | 25 |
| 2.3.4 FMEA – Análise de Modo de Falha e Efeito | 26 |
| 2.3.5 Indicadores de gestão da manutenção | 26 |
| 2.4 Indústria 4.0 | 27 |
| 2.4.1 Manutenção 4.0 e gestão de manutenção e ativos | 29 |
| 3 METODOLOGIA | 32 |
| 3.1 Apresentação do Local | 32 |
| 3.2 Apresentação da equipe de manutenção | 33 |
| 3.3 Forma de atuação | 35 |
| 3.3.1 Manutenção Preventiva/Preditiva | 38 |
| 3.3.2 Manutenção de Melhoria - <i>Kaizen</i> | 42 |
| 3.3.3 Manutenção Corretiva | 43 |
| 3.4 Indicadores | 48 |
| 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO | 50 |
| 4.1 Análise da Manutenção atual | 50 |
| 4.2 Registros das atividades com base na Indústria 4.0 | 52 |
| 4.2.3 Dificuldades | 55 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 56 |

1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial tem um papel fundamental dentro da indústria contemporânea. Seu maior objetivo é assegurar a produtividade da fábrica, diminuindo as quebras de máquinas, mantendo a qualidade final dos produtos, aumentando a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos e diminuindo custos.

Atualmente existe uma grande competitividade no meio industrial, e para sobreviver no atual mercado de concorrência acirrada as empresas buscam cada vez mais alta produção, baixo custo, zero defeitos, zero quebras, zero acidentes, entre outros requisitos, com isso a manutenção se tornou um dos pilares mais importantes para a indústria, aumentando ainda mais a atenção nesse setor, que influencia diretamente nos resultados da produção.

Com a evolução tecnológica e a integração dos processos segundo o conceito Indústria 4.0, os sistemas de produção passaram a ficar cada vez mais inteligentes, capazes de detectar o surgimento de necessidades produtivas, de suprimentos e de matéria-prima, o que envolve a união de tecnologias físicas e digitais de todas as etapas do desenvolvimento de um produto ou processo. Isso trouxe um impacto positivo, traduzindo em maiores eficiências e produtividade. (ALMEIDA, 2019, p. 24).

Com o avanço da tecnologia da internet a indústria 4.0 é caracterizada pela utilização de sistemas inteligentes que possibilita a tomada de decisão autônoma e cibernética, atuando em alto nível de automação, mais conhecidas como fábricas inteligentes onde existe a interação dos processos industriais de forma rápida.

Diante das mudanças tecnológicas, nota-se a importância de como a manutenção se portará diante desses novos desafios, qual será sua função e como irá contribuir para o crescimento da indústria que está em transformação todos os dias.

Para isso foi realizado um estudo de caso em que foi analisado como a manutenção trabalha atualmente, verificando quais as ferramentas utilizadas para o controle de máquinas, como quebras, horas de máquina parada, controle de material, gestão de pessoas, entre outros fatores, com o objetivo de estudar a implantação da Indústria 4.0 no setor da manutenção, verificando quais ferramentas seriam possíveis de aplicar, e qual seria o impacto no setor da manutenção e para a produção.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Propor a aplicação de conceitos da indústria 4.0 na redução de atividades de registro realizadas de modo duplicado em um departamento de manutenção de uma indústria.

1.1.2 Objetivos específicos

- Estudar a forma de atuação da manutenção em uma linha de usinagem;
- Identificar as atividades de registro repetidas no processo de atuação da manutenção;
- Indicar modos para organizar os registros e acompanhamentos das atividades da manutenção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução e caracterização da manutenção

Durante anos a manutenção foi vista como algo que não fazia parte do planejamento da empresa, pois apenas gerava prejuízos e não agregava valor na produção. Porém com a demanda de produção, competitividade nos mercados cada vez maiores e clientes rigorosos por entrega rápida e qualidade alta, as fábricas tiveram que se reinventar, melhorar seus processos, diminuir tempos de produção, evitar retrabalhos e manter uma confiabilidade alta das máquinas para atender a produção. Dessa forma, a visão de como era vista a manutenção foi mudando gradativamente. A manutenção começou a ser um dos pilares importantes para um bom resultado da empresa. A manutenção pode contribuir para a fábrica de diversas maneiras, seja na compra de um equipamento, melhorias para economia de energia, conservação do ambiente e dos materiais, reutilização dos equipamentos, a otimização de processos industriais e principalmente na confiabilidade, manutenibilidade e eficiência das máquinas e equipamentos (RAMOS, 2012).

Nas últimas décadas a manutenção buscou melhorar seu desempenho perante a necessidade de cada empresa, melhorando a confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos com o propósito de facilitar e agilizar os processos de produção. Diante dessas obrigações e responsabilidades em que a manutenção veio adquirindo durante os anos, obrigatoriamente a manutenção foi se modificando a forma de atuar, pensar e agir perante os problemas.

Dessa forma, uma empresa que está em constante mudança para melhorias no seu processo, o homem da manutenção tem reagido de forma rápida e se adaptado a todas essas mudanças adquirindo novas habilidades e atitudes, buscando maior conscientização da relação entre manutenção e qualidade do produto. São processos de mudanças em que todos devem estar envolvidos, desde gerentes, engenheiros, supervisores, até chegar no chão de fábrica, operadores de máquinas e mantenedores (KARDEC e NASCIF, 2009).

Para Kardec e Nascif (2012), a evolução da manutenção está dividida em cinco gerações:

- Primeira geração: Ocorreu antes da Segunda Guerra Mundial onde que a indústria

era menos mecanizada, os equipamentos eram mais simples e com isso a manutenção ficava em segundo plano, os equipamentos tinham uma vida útil menor, geravam falhas e quebras de componentes com mais frequência, devido ao desgaste acelerado das máquinas, pois nessa época a manutenção atuava apenas como corretiva não planejada, sendo realizado apenas limpeza, lubrificação e reparos após a quebra, o que era suficiente para o processo produtivo.

- Segunda geração: Teve início desde a segunda guerra mundial até na década de 60, nesse período a mão-de-obra industrial diminuiu consideravelmente e teve grande aumento na demanda por todo tipo de produto. Para suprir o mercado, cresceu o investimento em máquinas mecanizadas bem como as complexidades das instalações industriais. Sendo assim nota-se a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos para buscar uma maior produtividade. Diante disso surgem os primeiros conceitos de manutenção preventiva com o objetivo de evitar falhas nos equipamentos, e conseqüentemente mais tarde com o aumento do custo da manutenção, começa a ser estudado sobre os sistemas de planejamento e controle da manutenção.
- Terceira geração: No decorrer da evolução industrial com o crescimento da automação e da mecanização, muitas empresas começaram a adotar o sistema *Just-in-time* que tem o objetivo de produzir apenas o que vender, sem a necessidade de formação de estoque, com isso até pequenas paralisações por falhas ou quebras dos equipamentos acabavam influenciando no aumento dos custos e na qualidade do produto. Sendo assim criou-se cada vez mais uma necessidade em que a manutenção garantisse a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, para que a empresa alcançasse seus objetivos. A terceira geração ficou caracterizada pela busca em aprimorar o conceito da manutenção preditiva, no desenvolvimento de softwares potentes para melhor planejamento e controle das atividades da manutenção, e a aplicação do conceito de confiabilidade pela Engenharia e na Manutenção.
- Quarta geração: Os objetivos são os mesmos citados na Terceira Geração, que é manter a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos elevadas, reduzindo

os custos gerais de manutenção e de produção por máquina parada. As práticas de manutenção preditiva e o monitoramento dos equipamentos ganham força, conseqüentemente a realização das atividades preventivas e corretivas planejadas tendem a diminuir, pois ambas atividades promovem a paralisação do equipamento impactando de forma negativa para a produção.

- Quinta geração: As práticas adotadas na Quarta revolução são mantidas, mas entra em destaque nessa geração a Gestão dos Ativos, onde todas as áreas trabalham juntos para obter a máxima produção dos Ativos, sem falhas não previstas, buscando o melhor retorno investido. Para a manutenção, a Quinta geração teve as seguintes mudanças:
 - ✓ Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição on-line e off-line;
 - ✓ Participação efetiva nos projetos, aquisição, operação e manutenção dos Ativos;
 - ✓ Constante implementação de melhorias, com o objetivo de reduzir falhas;
 - ✓ Aprimoramento na relação entre departamentos;
 - ✓ Excelência em Engenharia de Manutenção;
 - ✓ Consolidação da necessidade da boa prática gerencial;
 - ✓ Consolidação da contratação por resultados.

Assim, atualmente, segundo a norma NBR 5462/1994 item 2.81, define a manutenção como um conjunto de ações técnicas e administrativas incluindo a supervisão, com objetivo de manter ou recolocar um item em seu estado de funcionamento original atendendo às suas funções requeridas.

Para Kardec e Nascif (2009), a missão da manutenção é restabelecer as condições originais dos equipamentos, garantir a confiabilidade e disponibilidade atendendo o processo de produção ou serviço buscando segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado.

Entende-se que o conceito de manutenção é preservar, reparar, inspecionar e revisar, com o objetivo de aumentar a vida útil e a confiabilidade de um determinado equipamento, para que a produção não tenha problemas inesperados. Dessa forma

com o passar dos anos a manutenção tem se tornado importante para que as empresas busquem seus resultados esperados frente a demanda de serviço e forte concorrência (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.1.1 Tipos de manutenção

A manutenção tem um papel importante dentro do processo de produção, responsável por traçar estratégias de como manter uma máquina ou um conjunto de máquinas em condições de trabalho, que atenda a demanda da fábrica e não ocorra nenhum imprevisto ou falha nos equipamentos. Dessa forma, a manutenção busca aprimorar a sua eficiência e agilidade nos processos de manutenção de várias maneiras (ALMEIDA, 2016). Os principais tipos de manutenção são:

- **Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva pode ser definida como a “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (NBR 5462/1994, 1994, p. 7).

O objetivo principal da manutenção corretiva é reparar um equipamento por quebra ou falha inesperada que impacta diretamente na produção ou qualidade do produto, a agilidade da manutenção nesses casos é essencial para poder recolocar a máquina em condições desejáveis que atenda aos requisitos da fábrica. Esse tipo de intervenção é chamado de manutenção corretiva não planejada ou de emergência.

Para Kardec e Nascif (2009) manutenção corretiva não planejada gera custos elevados pois a quebra inesperada pode acarretar perdas na produção, na qualidade final do produto, retrabalhos, custos de manutenção, entre outros fatores que podem gerar consequências grandes para o equipamento e conseqüentemente para a produção.

A manutenção corretiva planejada pode ser definida como uma ação corretiva não emergencial de um defeito ou falha do equipamento, e que não impacta na qualidade do produto ou atraso na produção, sendo possível programar a manutenção corretiva sem afetar a produção.

Kardec e Nascif (2009) enfatizam que um trabalho bem planejado, será sempre mais barato, rápido e seguro, mantendo a qualidade do serviço. A vantagem da manutenção planejada é você conseguir diminuir as horas de máquina parada por

conta intervenção da manutenção no equipamento, mesmo sendo uma corretiva planejada, quanto menor o tempo para a correção do equipamento, melhor para a fábrica. Dessa forma a manutenção consegue se programar quanto a estratégia adotada para a correção do problema, seja por busca de mão de obra, dispositivos ou até kit reparo para substituir peças danificadas.

- **Manutenção preventiva**

Kardec e Nascif (2009) explicam que a manutenção preventiva atua com o objetivo de evitar falhas através de planos de manutenção previamente elaborados pelos técnicos de área e planejadores, estabelecendo os intervalos de tempo que serão realizadas as manutenções preventivas em determinado equipamento.

A norma NBR 5462/1994 define manutenção preventiva como “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (NBR 5462/1994, 1994, p. 7).

Gregório (2018) diz que a manutenção preventiva possui alguns objetivos principais que são: Aumentar a vida útil do equipamento; reduzir as quebras, minimizar as perdas de produção; promover segurança para o operador e mantenedor e melhorar o planejamento e agendamento dos trabalhos da equipe de manutenção.

- **Manutenção preditiva**

A manutenção preditiva significa prevenir ou predizer as condições dos equipamentos através de acompanhamento de parâmetros, que permite que a máquina ou equipamento continue trabalhando, ou seja, não tem a necessidade de intervenção do equipamento para realizar as medições e verificações (KARDEC e NASCIF, 2009).

“Manutenção preditiva é qualquer atividade de monitoramento que seja capaz de fornecer dados suficientes para uma análise de tendências, emissão de diagnósticos e tomada de decisão.” (REIS, 2017, p. 41)

Xenos (2017), explica que a manutenção preditiva é um dos elementos da manutenção preventiva, que tem o objetivo de inspecionar os equipamentos e evitar as falhas futuras. A manutenção preditiva necessita de investimentos em equipamentos para a realização das tarefas, dessa forma esse modelo de manutenção torna-se mais caro inicialmente comparado com os outros modelos de

manutenção, mas no longo prazo ela possibilita reduzir os custos da manutenção, evitando troca prematura de componentes, desmontagens desnecessárias, possibilita diagnosticar quando realmente é necessário a troca do componente antes mesmo de gerar a falha ou quebra, podendo ser realizado um planejamento para reparos necessários.

2.1.2 Estrutura da Manutenção

Segundo Gregório (2018) para estruturar a organização da manutenção é necessário definir quais são os objetivos e metas da manutenção e como será a divisão das ações e dos recursos utilizados para o alcance das metas.

Gregório (2018) explica três formas de atuação da manutenção conforme a necessidade de cada empresa, que são: Centralizada, descentralizada e mista. Na centralizada normalmente encontra-se uma oficina central para o atendimento das unidades produtivas, ou seja, todos os recursos da manutenção ficam alocados em uma única oficina, dessa forma, para a realização das atividades a manutenção se desloca até a unidade produtiva/equipamento que necessita da intervenção, e em casos mais específicos, os trabalhos são realizados na oficina da manutenção.

Nesse tipo de estrutura podemos visualizar uma equipe de manutenção mais enxuta com conhecimento técnico de todas as unidades produtivas, porém esse conhecimento demora mais tempo para ser adquirido pela quantidade de equipamentos e a supervisão das atividades da manutenção são mais dificultosas.

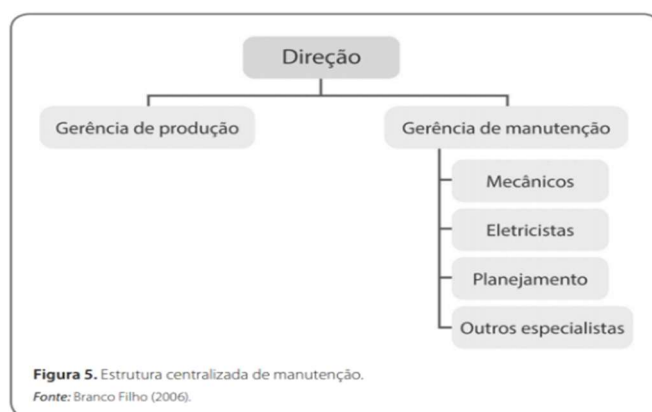
Na estrutura descentralizada, terá postos de manutenção avançado para atendimento de cada unidade produtiva, ou seja, nesse tipo de estrutura, não existe oficina central. Essa forma de atuação, possibilita a rápida locomoção da equipe de manutenção e seus recursos, o nível de conhecimento técnico é mais elevado, assim como o tempo para a familiarização com os equipamentos e problemas das unidades são mais rápidos com uma supervisão facilitada. Porém é necessária uma equipe de manutenção maior, e em alguns casos a gestão e as estratégias adotadas são diferentes para cada unidade (GREGÓRIO, 2018).

Na forma de atuação mista, é uma combinação entre a centralizada com a descentralizada, sendo aplicada em plantas grandes. Dessa forma a estrutura mista trabalha como oficinas em cada unidade produtiva, mas também possui oficinas centrais, podendo centralizar trabalhos mais complexos. Problemas de menor

complexidade ficam de responsabilidade das oficinas avançadas de cada unidade produtiva.

Ainda segundo Gregório (2018), quando se fala da estrutura centralizada no ponto de vista hierárquico, o gestor da manutenção tem a mesma autonomia que o gestor da produção, porém é subordinada apenas pelo gestor de manutenção. A equipe da manutenção é organizada por especialidade. Conforme Figura 1.

