

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO
AMAZONAS – IFAM
ENGENHARIA MECÂNICA

IZAQUE MAGALHÃES DA SILVA

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO NA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE FALHAS NO
PROCESSO PRODUTIVO FABRIL

MANAUS - AM

2023

IZAQUE MAGALHÃES DA SILVA

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO NA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE FALHAS NO
PROCESSO PRODUTIVO FABRIL

Projeto de trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Amazonas campus Manaus Centro, departamento
acadêmico de processos industriais, como requisito
obrigatório para a qualificação

Orientador: Prof. Plácido Ferreira Lima

MANAUS - AM

2023

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

S586i Silva, Izaque Magalhães.

A importância da manutenção na redução do índice de falhas no processo produtivo fabril / Izaque Magalhães Silva. – Manaus, 2023.
51 p. : il. color.

Monografia (Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2023.
Orientador: Prof. Plácido Ferreira Lima.

1. Engenharia mecânica. 2. Manutenção. 3. TPM. 4. Falhas. 5. Processo. I. Lima, Plácido Ferreira. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE GRÁFICOS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Justificativa	12
1.2. Objetivos:	12
1.2.1. Gerais.....	12
1.2.2. Específicos	13
1.3. Estrutura da Dissertação	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Conceitos	13
2.1.1. Histórico	14
2.1.2. Tipos de Manutenção.....	15
2.1.3. Evolução da Gestão	24
2.2. Indicadores	31
2.2.1. KPI (Key Performance Indicator - Indicador-chave de Desempenho).....	32
2.2.2. MTBF (Mean Time Between Failures - Tempo Médio entre Falhas).....	32
2.2.3. MTTR (Mean Time To Repair - Tempo Médio entre Falhas)	32
2.2.4. OEE (Overall Equipment Efficiency - Eficiência Global dos Equipamentos)	33
3. METODOLOGIA	33
4. ESTUDO DE CASO.....	35
4.1. Introdução	35
4.2. Temática.....	35
4.3. Dados coletados.....	36
4.4. Tratamento dos dados coletados	40
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	40
5.1. Por que é importante?	47

5.2. Qual o Legado Para a Comunidade Acadêmica e a Sociedade?	47
6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

RESUMO

A manutenção é fundamental para empresas que possuem equipamentos e máquinas em operação. Seu objetivo é manter esses ativos em bom estado, prolongar a vida útil, reduzir paradas não programadas e aumentar a segurança dos trabalhadores. Falta de manutenção adequada pode reduzir a produtividade, aumentar custos com reparos, riscar a segurança dos trabalhadores e prejudicar a qualidade do produto final. A manutenção bem planejada e executada traz benefícios como redução de custos, aumento da disponibilidade das máquinas, melhoria da qualidade do produto, aumento da eficiência e redução de acidentes de trabalho. É uma ferramenta estratégica para a competitividade da empresa, garantindo a continuidade dos processos produtivos e satisfação dos clientes. Este trabalho apresenta o conceito de manutenção até a filosofia da TPM (Total Productive Maintenance) também chamada de Manutenção Produtiva Total, e que através deste demonstra por meio de um estudo de caso, no qual evidencia seus resultados perante a problemática abordada bem como a importância que se obteve a partir do início de sua implementação no processo e como contribuiu para redução no índice de falhas na produção além de salientar o papel relevante das ferramentas que serviram como suporte para a sua implementação da metodologia. As informações foram adquiridas por intermédio de pesquisa exploratória, documental e entrevistas com as pessoas envolvidas.

Palavra-Chave: Manutenção; TPM; Falhas; Processo.

ABSTRACT

Maintenance is crucial for companies that have operating equipment and machinery. Its purpose is to keep these assets in good condition, extend their lifespan, reduce unplanned downtime, and enhance worker safety. Inadequate maintenance can lead to decreased productivity, increased repair costs, compromised worker safety, and diminished product quality. Well-planned and executed maintenance brings benefits such as cost reduction, increased machine availability, improved product quality, enhanced efficiency, and reduced workplace accidents. It is a strategic tool for company competitiveness, ensuring the continuity of production processes and customer satisfaction. This work presents the concept of maintenance and the philosophy of TPM (Total Productive Maintenance), also known as Total Productive Management. Through a case study, it demonstrates its results in addressing the identified problems and highlights the importance gained from the beginning of its implementation in the process, along with the significant role of the tools that supported the methodology's implementation. The information was obtained through exploratory research, document analysis, and interviews with the individuals involved