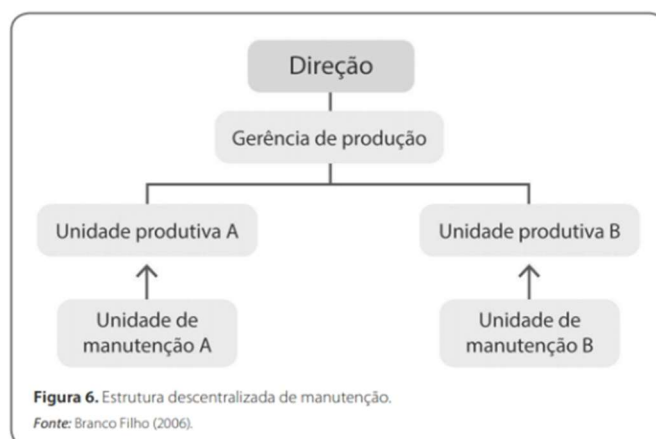
Figura 1 – Estrutura Centralizada



Fonte: Gregório (2018, p 22).

Na estrutura descentralizada Gregório (2018) explica que a equipe de manutenção é ligada a unidade produtiva, ou seja, supervisionada e gerenciada pelos gestores da própria unidade, dessa maneira existe uma maior interação entre as áreas de manutenção e produção. Conforme Figura 2.

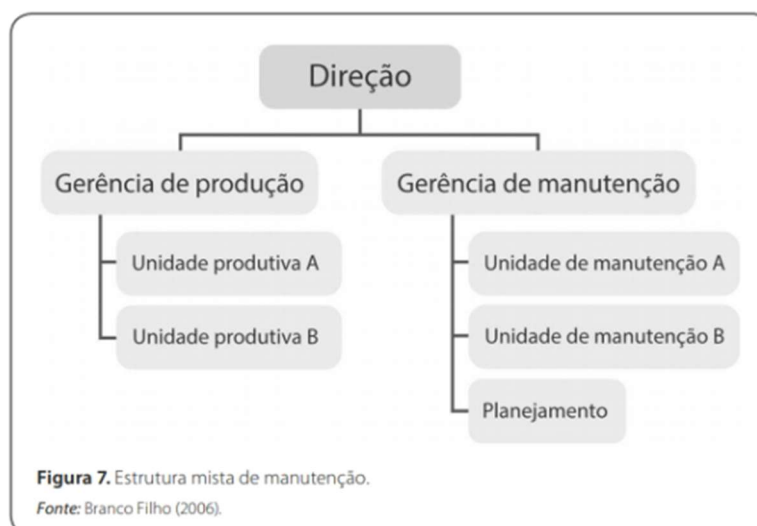
Figura 2 – Estrutura Descentralizada



Fonte: Gregório (2018, p 23).

Na estrutura mista, a equipe de manutenção trabalha em postos avançados, ou seja, existe uma equipe de manutenção em cada área produtiva, porém é supervisionada e gerenciada pelos gestores de manutenção que possuem a mesma autonomia que os gestores das áreas de produção. Conforme Figura 3

Figura 3 – Estrutura Mista



Fonte: Gregório (2018, p 23).

A estrutura e organização da manutenção vai depender de cada empresa, pois sempre vai apresentar alguma variação em virtude do porte da empresa, diversificação das atividades, e características do produto ou serviço (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.2 Gerenciamento da Manutenção

Ao longo dos anos houve uma evolução tecnológica, onde máquinas e processos foram automatizados, gerando a necessidade de métodos de manutenção mais eficazes, que não só realizam o conserto dos equipamentos, mas que as quebras inesperadas fossem evitadas. Foi então que resultou na criação de sistemas de gerenciamento da manutenção com o objetivo de prolongar a vida útil do equipamento e aumentar a sua eficiência, confiabilidade e qualidade (ALMEIDA, 2016).

Segundo Xenos (2014), um sistema de gerenciamento de manutenção coloca o plano de manutenção em destaque, sendo necessário o cumprimento das atividades e obrigações estabelecidas para alcançar os objetivos da manutenção. A missão da

manutenção é evitar a ocorrência de falhas dos equipamentos, para que não prejudiquem a qualidade e os custos dos produtos, nem coloque em risco a segurança dos operadores, mantenedores e meio ambiente. A Figura 4, explica resumidamente as principais atividades que compõem o gerenciamento da manutenção.

Figura 4 – Plano de Manutenção

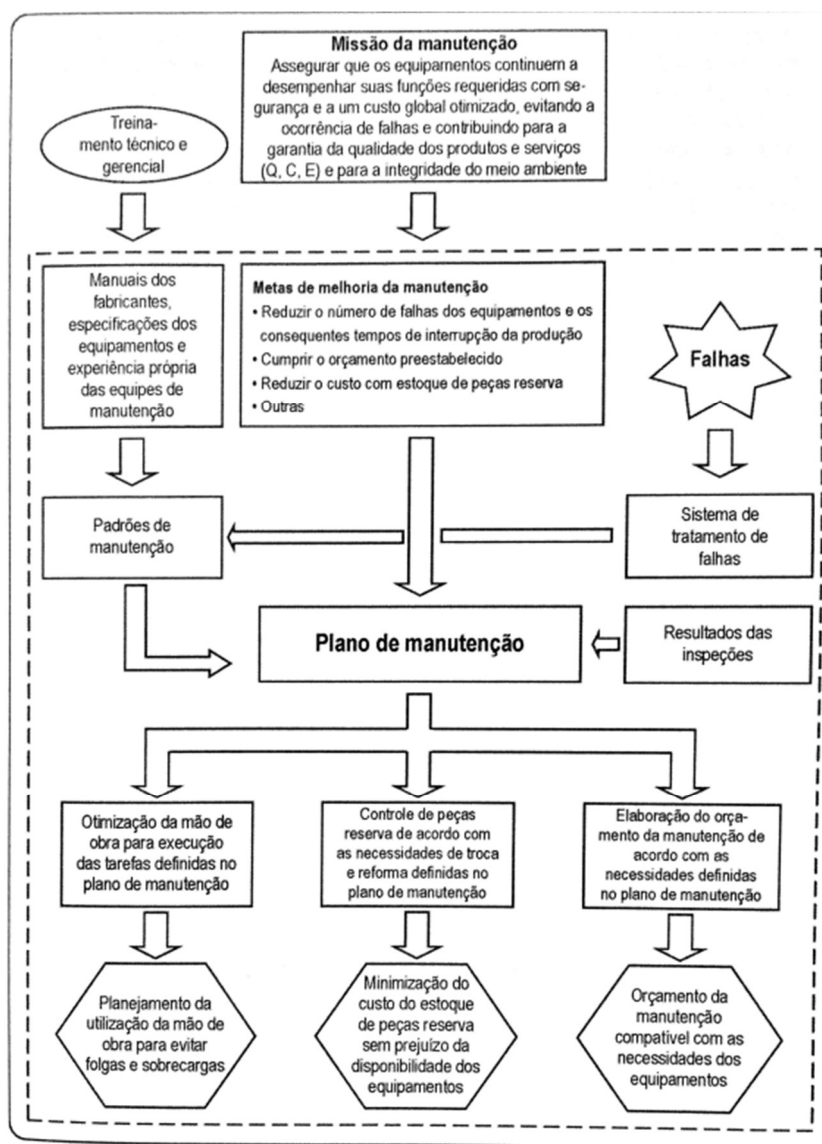


FIGURA 2 – Dimensionamento dos recursos da manutenção com base no plano de manutenção

Fonte: Xenos (2014, p 37).

Xenos (2014), explica que o plano de manutenção é a base do gerenciamento da manutenção, todas as atividades devem ser monitoradas e conectadas uma com as outras para não ocorrer falhas de comunicação, compra de materiais em excesso, falta de mão de obra, retrabalhos, entre outros fatores. O plano das ações preventivas

deve ser elaborado a partir do manual de fábrica de cada equipamento, e da própria experiência da equipe de manutenção com equipamentos similares, transformando esse conhecimento em padrões de manutenção, que são importantes para a formação do plano.

Qualquer tipo de informações dos equipamentos como, realização de uma inspeção, reforma do equipamento, substituição de componentes, melhorias realizadas, devem obrigatoriamente ser registradas no plano de manutenção do equipamento, pois é com base nessas informações que é realizado a elaboração e revisão dos planos. Com base nos históricos e análise dos resultados, é possível dimensionar os recursos necessários para atender cada equipamento, seja com mão de obra, materiais e tempo. Sendo possível otimizar a atuação da manutenção nos equipamentos e diminuir custos de estoques com peças de reposição.

Xenos (2014) ainda relata que muitas empresas alegam que os principais fatores pela dificuldade no gerenciamento da manutenção são pela falta de mão de obra e material. Isso acontece justamente pela falta de um plano bem definido, equipe despreparada e com as informações desatualizadas.

2.2.1 Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia

O gerenciamento da rotina tem como finalidade estabelecer os objetivos do dia e verificar como as coisas estão funcionando na manutenção, se as metas estão sendo atingidas, levantamento de problemas, direcionamento das tarefas, controle dos indicadores, entre outros assuntos que são relevantes para o dia a dia da equipe de manutenção (XENOS, 2014).

Xenos (2014) lista seis pilares importantes para um bom gerenciamento da rotina, que são:

- 5S;
- Padronização;
- Crescimento do ser humano;
- Monitoração dos resultados;
- Ação corretiva;
- Melhoramento contínuo.

2.3 Métodos de gestão da manutenção

Segundo Lakatos (2003), método é um conjunto de procedimentos sistemáticos e racionais, com o objetivo de orientar a forma de realizar certa atividade, através de estudos, identificando erros e auxiliando nas decisões, proporcionando maior segurança e impactando na economia.

2.3.1 Método RCM - (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

Kardec e Nascif (2009) definem confiabilidade como a probabilidade estatística de um determinado equipamento não quebrar, ou seja, não ocorrer falhas em um certo período de tempo, com um certo nível de confiança, quanto maior o número de falhas menor a confiabilidade de um item.

A confiabilidade pode ser definida também como “Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.” (NBR 5462/1994, 1994, p. 2).

Kardec e Nascif (2012) explicam que o método RCM (*Reliability Centered Maintenance*) tem a finalidade de estudar um determinado equipamento, quais os problemas e falhas que possam acontecer e assim definir uma estratégia para diminuir ou evitar essas falhas e perdas.

O RCM deve envolver todas as áreas, além da equipe da engenharia da manutenção, os representantes das áreas de segurança e da qualidade, e também os representantes da operação, para que possa ser levantado todos os problemas e traçado uma nova estratégia ou plano de manutenção para o equipamento, analisando as necessidades estratégicas da empresa. São definidas as preventivas ou corretivas a serem realizadas, e suas periodicidades.

O método RCM busca compreender de maneira sistemática como funciona e qual o desempenho requerido pelo equipamento, como ocorrem as falhas e quais as causas prováveis, e então quais são as consequências acarretadas pelas falhas. Dessa maneira é possível avaliar a criticidade das falhas e criar um critério de priorização com base nos fatores econômicos, operacionais e de segurança (GONÇALVES, 2015).

O processo para a implantação clássica do RCM é listado por Kardec e Nascif (2012) da seguinte maneira:

- a) Seleção do Sistema (equipamento);
- b) Definição das funções e padrões de desempenho;
- c) Determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho;
- d) Análise dos modos e efeitos das falhas;
- e) Histórico de manutenção e revisão da documentação técnica;
- f) Determinação de ações de manutenção, tarefas, frequência.

Conforme Fogliato (2009) explica que os conceitos de confiabilidade e qualidade são muitas vezes confundidos entre si, mas que a principal diferença entre eles é que a confiabilidade incorpora a passagem do tempo, o mesmo não ocorre quando se fala de qualidade.

Na Figura 5, mostra a estrutura e a equipe necessária para a implantação do método RCM.

Figura 5 – Estrutura de implantação de RCM

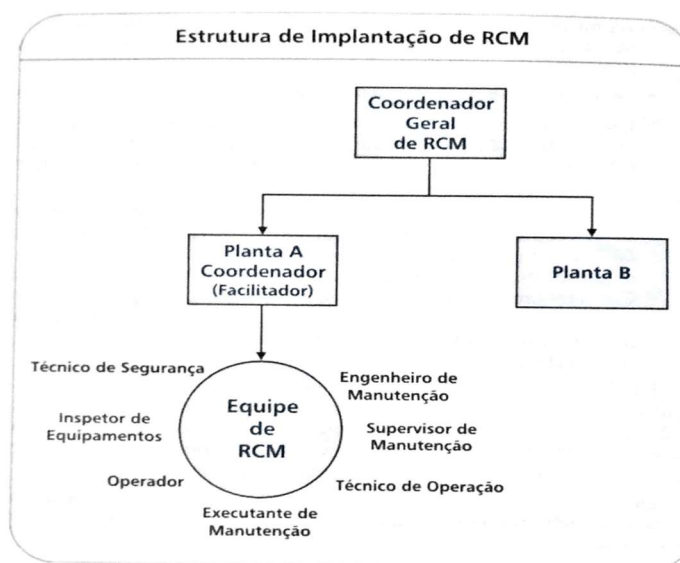


Figura 5.14 – Equipe Multidisciplinar para RCM.

Fonte: Kardec e Nascif (2012, p 170).

Assim como em outros processos é importante que a implantação do RCM seja apoiada pelos gestores e alta gerência para que haja comprometimento de todos e recursos necessários. Alguns benefícios que podem ser alcançados com a implantação do método RCM são: Aprimoramento do desempenho operacional, maior vida útil dos equipamentos, maior banco de dados da manutenção, maior compartilhamento dos problemas de manutenção, melhor custo benefício com relação

mão de obra da manutenção, melhoria das condições ambientais e de segurança e maior motivação da equipe de trabalho envolvida (KARDEC e NASCIF, 2012).

2.3.2 Programa 5S

Segundo Gonçalves (2015), entre as ferramentas mais utilizadas destaca-se o pilar do 5S que tem origem japonesa e refere-se a cinco sentidos que devem ser implantados no ambiente de trabalho da manutenção, que são:

1. *Seiri* (Utilização) – Tem como objetivo separar o útil do inútil, verificar os materiais e ferramentas que realmente são essenciais, e descartar os que não agregam valor no processo ou ambiente de trabalho.
2. *Seiton* (Ordenação) – Sua aplicação busca eliminar os movimentos desnecessários, ou seja, manter um ambiente de trabalho organizado, alocando as ferramentas e materiais próximos de onde serão utilizados, onde todos tem visualização e acesso facilmente.
3. *Seisou* (Limpeza) – O foco desse procedimento é manter um local de trabalho limpo, e que a limpeza é uma tarefa diária, tudo deve ser recolocado no seu devido lugar. Além de manter um ambiente sempre limpo, é importante entender as causas da sujeira para possíveis melhorias, e em alguns casos aprender a não sujar.
4. *Seiketsu* (Normalização) – Seu conceito é manter um ambiente de trabalho agradável a saúde e higiene. É criada normas e sistemáticas para que seja de fácil visualização e entendimento de todos para que tudo possa ser cumprido.
5. *Shitsuke* (Autodisciplina) – Tem como objetivo revisar os padrões, uma vez que implantado os 4Ss, para que não haja regresso, transformando as atitudes em hábitos ou costumes, até o ponto em que todos estarão realizando a prática dos 5S de forma automática.

Com a implantação do 5S é realizada a destinação adequada de materiais, limpeza e identificação com o propósito de melhorar o ambiente de trabalho, ensinando, aperfeiçoando e praticando a autodisciplina, desenvolvendo o crescimento humano e profissional (GONÇALVEZ; 2015).

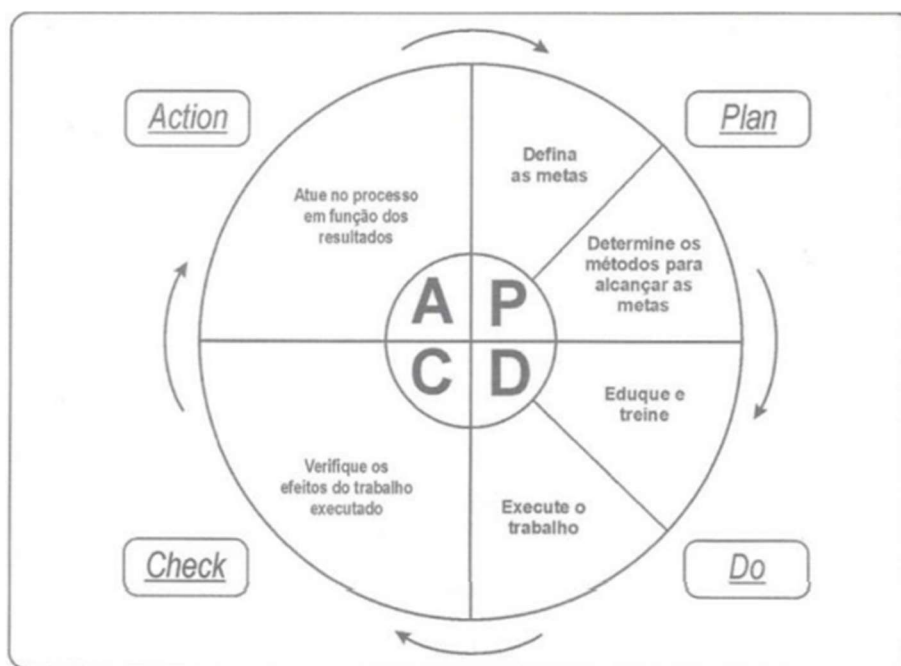
2.3.3 Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa que significa “melhoria contínua” visando diminuir desperdícios, melhorar o processo, a qualidade do produto, serviço e do ambiente de trabalho. No *Kaizen* se concentra os esforços humanos, todos devem ser envolvidos, melhorando a comunicação, trabalho em equipe, moral e a autodisciplina.

Normalmente o *Kaizen* são melhorias pequenas, graduais e de baixo custo, porém a melhoria é pontual tornando-se vantajoso no longo prazo, e em caso de algum problema, sempre é possível voltar ao modo antigo (IMAI, 2014).

O *Kaizen* utiliza o método PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Atuar), que segundo Xenos (2014), é um método usado para atingir metas e objetivos específicos, composto por quatro etapas: Planejamento, que estabelece os métodos e os objetivos a serem alcançados; execução, que tem como objetivo treinar e educar o pessoal e então colocar o plano em prática com realização das tarefas definidas; verificação dos trabalhos realizados e se estão sendo executados de maneira correta e em direção aos objetivos; atuação no processo em função dos resultados, realizando possíveis melhorias no processo ou no método de execução. Figura 6 ilustra como é o giro do PDCA.

Figura 6 – Método de controle de processos (PDCA)



2.3.4 FMEA – Análise de Modo de Falha e Efeito

A FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), ou seja, Análise do Modo, Efeito de Falhas, é um estudo sistemático e estruturado de possíveis falhas em qualquer sistema ou equipamento, que busca a causa raiz do problema e a solução do mesmo, realizando possíveis melhorias ou reformulação do plano de manutenção a fim de evitar as falhas futuras no processo ou equipamento (GONÇALVES, 2015).

Segundo Kardec e Nascif (2012), possui três níveis de FMEA que são:

- FMEA no projeto, que tem o objetivo de eliminar as causas das falhas durante a criação de novos projetos, melhorando a manutenibilidade e segurança do equipamento.
- FMEA no processo, busca melhorar a confiabilidade do equipamento ou processo, e mantê-lo nas condições ideais de operação.
- FMEA no sistema, que se preocupa com falhas potenciais de um sistema de produção em linha.

Para Kardec e Nascif (2012), a manutenção é mais envolvida na FMEA de processos pois atua diretamente nos equipamentos que estão instalados na fábrica e em operação, ou seja, para a manutenção é utilizado na análise de falhas que já ocorreram.

2.3.5 Indicadores de gestão da manutenção

Uma das funções da manutenção é manter a maior disponibilidade dos equipamentos. Reis (2017) explica que disponibilidade de um equipamento é o tempo disponível que esse equipamento teve para produzir, ou seja, sem ocorrer falhas ou algo inesperado, esse tempo é relacionado com tempo total do equipamento, somando o tempo de trabalho realizado mais os tempos necessários para reparos das falhas inesperadas, seja quebra do equipamento, falta de material entre outros problemas.

Segundo Kardec e Nascif (2012), Disponibilidade Técnica de um equipamento indica a capacidade de executar sua função em um determinado período de tempo,

contando com os aspectos de confiabilidade e manutenibilidade. A disponibilidade técnica inclui as manutenções corretivas e preventivas, desconsiderando tempos adicionais de logísticas e espera de materiais ou programação. Pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\text{Disponibilidade Técnica (\%)} = \frac{TMEF}{TMEF + TM} \times 100 \quad (1)$$

Outro indicador é o TMEF (Tempo Médio Entre Falhas). Kardec e Nascif (2012) explicam que, o TMEF é o período médio de tempo entre uma falha e outra em determinado equipamento, é uma medida básica de confiabilidade. O cálculo se dá pela seguinte equação:

$$TMEF = \frac{T1+T2+T3+T4+T5...}{N} \quad (2)$$

Onde (T) é o tempo de funcionamento, e (N) é a quantidade de tempos observado.

Já o TMPR (Tempo Médio Para Reparos), segundo Kardec e Nascif (2012), é um dos indicadores mais utilizados e importantes para a manutenção, pois esse indicador depende diretamente da sua performance sobre os equipamentos, ou seja, necessita de uma boa manutenibilidade, qualidade profissional para execução das atividades, e um bom plano de manutenção, com planejamento e organização. Pode ser calculado da seguinte maneira:

$$TMPR = \frac{t1+t2+t3+t4+t5...}{N} \quad (3)$$

Onde (t) é o tempo de reparo para cada intervenção da manutenção, e (N) é o número de paradas para a manutenção

2.4 Indústria 4.0

Esse modelo conhecido como Indústria 4.0 teve início na Alemanha em 2012

como um programa institucional entre empresas, universidades e governo, com o objetivo de aumentar a competitividade e modernizar as indústrias mais desenvolvidas. Com o avanço dos estudos e das novas tecnologias implantadas, sistemas de manufatura passaram a ser integrados em sistemas com armazenamento de nuvens de dados, sendo possível transmitir informações como condições da produção e comportamento das máquinas diretamente no chão de fábrica (ALMEIDA, 2019).

A Indústria 4.0 tem como fundamento a integração da tecnologia da informação e a comunicação, aumentando os níveis de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, criando novas estratégias e modelos de gestão industrial. Esse tipo de interação possibilita que a linha de produção seja mais flexível e possa ser acionada remotamente, os pedidos são programados e processados automaticamente, possibilita também que o cliente possa realizar pedidos específicos, onde o cliente tem acesso as fases de produção todas online, em casos de problemas e falhas nas linhas de produção a manutenção é acionada automaticamente (SACOMANO; GONÇALVES; BONILLA, 2018).

Para a interação dos sistemas físicos e digitais, é necessário que seja implantada a ferramenta IoT (*Internet of Things* ou Internet das coisas), que consiste na conexão entre rede e objetos físicos, como máquinas, por meio de dispositivos eletrônicos, sendo possível a troca de informação e coleta de dados. Quando se fala de IoT, podemos entender que são máquinas, como por exemplo robôs ou até mesmo pequenos sensores, que são conectados à internet e em plataformas que geram análises de dados instantaneamente. É utilizado para gerenciar ativos e analisar tendências de manutenção, quanto maior o número de máquinas, sensores e dispositivos conectados à internet, maior o número de dados coletados, conseqüentemente melhor serão as análises realizadas pela equipe de manutenção e produção (ALMEIDA, 2019; THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

Diante da grande massa de dados coletados, é importante a implantação do sistema *Big data analytics*. Almeida (2019) explica que, *Big data analytics* é o processamento de uma grande massa de dados gerado por todo o sistema, de todas as áreas da empresa, permitindo a otimização dos processos industriais, melhorando o consumo de energia e a qualidade de produção das fábricas. O sistema *big data* tem como objetivo combinar dados estruturados como por exemplo, transações financeiras, abastecimento, sistemas operacionais, alarmes, parâmetros de

processos, com dados não estruturados internos e externos de clientes, fornecedores, e dos maquinários do processo produtivo, com a finalidade de agregar melhorias.

Almeida (2019) cita três exemplos de como a ferramenta *big data* influencia diretamente na qualidade da linha de produção na Indústria 4.0, que são:

- Sensores espalhados em pontos estratégicos das máquinas, sendo possível verificar nível de óleo, medir, vibrações, ruídos e temperaturas, queda da produtividade, podendo evitar falhas futuras e desperdícios desnecessários.
- Realizar melhorias e ações preventivas com base na extração de incidentes industriais que prejudicam o processo produtivo.
- Identificação de falhas dos produtos antes mesmos de ir para o cliente, evitando *feedbacks* negativos e desgaste da empresa.

Além do processamento desses dados, é importante o armazenamento, sendo assim é utilizado o sistema *Cloud Computing* (Computação em nuvem), que permite o acesso de arquivos, coleta de dados, realização de tarefas, através da conexão com a internet, possibilitando o compartilhamento em diferentes localidades e sistemas para além dos limites dos servidores de uma empresa. Vem sendo utilizado pois gera redução de custos, melhora a comunicação com clientes, fornecedores e até mesmo com a equipe, aumenta a eficiência da empresa, e proporciona maior segurança no armazenamento de dados e nos processos produtivos (ALMEIDA, 2019; THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

Para a segurança da empresa a fim de proteger todos os seus dados, processos e equipamentos, cria-se um sistema de segurança para proteção contra qualquer tipo de ameaça, e falhas que podem acarretar algum tipo de problema para a produção (ALMEIDA, 2019)

Os objetivos principais da segurança da informação é a confidencialidade, onde toda informação deve ser protegida conforme o grau de sigilo, integridade, que tem como objetivo manter a informação na forma original, sem alterações e disponibilidade, onde a informação deve estar disponível para seus usuários a qualquer instante (SACOMANO; GONÇALVES; BONILLA, 2018).

2.4.1 Manutenção 4.0 e gestão de manutenção e ativos

Com a união de tecnologias físicas e digitais e a interação de todas as áreas

envolvidas no desenvolvimento de um produto, os sistemas de produção passam a ficar cada vez mais inteligentes, criando uma necessidade de que a manutenção seja mais eficiente e assertiva nas suas tomadas de decisões para manter o processo disponível e confiável. Para isso a manutenção passa por uma transformação de toda a sua estrutura, o homem de manutenção não atua apenas para realizar reparos técnicos, também é responsável por analisar e entender todo o processo para propor melhorias no processo, nos equipamentos, a fim de reduzir custos e melhorar a eficiência e segurança das máquinas. É fundamental que no decorrer das mudanças nos processos e dos objetivos, a manutenção seja incorporada para que possa auxiliar nas tomadas de decisões (ALMEIDA, 2019; SACOMANO; GONÇALVES; BONILLA, 2018).

Uma das tecnologias que auxilia na transição da manutenção industrial para o novo paradigma da Indústria 4.0 é o *Softwares* de Manutenção com a utilização do sistema *mobile* (dispositivos móveis), que permite realizar tarefas como entrada de dados, acesso ao histórico de manutenção, planos de preventiva e inspeção, manuais, planejamento e controle das atividades, controle de materiais de almoxarifado e compras externas, entre outras atividades que proporcionando melhorias como, redução do tempo das atividades burocráticas proporcionando maior tempo para análise de dados e tomada de decisões, redução de custos, eliminando a impressão de ordens, agilidade e facilidade na requisição de materiais, entre outros benefícios, que impactam diretamente na gestão da manutenção e ativos, aumentando a qualidade, confiabilidade e agilidade (SACOMANO; GONÇALVES; BONILLA, 2018).

Os *Softwares* de Manutenção que utilizam dispositivos móveis se tornaram ferramentas muito importantes e utilizadas para a gestão da manutenção, sendo adotadas por muitas empresas como ferramenta de auxílio para a execução de atividades diárias, obter informações relevantes dos ativos em qualquer hora e lugar, melhorar o controle e acompanhamento sobre a situação dos ativos, eficiência no registro das atividades realizadas, facilidade no gerenciamento e planejamento das ordens de serviço, proteção dos trabalhos realizados, sendo possível registrar informações pontuais e anexar fotos do antes e depois da intervenção do ativo, avaliação no local a respeito do desempenho da manutenção e possibilidade utilizar o aplicativo em modo *off-line* (BRAIDOTTI e JUNIOR, 2021).

A maioria dos processos de manutenção envolve muitas etapas nas quais passam por muitas pessoas de cargos e perfis diferentes, gerando pontos críticos de

comunicação e perda de tempo. Por conta disso, a cada ano que passa, as instalações industriais têm tentado solucionar esses tipos de situação ao unificar a comunicação entre as diferentes áreas ou funcionários da empresa (BRAIDOTTI e JUNIOR, 2021).

Com os sistemas de coleta de dados, que são *Internet of Things*, *Big Data*, *Cloud Computing*, a Indústria 4.0 possibilita o acompanhamento da vida útil de um equipamento ou máquina em tempo real, por meio de softwares e plataformas. Dessa maneira, todos os sensores, e equipamentos são monitorados de forma precisa, então quando uma falha surgir, o próprio equipamento emite um sinal da situação e qual a urgência da manutenção, se é necessário apenas a substituição, reparo ou ajuste. Os ganhos para a gestão da manutenção e ativos é o aumento da confiabilidade, disponibilidade e redução dos custos de manutenção (TELES, 2017).

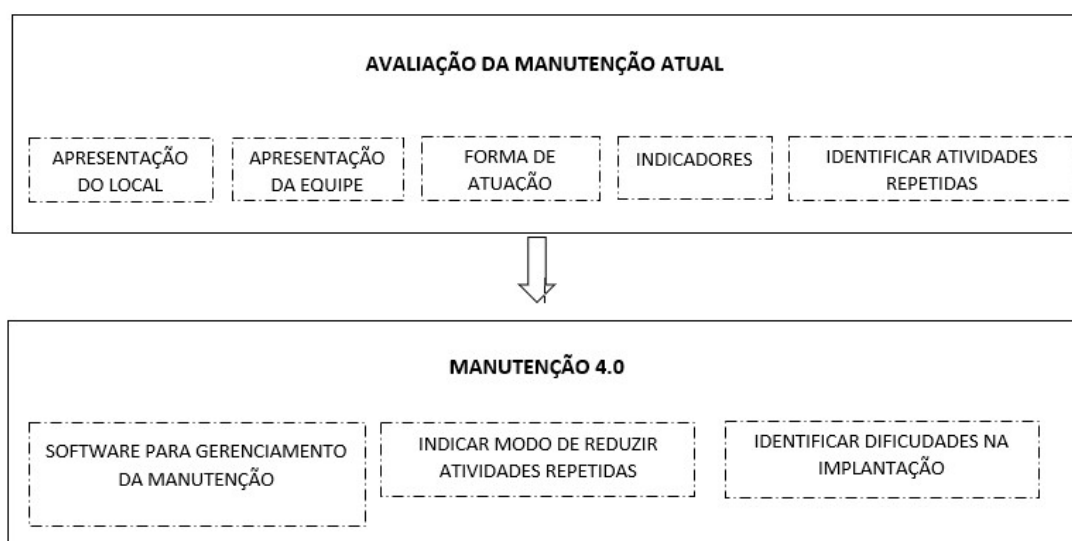
Outra ferramenta que pode ser utilizada para a gestão da manutenção com base na Indústria 4.0, é a Realidade aumentada, que é uma ferramenta que ajuda no desenvolvimento e motivação da equipe, pois permite que mantenedores e técnicos de manutenção tenham acesso ao equipamento de maneira virtual com maiores detalhes, possibilitando a desmontagem de componentes mecânicos e um entendimento maior de como funciona o equipamento, auxiliando em processos de manutenção que antes não tinham conhecimento (SILVA, 2018).

3 METODOLOGIA

Estudo de caso é definido como um profundo e exaustivo estudo sobre objetos, indivíduos, uma organização ou fenômeno, e que pode ser aplicado em qualquer área. Os resultados geralmente são apresentados em aberto, na condição de hipóteses, com o objetivo de proporcionar uma visão global do problema ou identificar os principais fatores que influenciam nos resultados (GIL, 2002).

Esse capítulo tem como finalidade descrever a estratégia utilizada para alcançar os objetivos propostos, explicando a forma de atuação da manutenção, como são registradas as atividades, identificando as atividades repetidas no processo e diante disso, propor a redução de atividades repetidas no processo da gestão da manutenção com base nos conceitos da Indústria 4.0. A Figura 7 traz um fluxograma da metodologia utilizada.

Figura 7 – Fluxograma da metodologia



Fonte: O autor (2022)

3.1 Apresentação do Local

Esse estudo foi realizado em uma grande empresa no norte Catarinense que atua na fabricação de motores elétricos, componentes eletrônicos, automação e tinta, e vem se destacando cada vez mais no desenvolvimento e soluções para atender as grandes tendências voltadas para a eficiência energética.

O estudo foi realizado em uma linha de usinagem, que realiza todo o processo

de usinagem das tampas e carcaças dos motores elétricos, como furações, roscas, assento dos rolamentos, encaixe da tampa com a carcaça, assento dos retentores, entre outros processos específicos para cada tipo de motor, todas as tampas e carcaças saem prontas para a montadora. Atualmente o prédio conta com 218 máquinas como Centros de Usinagem, Tornos convencionais, Tornos CNC, Tornos Verticais, Furadeiras, Mandriladoras/Fresadora, Rosqueadeiras, Balanceadores, Robôs alimentadores de peça, e a Central de Filtragem Vácuo que tem como objetivo filtrar e abastecer as máquinas com fluido de corte.

3.2 Apresentação da equipe de manutenção

Atualmente a equipe de Manutenção do prédio da Usinagem, é composta por 34 pessoas, sendo elas divididas conforme Figura 8 abaixo.

Figura 8 – Quadro de pessoas

| MANUTENÇÃO | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------------|
| Turno de trabalho | 1° Turno | 2° Turno | Horário Normal |
| Chefe | 1 | 1 | - |
| Técnico de Área | - | - | 2 |
| Auxiliar Técnico | 1 | 1 | - |
| Planejador | - | - | 1 |
| Mecânicos Corretiva | 3 | 3 | - |
| Mecânicos Preventiva | 6 | 5 | - |
| Eletrecistas Corretiva | 2 | 2 | - |
| Eletrecistas Preventiva | 3 | 2 | - |
| Lubrificador | - | 1 | - |

Fonte: O autor (2022)

A manutenção da Usinagem ainda conta com o suporte da equipe de Engenharia de manutenção e com o gerente da manutenção, que auxilia nas tomadas de decisões de todas as equipes de manutenção da empresa.

As responsabilidades por cada função são definidas abaixo:

- Gerente de Manutenção: Responsável geral pela área de manutenção;
- Chefe de Manutenção: Responsável pela coordenação da equipe de manutenção, direcionando e distribuindo atividades a serem executadas;
- Técnico de Manutenção: Responsável pela aplicação das análises dos problemas de manutenção, criação dos procedimentos de manutenção,

Como ilustrado na imagem acima, a Área 1 possui duas bancadas mecânicas, um lavador de peças, uma bancada de testes de componentes pneumáticos e hidráulicos, uma estufa, uma furadeira de bancada, um esmeril, um carrinho de sucatas e dois armários com manuais de máquinas.

Na Área 2 ficam os carrinhos dos mecânicos e eletricistas, duas bicicletas, uma área de descarte de materiais, uma bancada de materiais em processos, duas bancadas mecânicas, uma prensa hidráulica e um escaninho onde são postas as ordens de preventiva da semana.

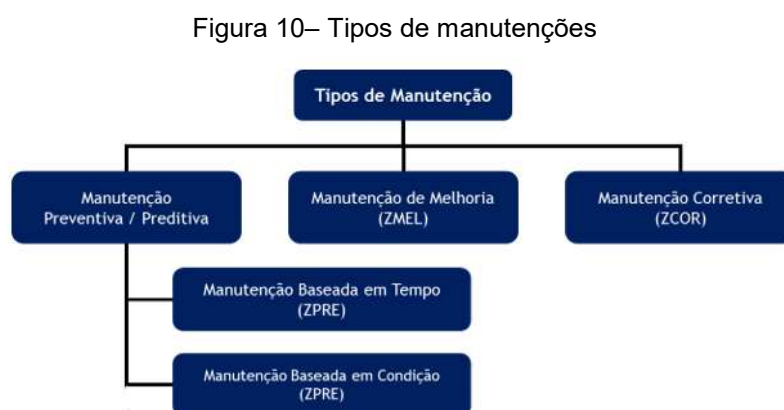
Na Área 3 é onde fica localizada a bancada elétrica, um computador com acesso às ordens corretivas, preventivas e melhorias, 4 armários de ferramentas, EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) e materiais, uma mesa e um armário com catálogos de peças e fornecedores.

A Área 4 é utilizada para guardar materiais de máquinas que normalmente possuem um prazo longo de reposição, essa área fica no piso superior, em cima da área 5 e é utilizada apenas para estoque de componentes mecânicos e elétricos.

E por último na Área 5 é onde fica localizada a equipe técnica da manutenção, que são os dois técnicos de área, o chefe da manutenção, o planejador e o auxiliar técnico.

3.3 Forma de atuação

Os tipos de manutenções utilizadas no dia a dia são representados conforme Figura 10.

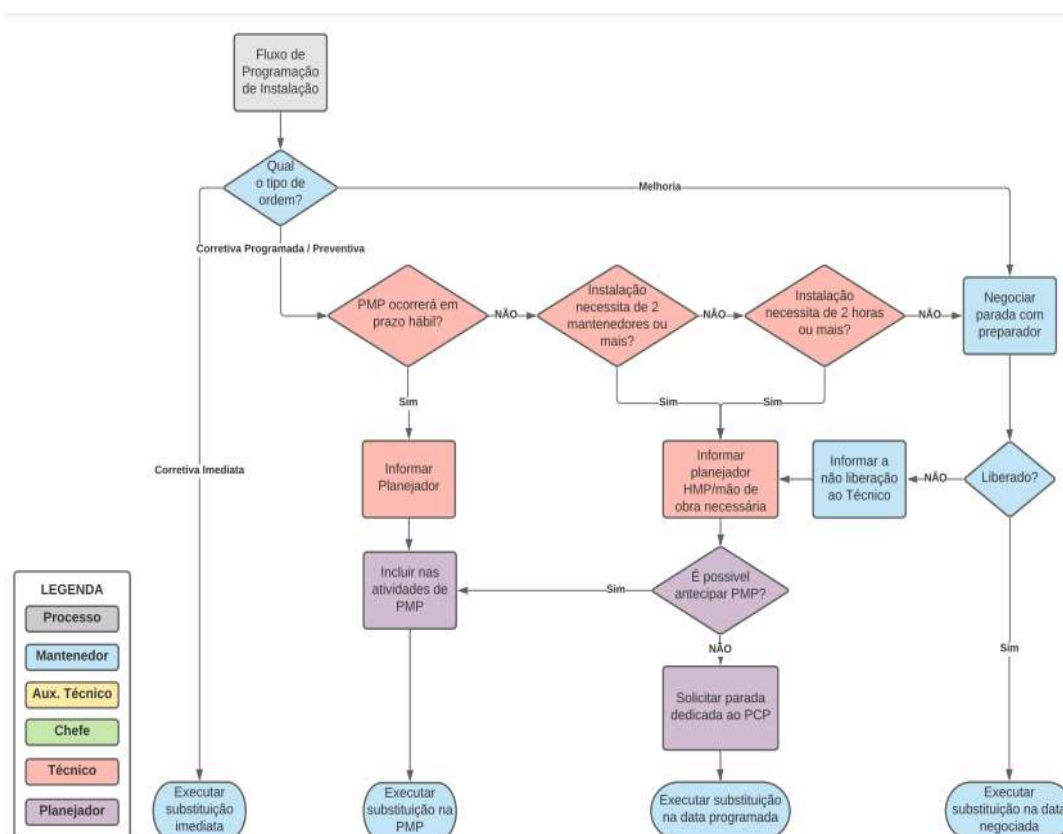


Fonte: O autor (2020)

Neste capítulo será explicado como atua a equipe de manutenção dentro dos

tipos de manutenção conforme figura acima, detalhando forma de atuação, problemas e dificuldades nos registros e atividades da manutenção. Na Figura 11 mostra o fluxograma de ordens de manutenção, explicando o procedimento de atuação para cada tipo de ordem de manutenção.


Figura 11 – Fluxograma de ordens



máquina não for grave, é adicionado a atividade de correção na próxima preventiva da máquina.

Na Figura 12 mostra o sistema utilizado pela manutenção para visualizar as ordens em aberto, tanto ordens corretivas, preventivas e melhorias. As ordens destacadas em vermelho são ordens de máquina parada que precisam ser executadas com urgência.

Figura 12 – Sistema de ordens de serviço aguardando atendimento



| # | T. | Ordem | Com... | Centro... | TA | Sala | Des. de objeto técnico | Texto breve | Des. do loc. instalação | Notificad... | Data da nota | TE |
|-------------------------------------|------|------------|--------|-----------|----|------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | ZCOR | [REDACTED] | | | | | MANDRILADORA | mandriladora nao aciona | Usinagem Tampa | [REDACTED] | 05/09/2022 18:57:33 | 01:11:57 |
| <input type="checkbox"/> | ZCOR | [REDACTED] | | | | | CENTRO USINAGEM | Trocar acrilico da porta interna | Usinagem Tampas | [REDACTED] | 29/08/2022 07:57:38 | 180:11:52 |
| <input type="checkbox"/> | ZCOR | [REDACTED] | | | | | EMFILHADEIR | sem freio | Usinagem Tampa | [REDACTED] | 30/08/2022 12:43:56 | 151:25:34 |
| <input type="checkbox"/> | ZCOR | [REDACTED] | | | | | TORNO VERT | Torno trocar acrilico da mesa | Usinagem Carca | [REDACTED] | 30/08/2022 17:16:00 | 146:53:30 |
| <input type="checkbox"/> | ZCOR | [REDACTED] | | | | | MANDRILADORA TAMPAS | Varição no avanço mandriladora | Usinagem Tampas | [REDACTED] | 31/08/2022 06:45:22 | 133:24:08 |

Fonte: O autor (2022)

Dessa forma, toda vez que for executado uma tarefa, seja ela corretiva, preventiva ou melhoria, é obrigatório ter uma ordem para execução do serviço, para que o manutentor possa entrar na ordem para realizar seu apontamento e requisitar materiais, desta forma, tudo que é apontado, requisitado ou comprado fica histórico da máquina no software de gestão da empresa.

As ordens corretivas são abertas pelos preparadores de cada seção, que identificam o problema da máquina em conversa com o operador, ordens preventivas são abertas pelo planejador, e as ordens de melhoria, pelo auxiliar técnico da manutenção ou preparadores da seção de produção.

Na Figura 13 mostra as ordens que estão sendo executadas por cada manutentor, quando o mesmo finaliza o serviço, basta selecionar a ordem que está trabalhando e encerrar a mesma, ou colocar em acompanhamento caso necessário.

Figura 13 – Sistema de ordens de serviço em execução

| # | T... | Ordem | O... | Operação | Cen... | P | Sala | Den. de objeto técnico | Den. do loc. instalação | Data da nota | Process... |
|--------------------------|------|-------|------|------------------------------------|----------|----|---------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | ZCOR | | | correção da torre | 10144223 | 29 | 0298017 | TORNO | Usinagem Tampas | 02/09/2022 08:33:47 | 05:37:00 |
| <input type="checkbox"/> | ZPRE | | | PMP DE CONSERVAÇÃO | 10144223 | 20 | 0030003 | TORNO | Usinagem Tampas | 05/09/2022 13:55:02 | 05:47:16 |
| <input type="checkbox"/> | ZCOR | | | disponibilizar tanque para limpeza | 10144224 | 28 | 0307502 | FURADEIRA MULTIPLA | Usinagem Diversos | 05/09/2022 13:55:33 | 05:31:20 |

Fonte: O autor (2022)

As ordens que não foram encerradas, ainda ficam aparecendo no sistema na aba “Pendentes” conforme ilustrado na Figura 14, normalmente essas ordens estão esperando por liberação de máquina para poder realizar o serviço, ou esperando algum material que foi comprado e não chegou ainda, ou está apenas em acompanhamento.

Figura 14– Sistema de ordens de serviço pendentes

| # | T... | Ordem | Operação | Ce... | P | Sala | Den. de objeto técnico | Den. do loc. instalação | notificado... | Data da nota | Colaborador ↑ | Mudança | Motivo da pendência |
|--------------------------|------|-------|-------------------------------------|-------|----|------|------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|----------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | | | LUBRIFICAÇÃO SEMANAL | | 17 | | | Usinagem Carcaças | | 02/09/2022 | | 2º turno | |
| <input type="checkbox"/> | | | LUBRIFICAÇÃO MENSAL | | 17 | | | Usinagem Tampas | | 15/07/2022 | | 2º turno | |
| <input type="checkbox"/> | | | lâmpada queimada (poço) | | 28 | | | Usinagem Diversos | | 31/08/2022 | | 2º turno | AGENDAR SERVIÇO |
| <input type="checkbox"/> | | | PD-MS CU3012SRFM Verifique a bomba. | | 26 | | FURADEIRA MULTIPLA | Usinagem Diversos | | 01/08/2022 | | 2º turno | AGUARDANDO SERVIÇOS |
| <input type="checkbox"/> | | | trocar polias | | 26 | | MANDRIL/FRESADORA | Usinagem Carcaças | | 08/11/2022 15:14:00 | | 2º turno | AGUARDANDO MATERIAL EXTERNO |

Fonte: O autor (2022)

3.3.1 Manutenção Preventiva/Preditiva

A manutenção preventiva é dividida em duas categorias, manutenção preventiva baseada no tempo, ou seja, atualmente a manutenção realiza intervenções a cada três meses, a fim de realizar as atividades do Plano de Manutenção Preventiva (PMP), onde realiza a limpeza, lubrificação e inspeção de demais componentes, verificando a necessidade de revisão de determinado conjunto e se existir tempo hábil é realizada na hora, caso contrário, é programado para a próxima intervenção solicitando um tempo maior para a correção do defeito e realização das demais atividades previstas pela preventiva. Conforme Figura 15, ilustra um exemplo de PMP de uma máquina Centro de Usinagem.

Figura 15 – Plano de Manutenção Preventiva (PMP)

| ORDEM DE MANUTENÇÃO | | REIMPRESSA Pag. 001 de 003 |
|--|-------------------|-------------------------------|
| Orientações de segurança | | |
| Para executar esta manutenção, siga os procedimentos de segurança descritos na norma 57307 (Procedimentos de Segurança- Manutenção em quadros e painéis elétricos) e 57307 (Procedimentos de Segurança na Manutenção de máquinas e equipamentos). É PROIBIDO ADULTERAR SISTEMAS DE SEGURANÇA. | | |
| Ordem: 57307 PMP CENTRO DE USINAGEM | Prioridade: Média | |
| LISTA DE OPERAÇÕES | | |
| Operação: 0010 PMP DE CONSERVAÇÃO | DT Ini Prog: | |
| Cent Trab. Seção de Manutenção | H Ini Prog: | |
| Duração: 8,0 H | Qt Pessoas: 3 | Nº Pessoal: |
| C Trab. | Trab. Real | U.H |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| PMP DE CONSERVAÇÃO 57307 - Última atualização - Porta Automática Dimensão do vidro: Montagem de uma peça de vidro laminado com 545x615x6mm // e um policarbonato de 545x615x10mm. Normalmente comprado pronto da vidraçaria Wille - demais atividades Cabeçote - Verificar se há ruídos anormais, solicitar ensaio de vibração caso necessário; - Checar estado de conservação e funcionamento do radiador; - Limpar ventilador do spindle. - Checar funcionando da pressão positiva. | | |
| ORDEM DE MANUTENÇÃO | | REIMPRESSA Pag. 002 de 003 |
| Eixo "X" - Verificar estado das guias lineares, precisa substituir? () Sim (x) Não, se sim tirar desenho; - Verificar estado do fuso de esferas, medir folga e anotar _0,02_, caso seja necessário substituir tirar desenho; - Testar pontos de lubrificação; - Verificar estado de conservação da proteção, raspadores e guias da proteção, substituir se necessário. | | |
| Eixo "Y" - Verificar estado das guias lineares, precisa substituir? () Sim (x) Não, se sim tirar desenho; - Verificar estado do fuso de esferas, medir folga e anotar _0,015_, caso seja necessário substituir tirar desenho; - Testar pontos de lubrificação; - Verificar estado de conservação da proteção, raspadores e guias da proteção, substituir se necessário. | | |
| Eixo "Z" - Verificar estado das guias lineares, precisa substituir? () Sim (x) Não, se sim tirar desenho; - Verificar estado do fuso de esferas, medir folga e anotar _0,003_, caso seja necessário substituir tirar desenho; - Testar pontos de lubrificação; - Verificar estado de conservação da proteção, raspadores e guias da proteção, substituir se necessário. | | |
| PARTE ELÉTRICA - Medir resistência de isolamento dos servo motores; X: 2000M / Y: 5000M / Z: 2000M / Spindle: 300M - Anotar carga dos eixos: X: 14% / Y: 16% / Z: +56%/-35% / A: 19% - Limpar dissipador dos acionamentos; - Avaliar vedação da porta do painel, substituir se necessário; - Limpar ventilador do spindle; - Conferir e ajustar os limites de software. | | |

Fonte: O autor (2022)

As atividades descritas no plano de manutenção são realizadas conforme tempo hábil, pois a liberação de máquinas em geral é por um período curto de normalmente dois turnos dependendo de cada máquina e quantidade de carga de produção que tem na mesma, ou seja, atualmente temos um plano de manutenção que não atende o tempo necessário para realização das atividades, normalmente algumas atividades não são realizadas.

Na parte mecânica é priorizado as principais atividades, que é a realização de limpeza da máquina, medições de folgas de cada conjunto ou componente, e teste de lubrificação. E na parte elétrica é realizada a medição dos motores e servo motores, inspeção dos sensores, micros, e atuadores, inspeção dos cabos e realizada limpeza do painel elétrico e organizado.

As atividades realizadas são preenchidas manualmente marcando com “ok” e com o código de cada mecânico ou eletricista, para identificar quem realizou a atividade. As atividades não realizadas, não são marcadas. Problemas encontrados que não puderam ser realizados na preventiva, é marcado também no plano de manutenção para o Planejador programar uma próxima parada para correção do problema. O planejador tem a obrigação de verificar as atividades pendentes e problemas encontrados para planejar a próxima preventiva.

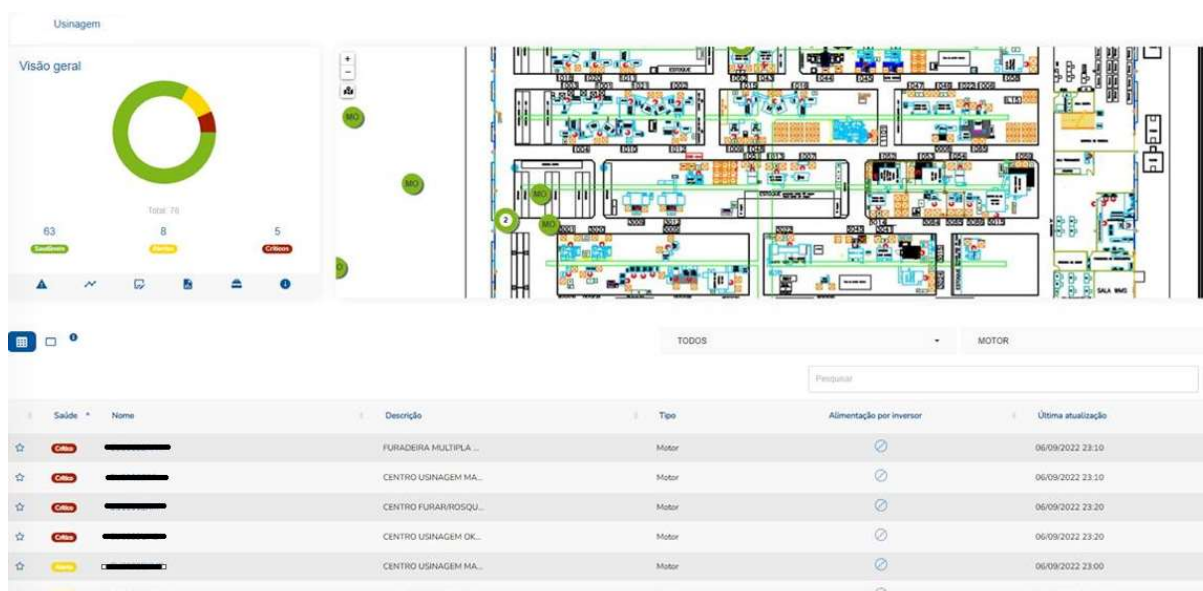
E a manutenção baseada na condição, mais conhecida como manutenção preditiva, esta necessita de uma inspeção/monitoramento de uma referência para tomada de decisão, através de análises de vibrações, temperaturas e análise de óleo, com o objetivo de identificar e avaliar o estado de determinado componente da máquina, a fim de evitar troca de componentes desnecessariamente e prevenir quebras inesperadas.

A análise de vibrações mais detalhada é realizada por um especialista da equipe de engenharia de manutenção, e atualmente não existe implantado no sistema de manutenção atividades de análises de vibrações, temperatura e análise de óleo com cronograma e periodicidade para realizá-las, apenas é feito as medições quando solicitado.

A Manutenção possui um sistema de monitoramento onde são instalados sensores nos motores elétricos que tem finalidade de captar informações como, vibrações, temperatura, horas de funcionamento, diagnosticando eventuais falhas. Essas informações são coletadas e enviadas para a nuvem via *Wifi*, cabo *ethernet* ou 4G, através de *smartphone* ou *gateway*, os dados podem ser analisados na tela do

smartphone ou computador de forma dinâmica, como ilustrado nas Figuras 16 e 17 onde mostra a imagem da planta do prédio com o diagnóstico de cada sensor instalado, os mesmos são divididos por sensores saudáveis, alertas e críticos.

Figura 16 – Sensores de monitoramento



Fonte: O autor (2022)

Figura 17 – Sensores de monitoramento



Fonte: O autor (2022)

Todos os sensores instalados são identificados com o patrimônio da máquina e em qual conjunto foi instalado, para ser fácil de encontrar o sensor e qual o motor que apresenta problemas.

Atualmente foi separado um mecânico do primeiro turno e um mecânico do segundo turno para verificar os sensores que apresentam estado crítico ou em alerta.

Os mesmos foram treinados para fazer a avaliação dos gráficos, e informar ao planejador os motores que precisam ser revisados, o planejador abre uma ordem de preventiva do conjunto para a realização da tarefa, ou dependendo do caso, adiciona a atividade no PMP da máquina.

Normalmente é realizado as análises no início de cada turno e demanda mais ou menos uma hora de trabalho de cada mecânico por dia.

3.3.2 Manutenção de Melhoria - Kaizen

A manutenção de melhorias está relacionada, conforme o nome já diz, às atividades de melhorias que tem como objetivo melhorar a performance do equipamento, diminuir custos, retrabalhos ou até mesmo facilitar a manutenibilidade do equipamento, dispositivos, conjuntos ou componentes. Essas atividades são registradas como *Kaizen*, cada mantenedor possui uma meta de realizar pelo menos quatro *Kaizen* por ano. A Figura 18 ilustra um exemplo de *Kaizen* realizado pela equipe de manutenção.

Figura 18 – Kaizen

| RELATÓRIO DE MELHORIA - Kaizen | | | |
|--|--|--|--|
| Depto: | Manutenção | Seção: | Manutenção |
| Lider: | | Integrantes: | |
| ID: | Descrição do problema: Parada da Célula para Ajustes de Ferramenta | | Gestor: |
| SITUAÇÃO ANTERIOR | | SITUAÇÃO ATUAL | |
| <p>Durante o processo de usinagem, devido à desgaste de ferramenta, entre outros fatores, o operador precisa fazer a correção do posicionamento da ferramenta. Se tratando de uma célula robotizada, era necessário solicitar a parada do robô em posição de segurança, entrar na célula e fazer a correção no painel de operação CNC dos equipamentos. Em média são necessárias 8 correções por dia que deixam a operação parada por cerca de 1 minuto.</p> | | <p>Implantado em: 08/12/2021</p> <p>Instalado o software CNC Screen [REDACTED] onde o operador pode espelhar a tela dos equipamentos da célula para o monitor geral localizado na parte externa, permitindo a alteração sem a parada da operação.</p> | |
|  | |  | |
| INVESTIMENTO (R\$) | CATEGORIA | RESULTADOS OBTIDOS | PADRONIZAÇÃO |
| [REDACTED] | <input type="radio"/> Qualidade <input checked="" type="radio"/> Custo (produtividade) <input type="radio"/> Atendimento <input type="radio"/> Moral <input type="radio"/> Segurança (saúde e ergonomia) | <ul style="list-style-type: none"> - Eliminação da necessidade de parada da célula para ajustes/correção de ferramenta. - Possibilidade de monitoração de I/O através do monitor da célula (manutenção). - B/C = 2,26 | Norma: <input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim, _____ TLT: <input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim, _____ Rotelro: <input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim, _____ CFC: <input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim, _____ Outro: _____ |
| GANHOS (R\$) | | | |
| REAL | POTENCIAL | | |
| | [REDACTED] | | |

Fonte: O autor (2022)

No exemplo acima, foi realizado um melhoramento no tempo de correção ou preparação da máquina, onde que o operador tinha que parar a célula robotizada para ter acesso ao painel de operação para realizar as correções necessárias. Com a

instalação do *software CNC Screen*, foi possível espelhar a tela do painel de operação para a área externa da célula robotizada, sendo possível realizar as correções sem parada dos equipamentos.

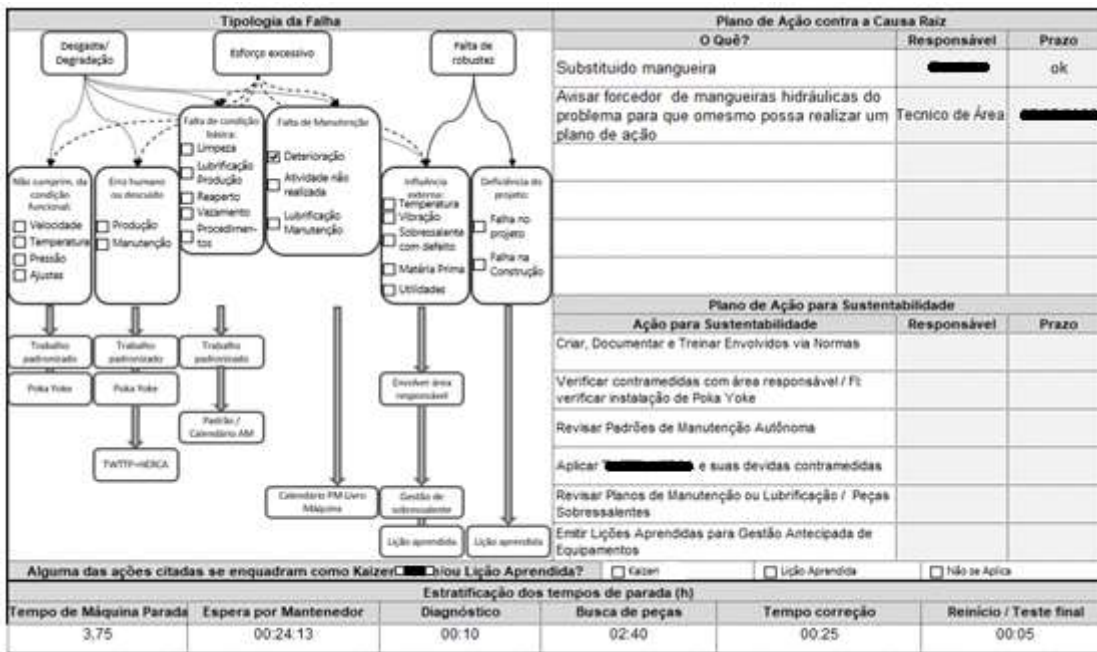
3.3.3 Manutenção Corretiva

Possui uma equipe específica para as falhas inesperadas conhecida como manutenções corretivas, que tem como objetivo a substituição ou reparo de componentes devido à perda de função, restabelecendo as funções básicas do equipamento o quanto antes, a fim de evitar atrasos de produção e defeito nas peças.

Corretivas imediatas que ocasionaram parada do equipamento por mais de uma hora, é realizada uma APM (Análise de Problema de Manutenção) com o preenchimento de um formulário, essa análise funciona similar a um FMEA (Análise do Modo, Efeito de Falhas), e possui o mesmo objetivo de identificar a causa raiz e definir um plano de ação. Conforme Figura 19, mostra um exemplo de análise realizada pelo manutentor.

Figura 19 – Análise de problema de manutenção (APM)

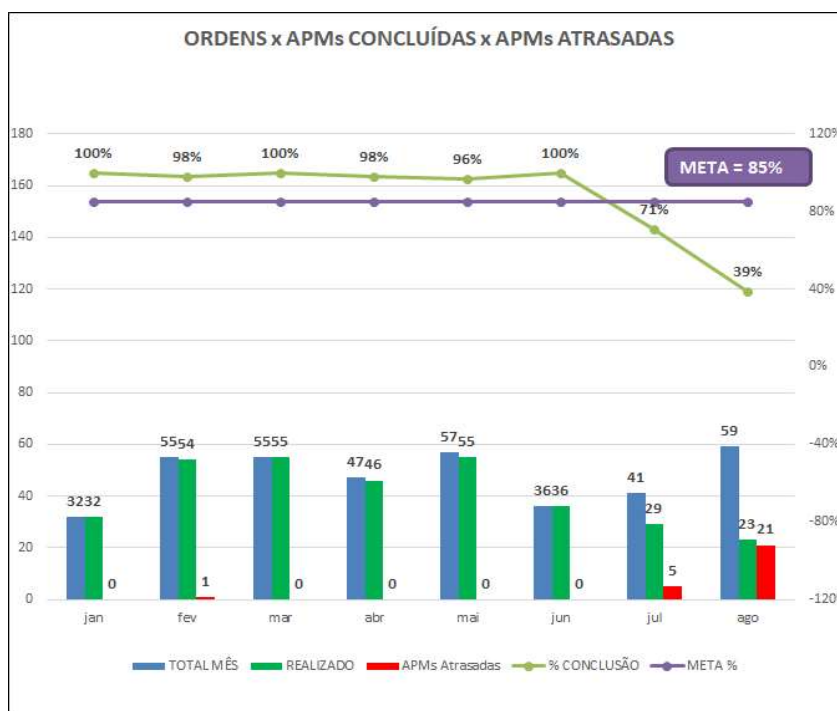
| APM - ANÁLISE DE PROBLEMAS DE MANUTENÇÃO | | | | | | | |
|--|---|------------------------------------|---|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Nº da Ordem Manut. | Patrimônio da Máquina | Operadores envolvidos: | | Aceite Produção | Data da parada | | |
| | | 1 turno | | | | | |
| Nº da Máquina | | Mantenedores envolvidos: | | Aceite Manutenção | Hora da parada | | |
| MINI MANDRILADORA | | | | | | | |
| Problema: | | Mangue. hidráulica furada | | | | | |
| Identificação do Fenômeno - Análise SWIH | | | | | | | |
| O QUE? (What) | Mangueira hidráulica | | | QUANDO? (When) | aleatório | | |
| ONDE? (Where) | Mangueira hidráulica do cilindro de movimento do mangote | | | QUEM? (Who) | Fornecedor de mangueira hidráulica | | |
| COMO? (How) | Vazamento de óleo, ruptura da tubulação interna da mangueira. | | | QUAL? (Which) | nenhum | | |
| Descrição do Fenômeno (O que + Onde + Como + Quando + Quem + Qual): | | | | | | | |
| Máquina apresentou vazamento de óleo na mangueira hidráulica do cilindro de movimento do mangote. Devido a ruptura da tubulação interna da mangueira assim rompendo a trama de aço e vazou o óleo. | | | | | | | |
| Componente com falha: | | Mangueira hidráulica | | | | | |
| Levantamento das possíveis causas e validação (Método, Máquina, Mão de Obra, Material, Meio Ambiente, Medição): | | | | | | | |
| Nº | Descrição | Foi validada como causa da quebra? | | Nº | Descrição | Foi validada como causa da quebra? | |
| | | S/N | Comentários | | | S/N | Comentários |
| 1 | Vazamento de óleo | sim | visualmente vazando | 4 | vida útil | não | mangueira com HW recente. |
| 2 | curvatura da mangueira errada | não | curvatura aceitável | 5 | Pressão excessiva | não | pressão 40 BAR |
| 3 | colisão/amassada mangueira | não | vazamento na parte interna da máquina e | 6 | | | |
| 5 Por quês | | | | | | | |
| Causa Nº | 1º Por quê? | 2º Por quê? | 3º Por quê? | 4º Por quê? | 5º Por quê? | Necessária ação? | |
| 1 | Falha de fabricação da mangueira, pois o vazamento apresentou próximo a capa prensável. | | | | | | |



Fonte: O autor (2022)

As APM's são realizadas pelos mantenedores preenchidas a mão ou no computador, são avaliadas pelo técnico de área, e então anexadas na ordem de manutenção corretiva no sistema da empresa pelo auxiliar técnico. Na Figura 20 ilustra o acompanhamento mensal das análises concluídas e atrasadas.

Figura 20 – Acompanhamento mensal

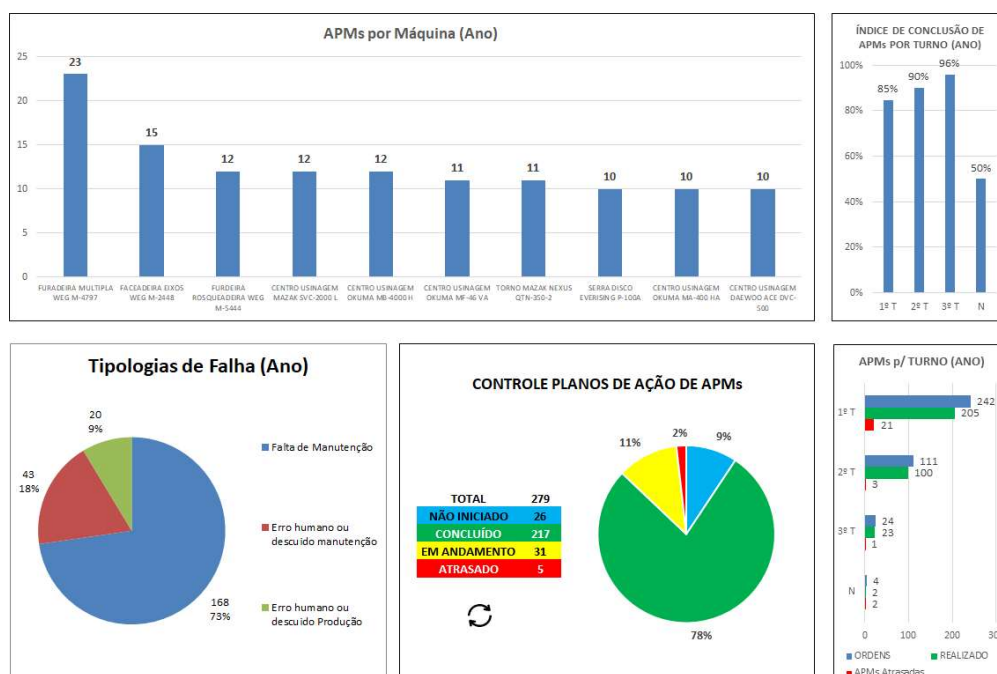


Fonte: O autor (2022)

Conforme imagem acima a meta é concluir 85% de todas as APM's geradas. Atualmente a manutenção utiliza uma planilha eletrônica que puxa todas as APM's em aberto com o nome de cada mantenedor, esses dados são retirados do sistema da empresa.

Na Figura 21 ilustra as máquinas que mais geraram APM's no ano, a tipologia de falhas, controle das ações com base nos problemas identificados, índice de conclusão das APM's por turno de trabalho e as APM's que foram realizadas e que estão atrasadas por turno de trabalho.

Figura 21 – Relatório anual das APM's



Fonte: O autor (2022)

O técnico de área é responsável pela atualização e controle da planilha eletrônica, o mesmo encaminha as APM's que precisam ser realizadas para cada mantenedor via e-mail. Quando recebido as APM's realizadas, o mesmo atualiza na planilha e encaminha para o auxiliar técnico escanear e anexar na ordem de manutenção no sistema da empresa.

É realizado um plano de ação para cada APM, esse plano de ação é registrado na intranet como uma pendência a ser realizada, nessa pendência são anotados o problema e o plano de ação para que o mesmo não ocorra mais.

Conforme Figuras 22, mostra o gerenciamento de pendências da Manutenção, normalmente as pendências são registradas no nome do mantenedor que realizou a APM e que está por dentro do serviço que deve ser realizado, o mesmo fica responsável por atualizar na intranet quando concluído a atividade.

Figura 22 – Gerenciamento de pendências

| ID | Origem Pendência | Seção | Departamento Produtivo | O que? | Como? | Responsável | Turno | Data início | Data fim | Ordem | Patrimônio | Observações | Status |
|----|------------------|--------------------------------|------------------------|---|--|-------------|----------|-------------|------------|-------|------------|----------------------------|--------------|
| | APM | Secao Manutenção | | DESA FICAVA COLTA DEVIDO A FICHA EXAGNERA ESTAR COM FOLSA E EXCESSO DE SUJEIRA | DESMONTADO CONJUNTO PARA REALIZAR LIMPEZA E SUBSTITUÇAO DAS PROTEÇÕES. | | 2º Turno | 05/09/2022 | 05/19/2022 | | | MÁQUINA CENTRO DE USUÁRIOS | EM ANDAMENTO |
| | APM | Secao Engenharia de Manutenção | | FALHA NO CIRQUE DEVIDO A UM CURTO CIRCUITO NO BANCO DE RESISTORES DE FREIASEM QUE FICIA EXCIMA DO PAINEL ELETRICO DA MÁQUINA. CURTO CIRCUITO GERADO PELA INFILTRAÇÃO DE CAUCCO. | REALIZADO LIMPEZA NO BANCO DE RESISTORES E FECHADO PROTEÇÕES QUE ESTAVAM ABERTAS. BANCINA DA MÁQUINA. ADICIONAR ATIVIDADE DE VERIFICAÇÃO E LIMPEZA DOS RESISTORES DE FREIASEM. | | 3º dia | 05/09/2022 | 10/11/2022 | | | MÁQUINA TORNO | NÃO INICIADO |
| | APM | Secao Manutenção | | ESCLUDO DO REBOLO TRANCANDO ADOO O OPERADOR SUBSTITUIR REBOLO. | MELHORAR PROJETO DO ESCLUDO DO REBOLO PARA FACILITAR MONTAGEM E AJUSTE DO MESMO. | | 3º dia | 05/09/2022 | 20/12/2022 | | | MÁQUINA RETRICA D'UNDRICA | NÃO INICIADO |

Fonte: O autor (2022)

Na imagem acima estão exemplos de algumas pendências registradas que estão com status de não iniciado, em andamento, em atraso ou concluído.

A Manutenção cria procedimentos de manutenção, a fim de definir padrões de realizar tarefas/atividades de manutenção, facilitando e diminuindo as chances de erros de montagens ou falta de conhecimento, equilibrando o nível de conhecimento dos mantenedores.

O procedimento de manutenção é criado através de planilha eletrônica explicando o passo a passo de cada atividade, esse procedimento é conhecido como SMP (Sistema de Manutenção Planejada). Atualmente existe uma meta de realizar três SMP's por mês. A Figura 23 traz um exemplo de SMP realizada que auxilia no procedimento de substituição do pino de vedação do sistema de refrigeração de uma máquina.

Figura 23 – Sistema de Manutenção Planejada (SMP)

| Substituição do Pino de vedação da refrigeração | | | | | |
|--|--------------|---|-----------|--|-----|
| Patrimônio: | Equipamento: | Equipamentos | Conjunto: | Panel de Comando | ID: |
| Equipamentos/ferramentas | | Duração da Atividade (em horas) | | Segurança | |
| Dispositivo/chave para soltar eixo de fixação da ferramenta | | Quantidade de mantenedores | | EPI | |
| | | 1 | | | |
| | | Tempo de mão de obra / | | EPC / Lockout | |
| | | 2,00 hora | | | |
| | | Tempo total de atividade | | | |
| | | 2,00 horas | | | |
| | | Documentos | | | |
| | | Insumos | | | |
| | | Pino de vedação | | | |
| DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE PASSO A PASSO | | | | | |
| 1. Condições da máquina | | 2. Soltar eixo de fixação da ferramenta | | 3. Empurrar o pino de vedação | |
| | | | | | |
| 1.1 Colocar a unidade do grampo da ferramenta para posição unclamp | | 2.1 Encaixar o dispositivo, girar no sentido anti-horário para soltar o eixo de fixação da ferramenta | | 3.1 Empurrar o pino de vedação e a mola de compressão para fora | |
| 1.2 Utilizar dispositivo para soltar a pinça/eixo de fixação de ferramenta | | 2.2 Puxar lentamente para fora o eixo de fixação de ferramenta | | 3.2 Lavar peças | |
| 1.3 | | 2.3 | | 3.3 Verificar desgaste no eixo de fixação, pinças e fadiga da mola | |
| 1.4 | | 2.4 | | 3.4 | |
| 1.5 | | 2.5 | | 3.5 | |

Fonte: O autor (2021)

Todas as SMP's são compartilhadas na intranet. Na Figura 24 traz o registro de todas as SMP's criadas, as mesmas possuem título da atividade descrita, patrimônio da máquina, em qual departamento, qual a seção e se é uma atividade elétrica ou mecânica.

Figura 24 – Registro de SMP's

| ID | Criado | Título | Seção Elaboradora | Departamento | Patrimônio | Equipamento | Especialidade |
|------------|---|------------------|-------------------|--------------|------------|----------------------|---------------|
| 19/01/2021 | TROCAR A CORREIA DO CABEÇOTE PORTA FIBROLO | Seção Manutenção | Usinagem | | RETÍFICA | Mecânico/Eletricista | |
| 24/03/2021 | Retirar o motor do cabeçote porta rebolo | Seção Manutenção | Usinagem | | Retífica | Mecânico | |
| 21/05/2021 | Substituir Bateria Tipo Noobs de Comandos CNC | Seção Manutenção | Outros | Diversos | | Eletricista | |

Fonte: O autor (2022)

A Manutenção cria um Livro Máquina por meio de planilha eletrônica para os ativos que são mais importantes no processo para fábrica, ou que geraram muitas despesas, ou refugos nos anos anteriores. Nessa planilha eletrônica é detalhado todo o equipamento, identificando seus componentes, estruturas, lista técnicas, plano de manutenção atualizado e tempo para realização das atividades.

Esse tipo de serviço demanda muito tempo dos técnicos de área e planejador, pois além de ser um trabalho extenso com muitas informações agregadas, torna-se repetitivo, pois todas essas informações, além de estarem na planilha, devem ser

atualizadas no sistema da empresa. No Anexo A encontram-se as Figuras que demonstram como é o Livro Máquina.

3.4 Indicadores

Neste capítulo é apresentado os principais indicadores da Manutenção, e quais são as metas de 2022. Na Figura 25 mostra a meta de 2022 para HMP (Hora de máquina parada) do departamento e dividida por cada seção.

Figura 25 – Hora de máquina parada por seção (HMP)

| Indicadores - HMP | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2022 | | | |
| | META | JUN | JUL | AGO |
| DEPTO MANUTENÇÃO | 13:36 | 14:37 | 13:36 | 18:30 |
| MANUTENÇÃO | 5:00 | 4:21 | 5:40 | 06:27 |
| MANUTENÇÃO | 5:30 | 7:40 | 5:03 | 09:13 |
| MANUTENÇÃO | 3:06 | 2:35 | 2:51 | 02:49 |

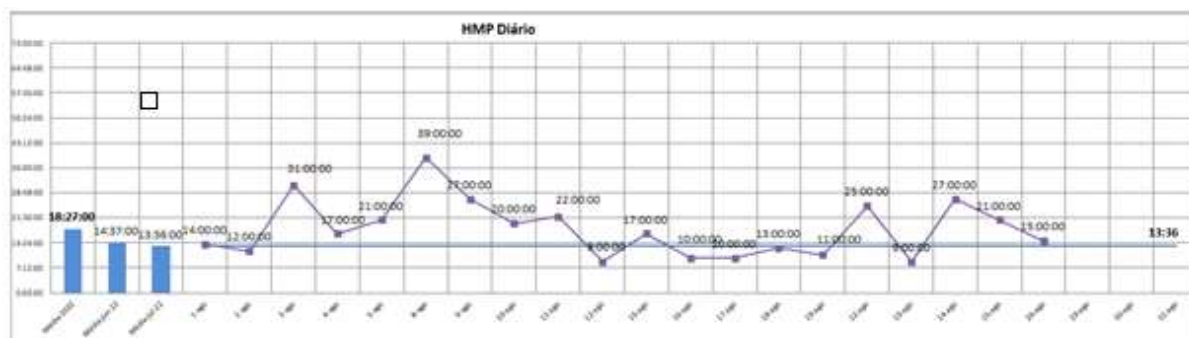
Fonte: O autor (2022)

As metas sempre são estabelecidas no final do ano anterior com base nos resultados ao longo do ano que passou, sempre com a finalidade de melhorar as metas.

A Figura 26 demonstra o histórico de hora de máquina parada de cada dia do mês. Todos os dias é realizada uma reunião no chão de fábrica para detalhar todos os pilares da seção, como produção atrasada, segurança, meio ambiente, absenteísmo, controle de qualidade e manutenção.

A manutenção participa com a finalidade de relatar a quantidade de horas de máquina parada do dia anterior de cada seção e ilustrar as três piores máquinas que ficaram mais tempo parada por defeito ou quebra do equipamento, esclarecendo o que aconteceu e o que foi realizado.

Figura 26 – Gráfico diário de hora de máquina parada



Fonte: O autor (2022)

A Manutenção possui um quadro de metas para o ano, e é realizado o acompanhamento mensalmente. No ano de 2022 as metas para o TMEF (tempo médio entre falhas) e TMPR (tempo médio para reparo) foram estabelecidas conforme Figura 27 abaixo.

Figura 27 – TMEF e TMPR

| Indicadores | Fundidos I | |
|---------------------------|------------|----------|
| | META | ATINGIDO |
| ZMEL/ZCOR Ag. Atendimento | 0 | 17 |
| Acompanhamento | 0 | 43 |
| TMEF (Julho) | 414 ↑ | 365 |
| TMPR (Julho) | 0,93 ↓ | 0,90 |

Fonte: O autor (2022)

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1 Análise da Manutenção atual

Atualmente a Manutenção possui uma estratégia adotada para manutenções corretivas, preventivas e melhorias. Porém, existe uma demanda muito grande de controle de forma manual, que acabam deixando o serviço da manutenção muito burocrático e pouco produtivo para toda a equipe, seja para os manutentores, técnico de área, planejador e até mesmo para a chefia, que não consegue acompanhar todas as atividades que estão sendo realizadas pela equipe de manutenção.

Os indicadores, planejamento de manutenções, requisições e compra de material, controle de estoques, solicitações de liberação de preventiva, criação das SMP's, controle de APM's, atualização do livro máquina, entre outras atividades que são citadas na Figura 28, são registros de atividades que acabam diminuindo a produtividade da equipe de manutenção.

Figura 28 – Registro de atividades

| Registro de atividades | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | Etapa 4 |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------------|----------|
| Requisição de material | E-mail | Software da empresa | | |
| Comprar material | Planilha eletrônica | E-mail | Software da empresa | |
| Apontamento de ordem | Intranet | | | |
| Encerramento de ordem | Intranet | | | |
| Registrar kaizen | Intranet | | | |
| Sistema de manutenção planejada (SMP) | Planilha eletrônica | Intranet | | |
| Análise de problema de manutenção (APM) | Manualmente | Planilha eletrônica | Escanear + Software da empresa | Intranet |
| Criar Pendência | Intranet | | | |
| Sensores de monitoramento | APP ou Intranet | Software da empresa | | |
| Controle dos indicadores | Software da empresa | Planilha eletrônica | Intranet | |
| Cronograma PMP | Planilha eletrônica | Intranet | | |
| Solicitação liberação equipamento PMP | E-mail | Software da empresa | | |
| Livro máquina | Planilha eletrônica | Software da empresa | | |

Fonte: O autor (2022)

Conforme Figura acima, as atividades descritas foram separadas em etapas onde que das 13 atividades destacadas 69% necessitam utilizar mais de um tipo de plataforma e de pelo menos duas etapas para realização e conclusão da atividade, seja utilizando e-mail, planilha eletrônica, ou o software da empresa, tornando-se atividades repetitivas atrasando o trabalho dos manutentores e técnicos.

Para realizar a requisição de material o manutentor precisa deixar da atividade que está realizando, seja ela na máquina ou na bancada, e se direcionar até o computador, então o manutentor irá procurar o número do material que deseja requisitar e realizar a solicitação enviando um e-mail para o auxiliar técnico com o

número da ordem o item que deseja requisitar com a quantidade necessária, em seguida o auxiliar técnico realiza a requisição através do software da empresa, porém tendo em vista que só existe um computador no setor para esta finalidade e em muitos casos já está sendo utilizado, faz-se necessário aguardar um tempo até ser liberado para utilizá-lo, e desta forma atrasando o trabalho.

Para criar SMP's é utilizada uma planilha eletrônica, para isso é necessário tirar fotos do procedimento e passar para o computador para a criação. Como é um serviço que demanda tempo, pois se torna necessário a utilização do computador, é feita apenas pelos técnicos de área da manutenção, que após a conclusão do procedimento registram na intranet, após aprovado pela Engenharia de Manutenção, fica disponível para todos.

Para os mecânicos obterem acesso as SMP's novamente precisam utilizar o computador, caso queira ter o procedimento em mãos para estar acompanhando no local efetivo do trabalho, deverá ser impresso.

As APM's pendentes que necessitam ser realizadas são enviadas via e-mail pelo técnico de área para todos os manutentores, neste e-mail será indicado o manutentor responsável pela execução da atividade. Elas são preenchidas manualmente e entregues para o técnico de área, que avalia a mesma e entrega para o auxiliar técnico escanear, após escaneada, a APM volta para o técnico de área para criar uma pendência na intranet com base no plano de ação definido para a solução do problema. Essas APM's são controladas através de uma planilha eletrônica conforme mostrado na Figura 25, onde é realizado a atualização da planilha de forma manual pelo técnico de área.

As liberações de máquinas para as preventivas são negociadas via e-mail, o planejador envia um e-mail para o PCP com todas as máquinas que estão previstas para realizar a atividade de revisão do equipamento na semana seguinte, o PCP avalia as máquinas que serão liberadas com base na sua produção semanal, e então responde o e-mail informando as máquinas que serão liberadas.

Após ter a informação das máquinas disponíveis, o planejador cria o cronograma da semana indicando as máquinas que serão realizadas as intervenções e os respectivos manutentores responsáveis por cada equipamento. Toda semana há mudanças no cronograma, por conta dessas negociações, se tornando preventivas imprevisíveis e sem planejamento adequado. Após liberação, é aberto ordem de manutenção preventiva através do software da empresa.

Os manutentores preenchem as atividades realizadas na preventiva de forma manual em papel impresso, após concluir a revisão, o *check list* com as atividades realizadas é entregue ao planejador, o mesmo deve verificar uma por uma e anotar as pendências e atividades que não foram realizadas, essas pendências são controladas de forma manual, em planilha eletrônica ou criada uma pendência na intranet. Porém como é uma demanda muito grande de intervenções e papéis impressos, essas informações muitas vezes acabam se perdendo, tornando-se preventivas ineficientes e sem planejamento adequado.

O Livro Máquina é preenchido pelo técnico de área em conjunto com o planejador através de uma planilha eletrônica, é uma atividade que consome muito tempo devido a necessidade de colocar todas as informações solicitadas, realizar formatação, e ao mesmo tempo realizar a atualização das informações no *software* da empresa.

Todos os indicadores da manutenção são acompanhados por planilhas eletrônicas que são atualizadas de forma manual pelo técnico de área, os dados são consultados através do *software* da empresa. Após atualizado os indicadores nas planilhas eletrônicas é atualizado na intranet e também no painel do “chão de fábrica” manualmente.

Os sensores de monitoramento são acompanhados através do APP ou link de acesso à internet, quando verificado que um componente está com problemas, é necessário a criação da ordem através do *software* da empresa para poder realizar a intervenção ou o planejador encaixa a atividade para a próxima PMP do equipamento.

As demais atividades que são realizadas diretamente na intranet, são atividades mais rápidas e automáticas. Porém os manutentores necessitam do acesso ao computador, ocasionando filas e atrasos nas demais atividades.

Atualmente os técnicos de área e o planejador ficam em função de trabalhos burocráticos como citado anteriormente, e não conseguem dar suporte e auxílio para os manutentores, dessa forma, muitas informações acabam se perdendo e não dão continuidade nos trabalhos ou a importância necessária.

4.2 Registros das atividades com base na Indústria 4.0

Dentre todas as tecnologias que a indústria 4.0 oferece, uma ferramenta que impactaria muito no cotidiano da manutenção estudada e mudaria totalmente a forma de trabalhar, seria a implantação de um *software* de gestão manutenção com a

utilização de dispositivos móveis que tornaria as atividades e os registros da manutenção de forma fácil, ágil e transparente para toda a equipe.

Atualmente existem muitos softwares que são capazes de unificar a comunicação e facilitar os registros de atividades da manutenção, como por exemplo: Criar ordens de serviço, visualizar o plano de manutenção de um ativo, criar *check list* ou procedimentos de manutenção, realizar requisições de materiais, fazer o planejamento anual da planta, entre outras atividades que são integrados em apenas um aplicativo. Muitos desses aplicativos realizam a coleta de dados de outros *softwares* e planilhas eletrônicas.

A utilização de um software de gestão da manutenção facilita a gestão da manutenção e o trabalho do dia a dia dos manutentores, técnicos de área, planejador e auxiliar técnico. A comunicação entre manutenção e fábrica fica mais ágil e transparente e elimina muito retrabalho ou serviços replicados.

A grande vantagem de utilizar um *software* para gerenciamento da manutenção, é unificar a comunicação e otimizar o processo, desde serviços burocráticos até trabalhos realizados pelos manutentores. A agilidade de obter informações, anexar imagens ou procedimentos e gerenciar as atividades da manutenção economiza tempo.

Na requisição de materiais por exemplo, pode ser realizada diretamente pelo manutentor através do dispositivo móvel, o mesmo pode ter acesso a lista de materiais, visualizar estoque, e realizar a requisição pelo próprio dispositivo móvel. Elimina o tempo de deslocamento, fila para poder utilizar o computador, enviar e-mail para o auxiliar técnico para então realizar a requisição.

A mesma coisa acontece quando necessário emitir uma solicitação de compra de material, é possível emitir uma solicitação de compra de material externo pelo próprio dispositivo móvel. Os registros de materiais e atividades pendentes podem ficar anexados no próprio patrimônio do ativo, ou seja, sempre que um manutentor pesquisar sobre um ativo, terá em mãos as atividades e materiais pendentes, e o indicador de performance do ativo.

O *software* de Gestão da Manutenção ainda possibilita realizar o apontamento de horas trabalhadas e encerramento de ordens, via dispositivo móvel pelo próprio manutentor. Outro fator muito importante é poder anexar fotos nas ordens de serviço, podendo detalhar melhor a passagem de serviços de um turno para o outro.

Com os *softwares* de gerenciamento da manutenção, é possível criar

procedimentos utilizando um dispositivo móvel de forma instantânea enquanto realiza a atividade, dessa forma os até mesmo os manutentores podem estar executando essas tarefas.

Esse procedimento pode ser anexado em cima do patrimônio do ativo, desta forma o manutentor pode utilizar o dispositivo móvel para acompanhar o procedimento enquanto realiza o trabalho na máquina, fazendo um passo-a-passo da atividade.

Possibilita criar pendências de atividades de forma rápida e de fácil visualização utilizando dispositivo móvel. Atualmente a manutenção cria as pendências na intranet, porém os manutentores acabam não verificando essas pendências por ser de difícil acesso, o computador sempre está ocupado, e acaba tomando tempo para realizar essa verificação. Dessa forma, todos da manutenção teriam acesso à informação, gerando uma maior integração da equipe com relação aos problemas dos ativos.

Neste novo sistema, se implantado, todos os indicadores de manutenção são atualizados automaticamente e de fácil acesso através do *software* de gerenciamento da manutenção, alguns *softwares* ainda realizam uma avaliação individual de cada ativo, possibilitando melhorar a tomada de decisão.

Com a possibilidade de unificar a comunicação das seções, as atividades da manutenção, pendências dos ativos, histórico de máquinas e indicadores, ficariam evidentes para toda a fábrica, deixando claro a necessidade de parada do equipamento para realização das atividades. Trazendo uma melhora da comunicação entre PCP e manutenção e realizando um melhor planejamento das atividades a serem realizadas.

Com o software de gerenciamento da manutenção, não há necessidade de criar o livro máquina em planilha eletrônica, o mesmo pode ser realizado diretamente no aplicativo, ou até mesmo atualizar as informações no software da empresa para então o software coletar esses dados, deixando tudo atualizado.

Todas essas atividades podem impactar diretamente na performance da equipe de manutenção, gerando menos trabalhos burocráticos, sendo mais assertiva e eficiente nas tomadas de decisões, aumentando a produtividade dos manutentores para atividades que agregam valor no ativo e alocando os técnicos de área, planejador e chefia para atividades que melhoram a qualidade dos serviços prestados pela equipe da Manutenção.

4.2.3 Dificuldades

O processo de implantação do software de gerenciamento da manutenção e a utilização dos dispositivos móveis traz mudanças no dia a dia de todos os envolvidos, sendo necessário implantar de forma cuidadosa, pois naturalmente as mudanças de rotina no ambiente de trabalho das pessoas acaba trazendo desconforto, e em alguns casos resistência com a nova metodologia de trabalho.

Toda a equipe da manutenção precisa estar envolvida na implantação e no novo sistema, toda informação, seja ela, uma modificação da lista técnica, um procedimento adotado, um *kaizen* realizado, que altere os parâmetros do ativo, devem ser informados para toda a equipe, principalmente para os técnicos de área, planejadores, para que seja atualizada as informações e repassadas para os demais manutentores.

Outro fator importante é entender que para a implantação do *software* é necessário ter uma boa base de dados dos ativos, como por exemplo, estrutura do equipamento, lista técnica atualizada, planos de manutenção definidos, entre outros dados que facilitariam a implantação do sistema.

Com base nos ativos da Manutenção, levaria bastante tempo para realizar a implantação, pela falta de uma lista técnica dos equipamentos atualizada, sendo necessário criar ou atualizar os poucos ativos que já possuem lista técnica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um mercado que está cada vez mais rigoroso, disputado, e em constante evolução, a manutenção tem papel crucial para que uma empresa obtenha bons resultados. A Indústria 4.0 traz muita tecnologia para dar suporte e aprimorar o desempenho das fábricas e da manutenção.

Analisou-se que a forma de atuação da Manutenção estudada e apresentada ao longo deste trabalho possui dificuldades no gerenciamento e controle dos registros de suas atividades, sendo assim, considera-se que os objetivos propostos foram alcançados, a forma de atuação da Manutenção foi demonstrada, as atividades de registros repetidas foram identificadas.

Com o resultado da pesquisa foi possível entender que a aplicação da Indústria 4.0 no sistema de manutenção traz muitos benefícios aumentando os níveis de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento.

Apesar de não existir apenas uma maneira correta de gerenciar um setor de manutenção, com base na pesquisa entende-se que o *Software* de Gestão da Manutenção com a utilização do dispositivo móvel, é a ferramenta que a Indústria 4.0 oferece que impacta positivamente a forma de atuação da equipe de Manutenção, ela auxilia o dia a dia de toda a equipe, unifica a comunicação, e principalmente facilita e controla os registros das atividades.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Bruno Guerra; FABRO, Elton. **Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia TPM**. Scientia cum industria, Caxias do Sul, RS. 2019. Disponível em: <<http://ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6840/pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

ALMEIDA, Paulo Samuel D. **Manutenção Mecânica Industrial - Princípios Técnicos e Operações**. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2016. E-book. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519807/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Indústria 4.0 - Princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial**. São Paulo, SP: Editora Érica, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5462: 1994. Confiabilidade e Mantenabilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRAIDOTTI Junior, José Wagner; BRAIDOTTI, Felipe Ramos. **A Anatomia do PPCM – Planejamento, Programação e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2021

DA GREGÓRIO, Gabriela Fonseca P.; SILVEIRA, Aline Moraes. **Manutenção industrial**. Porto Alegre, RS: Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026971/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

DA SILVA, Daniela dos Santos; LIMA, Elon Vieira. **O planejamento e controle da manutenção na indústria 4.0**. Ponta Grossa, PR. 2019. Disponível em: <http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_100936_5d920250791a4.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2020.

DA SILVA, Edson Pereira. **A transição da manutenção industrial para o modelo do novo paradigma da indústria 4.0**. São Paulo, SP. 2018. Disponível em: <https://www.unip.br/presencial/ensino/pos_graduacao/strictosensu/eng_producao/download/eng_edsonpereiradasilva.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

FOGLIATO, Flávio. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro, RJ: Grupo GEN, 2009. E-book. ISBN 9788595154933. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154933/>. Acesso em: 8 abr. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GONÇALVES, Edson. **Manutenção Industrial do Estratégico ao Operacional.** Rio de Janeiro – RJ: Editora Ciência Moderna Ltda, 2015.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino. **Manutenção – Função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica.** 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas 2003.

RAMOS, Pedro Gonçalo Diniz. **Organização e gestão da manutenção industrial: aplicação teórico-prática às Fabricas Lusitana - Produtos Alimentares, S.A.** Covilhã, Portugal. 2012. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10400.6/2439>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

REIS, Geraldo Sales dos. **Gestão da Manutenção.** Joinville, SC: 4ª edição IFSC, 2017.

SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; BONILLA, Sílvia H. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos.** São Paulo, SP: Editora Blucher, 2018. 9788521213710. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521213710/>. Acesso em: 01 mai. 2022

TELES, Jhonata. **O Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0.** 2017. Disponível em:< <https://engeteles.com.br/pcm-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 02 abr. 2022.

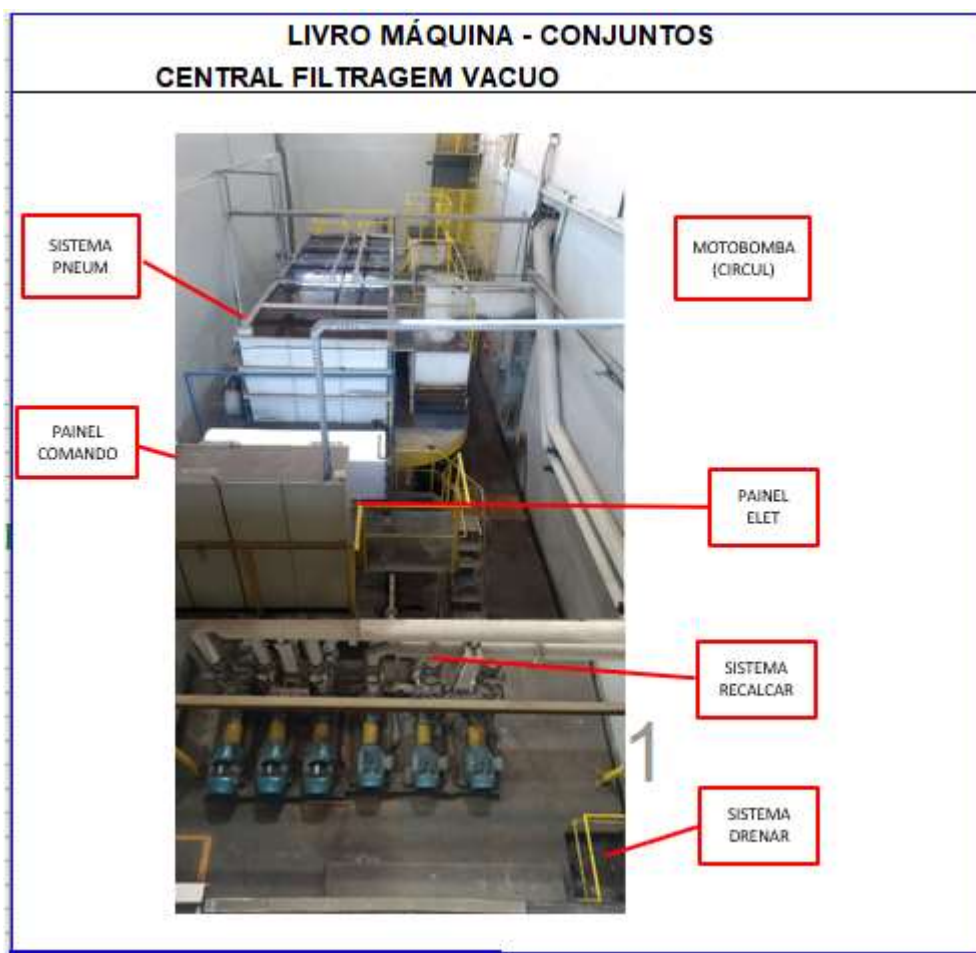
THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga D. **Sensores industriais.** São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536533247. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536533247/>. Acesso em: 21 jun. 2022.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippus. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Minas Gerais: Editora Falconi, 2014.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** 2. ed. Nova Lima, MG: Editora Falconi, 2017.

ANEXO A – Livro Máquina

Os apêndices são textos e/ou documentos elaborados pelo próprio autor para complementar o texto principal. É UM ELEMENTO OPCIONAL.



LIVRO MÁQUINA - ESTRUTURA
CENTRAL FILTRAGEM VACUO

| Nº Identificação Técnica | Nº Equip SA | Subconjunto |
|--------------------------|---------------------|---|
| 0010007 | 10051134 | CENTRAL FILTRAGEM VACUO |
| 0010007-01 | 10051135 | PAINEL ELET |
| 0010007-02 | 10051136 | PAINEL COMANDO |
| 0010007-03 | 10051137 | SISTEMA RECALCAR |
| 0010007-03-01 | 10051138 | BOMBA WEG 100015 (NR 01 - PRESSAO) |
| 0010007-03-02 | 10051139 | BOMBA WEG 100015 (NR 02 - PRESSAO) |
| 0010007-03-03 | 10051140 | BOMBA WEG 100015 (NR 03 - PRESSAO) |
| 0010007-03-04 | 10051141 | BOMBA WEG 20015 (SIGO NR 01) |
| 0010007-03-05 | 10051142 | BOMBA WEG 20015 (SIGO NR 02) |
| 0010007-03-06 | 10051143 | BOMBA WEG 20015 (SIGO NR 03) |
| 0010007-03-07 | 10051144 | MOTOR WEG 20015 (NR 01) |
| 0010007-03-08 | 10051145 | MOTOR WEG 20015 (NR 02) |
| 0010007-03-09 | 10051146 | MOTOR WEG 20015 (NR 03) |
| 0010007-03-10 | 10051147 | MOTOR WEG 20015 (NR 04) |

LIVRO MÁQUINA - LISTA TÉCNICA

CENTRAL FILTRAGEM VACUO

| Subconjunto / Descrição do Componente | Qt | UM | Tipo | Crit. Atua. | Gravidade | Frequência | Crit. do Item |
|---|----|----|------|-------------|------------------------|---|---------------|
| CENTRAL FILTRAGEM VACUO | | | | | | | 0 |
| PANEL ELET | | | | | | | 0 |
| PANEL COMANDO | | | | | | | 0 |
| SISTEMA RECALCAR | | | | | | | 0 |
| VALVULA BORBOLETA DN12 | 2 | | | | | | 0 |
| BOMBA | | | | | | | 0 |
| SELO MECANICO M377 S 560-U/UTEGE STD 60 | 1 | UN | | | Não Para o Equipamento | até 2 falhas nos últimos 2 anos | C |
| LUBA PROT. EIXO MEGACHEM A50 - | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ROLAMENTO 6310 Z C3 POLYREX EM | 2 | UN | | | Para Totalmente | até 2 falhas nos últimos 2 anos | |
| RETENTOR VITON 50X70X10 - | 2 | UN | | | Não Para o Equipamento | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ANEL DE DESGASTE-A 160 x 170 x 13 - | 1 | UN | | | Para Parcialmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ELEMENTO ELASTICO | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| BOMBA | | | | | | | 0 |
| SELO MECANICO M377 S 560-U/UTEGE STD 60 | 1 | UN | | | Não Para o Equipamento | até 2 falhas nos últimos 2 anos | C |
| LUBA PROT. EIXO MEGACHEM A50 - (N.B FALCE - 10485) | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ROLAMENTO 6310 Z C3 POLYREX EM | 2 | UN | | | Para Totalmente | até 2 falhas nos últimos 2 anos | |
| RETENTOR VITON 50X70X10 - (VOCA - 12143) | 2 | UN | | | Não Para o Equipamento | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ANEL DE DESGASTE-A 160 x 170 x 13 - (N.B FALCE - 10485) | 1 | UN | | | Para Parcialmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| JUNTA BOMBA KSR | | | | | Não Para o Equipamento | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ELEMENTO ELASTICO | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| BOMBA | | | | | | | 0 |
| SELO MECANICO M377 S 560-U/UTEGE STD 60 | 1 | UN | | | Não Para o Equipamento | até 2 falhas nos últimos 2 anos | C |
| LUBA PROT. EIXO MEGACHEM A50 - | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ROLAMENTO 6310 Z C3 POLYREX EM | 2 | UN | | | Para Totalmente | até 2 falhas nos últimos 2 anos | |
| RETENTOR VITON 50X70X10 | 2 | UN | | | Não Para o Equipamento | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ANEL DE DESGASTE-A 160 x 170 x 13 - | 1 | UN | | | Para Parcialmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ELEMENTO ELASTICO | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| BOMBA | | | | | | | 0 |
| SELO MECANICO M377 S 560-U/UTEGE STD 60 | 1 | UN | | | Não Para o Equipamento | até 2 falhas nos últimos 2 anos | C |
| LUBA PROT. EIXO MEGACHEM A50 - | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ROLAMENTO 6310 Z C3 POLYREX EM | 2 | UN | | | Para Totalmente | até 2 falhas nos últimos 2 anos | |
| RETENTOR VITON 50X70X10 | 2 | UN | | | Não Para o Equipamento | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ANEL DE DESGASTE-A 160 x 170 x 13 - | 1 | UN | | | Para Parcialmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ELEMENTO ELASTICO | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| BOMBA | | | | | | | 0 |
| SELO MECANICO M377 S 560-U/UTEGE STD 60 | 1 | UN | | | Não Para o Equipamento | até 2 falhas nos últimos 2 anos | C |
| LUBA PROT. EIXO MEGACHEM A50 - | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ROLAMENTO 6310 Z C3 POLYREX EM | 2 | UN | | | Para Totalmente | até 2 falhas nos últimos 2 anos | |
| RETENTOR VITON 50X70X10 | 2 | UN | | | Não Para o Equipamento | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ANEL DE DESGASTE-A 160 x 170 x 13 - | 1 | UN | | | Para Parcialmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |
| ELEMENTO ELASTICO | 1 | UN | | | Para Totalmente | Sem histórico de falha nos últimos 2 anos | |

LIVRO MÁQUINA - PLANO DE MANUTENÇÃO INICIAL

Data: 13/05/2021

| Onde? | | O que? | | | Como? | | Quem? (E/M/L) | | Quando? | | Quanto tempo? | |
|--------------------------|--------------|------------------|----------------|---|-----------|------------------------|---------------|------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Nº Identificação Técnica | Nº Equip SAP | Subconjunto | Tipo Atividade | Descrição da atividade | Nº da SMP | Critério - (Parâmetro) | Quem? (E/M/L) | Qtd? | Frequência da atividade | Tempo da atividade / mantenedor (min) | HR aplicada (min) | HR Aplicada Anual (min) |
| | | PANEL ELET | Sistêmica | Verificar fixação e mau contato na fixação dos fusíveis, havendo alguma anomalia corrigir | | | E | 1 | AN | | 0 | 0 |
| | | PANEL ELET | Sistêmica | Observar a fixação da chave geral ao painel, havendo alguma anomalia corrigir | | | E | 1 | AN | | 0 | 0 |
| | | PANEL ELET | Sistêmica | Verificar fixação e mau contato na fixação da chave, havendo alguma anomalia corrigir | | | E | 1 | AN | | 0 | 0 |
| | | PANEL COMANDO | | | | | | | | | 0 | 0 |
| | | SISTEMA RECALCAR | Sistêmica | | | | | | | | 0 | 0 |
| | | BOMBA | Sistêmica | Verificar se há vazamentos de fluido na bomba, havendo alguma anomalia corrigir | | | M | 1 | ME | | 0 | 0 |
| | | BOMBA | Sistêmica | Verificar se há vazamentos de fluido nas conexões do pressostato e do manômetro, havendo alguma anomalia corrigir | | | M | 1 | ME | 2 | 2 | 24 |

LIVRO MÁQUINA - PLANO DE MANUTENÇÃO REVISADO

REV: 02 Data da revisão: 000000

| Onde? | | O que? | | | Como? | | Quem? (E/M/L) | | Quando? | | Quanto tempo? | |
|--------------------------|--------------|-------------|----------------|---|-----------|--------------------------------|---------------|------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Nº Identificação Técnica | Nº Equip SAP | Subconjunto | Tipo Atividade | Descrição da atividade | Nº da SMP | Critério - (Parâmetro) | Quem? (E/M/L) | Qtd? | Frequência da atividade | Tempo da atividade / mantenedor (min) | HR aplicada (min) | HR Aplicada Anual (min) |
| | | PANEL ELET | Sistêmica | Realizar inspeção termográfica | 135 | utilizando aparelho fluke VTD4 | E | 1 | ME | 20 | 20 | 240 |
| | | PANEL ELET | Condicional | Reapertar os contatos elétricos das régua de bornes | | Termografia | E | 1 | | | 0 | 0 |
| | | PANEL ELET | Condicional | Observar se a fixação dos contadores e reles possuem sinais de mau contato e se estão bem fixados aos componentes, havendo alguma anomalia corrigir | | Termografia | E | 1 | | | 0 | 0 |
| | | PANEL ELET | Condicional | Verificar fixação e mau contato na fixação dos fusíveis, havendo alguma anomalia corrigir | | Termografia | E | 1 | | | 0 | 0 |
| | | PANEL ELET | Condicional | Verificar a fixação da chave geral ao painel, havendo alguma anomalia corrigir | | Termografia | E | 1 | | | 0 | 0 |
| | | PANEL ELET | Condicional | Verificar fixação e mau contato na fixação da chave | | Termografia | E | 1 | | | 0 | 0 |

| Atividades do plano | Nº de atividades | Tempo da atividade / mantenedor (min) | HH aplicada (min) | HH Aplicada Anual (min) | Tempo da atividade / mantenedor (h) | HH aplicada / PMP (h) | HH Aplicada Anual (h) |
|---|------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| = (vazio) | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| (vazio) | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| = - | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| = | | | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| PAINEL ELET | | | | | | | |
| - Reapertar os contatos elétricos das régua de bornes - Critério: Termografia | 1 | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| - Observar se a fixação dos contadores e reles possuem sinais de mau contato e se estão bem fixados aos componentes, havendo alguma anomalia corrigir - Critério: Termografia | 1 | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| - Verificar fixação e mau contato na fixação dos fusíveis, havendo alguma anomalia corrigir - Critério: Termografia | 1 | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| - Verificar a fixação da chave geral ao painel, havendo alguma anomalia corrigir - Critério: Termografia | 1 | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| - Verificar fixação e mau contato na fixação da chave - Critério: Termografia | 1 | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| ME - Verificar estado das vedações das portas; Tempo: 2min | 1 | 2 | 2 | 24 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| - Substituir vedações das portas; - Tempo: 60min | 1 | 60 | 60 | 0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| ME - Verificar se há danos nas portas prejudicando a abertura e fechamento do painel; - Tempo: 2min | 1 | 2 | 2 | 24 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| - Consertar portas danificadas; - Tempo: 120min | 1 | 120 | 120 | 0 | 2,0 | 2,0 | 0,0 |
| ME - Verificar funcionamento dos trincos ou manoplas de fechamento das portas; - Tempo: 4min | 1 | 4 | 4 | 48 | 0,1 | 0,1 | 0,8 |
| - Substituir trincos danificados; - Tempo: 60min | 1 | 60 | 60 | 0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| ME - Verificar se a iluminação interna do painel está funcionando; - Tempo: 1min | 1 | 1 | 1 | 12 | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| - Substituir lâmpadas internas do armário elétrico - Tempo: 20min | 1 | 20 | 20 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,0 |
| SE - Organizar e limpar parte interna do painel, observar estado das canaletas e tampas, organizar e substituir se necessário; - Tempo: 60min | 1 | 60 | 60 | 120 | 1,0 | 1,0 | 2,0 |
| SE - Verificar a organização e fixação da régua de bornes, havendo alguma anomalia corrigir - Tempo: 60min | 1 | 60 | 60 | 120 | 1,0 | 1,0 | 2,0 |
| ME - Verificar se há contadores replicando, se necessário substituir, havendo alguma anomalia corrigir - Tempo: 5min | 1 | 5 | 5 | 60 | 0,1 | 0,1 | 1,0 |
| ME - Verificar se o manípulo de acionamento está em bom estado; - Tempo: 5min | 1 | 5 | 5 | 60 | 0,1 | 0,1 | 1,0 |
| ME - Verificar se a chave geral está devidamente identificada - Tempo: 1min | 1 | 1 | 1 | 12 | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| ME - Realizar inspeção termográfica - Critério: utilizando aparelho fluke VT04- SMP Nº 135 - Tempo: 20min | 1 | 20 | 20 | 240 | 0,3 | 0,3 | 4,0 |
| PAINEL ELET | | | | | | | |
| - Reapertar toda a fixação do painel - Critério: Termografia | 1 | | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| AN - Inspeccionar e revisar aterramento, reapertar todos os pontos de aterramento; | | | | | | | |

Imagem Equipamento

Estrutura do Equipamento

Lista Técnica

Plano Inicial

Tempos Iniciais

Plano Revisado

Tempos Revisados

APÊNDICE A – Autorização para pesquisa



Solicitação de Autorização para Pesquisa

Jaraguá do Sul, 05 de dezembro de 2022

Eu, Tiago Althoff Borges, responsável principal pelo projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) denominado preliminarmente de “MANUTENÇÃO INDUSTRIAL MECÂNICA: ESTUDO DE CASO SOBRE GESTÃO DA MANUTENÇÃO A PARTIR DOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0”, do Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU, venho pelo presente, solicitar autorização da [REDACTED] para a realização da coleta de dados em sua empresa no período de 01/03/2022 a 10/11/2022, com o objetivo de “Propor a aplicação de conceitos da indústria 4.0 na redução de atividades de registro realizadas de modo duplicado em um departamento de manutenção de uma indústria.”. Esta pesquisa está sendo orientada pelo Prof. Edson Sidnei Maciel Teixeira, pesquisador do IFSC.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, solicito autorização para realizar a coleta de dados que consistirá de análise do ambiente, entrevistas individuais com funcionários e imagens através de fotos. Saliento que as coletas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o nome de um funcionário e da empresa, em qualquer fase do estudo. As imagens serão divulgadas somente nesta pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas, tomando o cuidado de não identificar pessoa, marca ou produto da empresa.

Contando com a autorização desta instituição, agradecemos e coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento.

Tiago Althoff Borges

Tiago Althoff Borges - Pesquisador Principal
tiago_a_b_@hotmail.com
(47) 9 8826-6101

Autorizo:

[REDACTED]
[REDACTED]
Chefe Seção Manutenção
Nome: [REDACTED]