Keywords: Maintenance; TPM; Failures; Process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem de Custo com Manutenção em Relação ao Faturamento Bruto no Brasil.....	11
Figura 2 - Ciclo da Manutenção Corretiva.....	17
Figura 3 - 8 pilares da TPM.....	25
Figura 4- Organização do conhecimento para definição do melhor sistema de gestão da manutenção.....	27
Figura 5 – Planejamento da Manutenção.....	29
Figura 6 - Fluxograma das estações de teste.....	37
Figura 7 – Diagrama de Ishikawa.....	42
Figura 8- Agulhas Achatadas.....	43
Figura 9 – Berço.....	44
Figura 10 - Configuração Posicional de agulhas Modelo X	44
Figura 11 – Berço Desmontado.....	45
Figura 12 – Placa EVB Antes e Depois.....	45

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Diferenciação entre Falha e Defeito.....	16
Quadro 2 - Benefícios da Manutenção Preventiva.....	19
Quadro 3 - As técnicas preditivas nas categorias.....	21
Quadro 4 - Nível de atuação no Brasil.....	31
Quadro 5 - Mudanças ocasionadas pela manutenção.....	32
Quadro 6 – FPY Modelo X.....	38
Quadro 7 – FPY Modelo Y.....	39
Quadro 8 – FPY Modelo Y.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Falsas Falhas x Teste.....	40
Gráfico 2 – Defeitos Reais x Teste.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

TPM - Total Productive Maintenance – Manutenção Preventiva Total

IoT – Internet of Things - Internet das Coisas

Wi-Fi – Wireless Fidelity – Fidelidade sem fio

ABNT – Academia Brasileiras de Normas Técnicas

ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

KPI - Key Performance Indicator - Indicador-Chave de Performance

MTBF - Mean Time Between Failures – Tempo Médio entre Falhas

MTTR - Mean Time to Repare - tempo Médio Para Reparo

OEE - Overall Equipment Effectiveness - Eficiência Global dos Equipamentos

LTE - Long Term Evolution - Evolução de Longo Prazo)

FPY - First Pass Yield – Taxa de Produtividade

NDF - Non-Defective Failure – Falha Não Defeituosa

MFG – Manufacturing - Manufatura

ESD - Electro Static Discharge - Descarga Eletrostática

EVb - Evaluation Board - Placa de Avaliação

1. INTRODUÇÃO

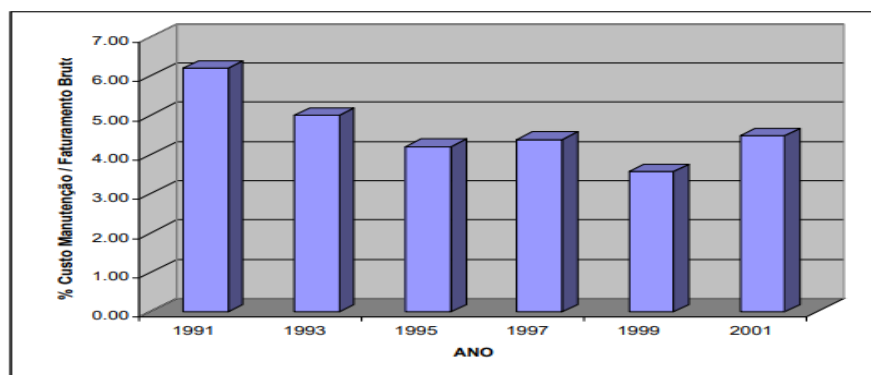
O fenômeno da globalização acompanhado dos avanços tecnológicos, bem como a integração dos conceitos de sustentabilidade e responsabilidade social promoveram a larga concorrência e disputa entre as organizações; inseridas num mercado altamente competitivo somente resistem as exigências do setor empresas que apresentarem redução nos prazos e custos operacionais e melhoria contínua nos serviços e produtos oferecidos ao consumidor.

Ainda preocupados com a eficácia e redução de desembolsos empregados na cadeia produtiva os setores industriais e empresariais vislumbram as atividades de manutenção como fator estratégico para sustentar uma produção de alto desempenho e qualidade.

Para Xenos (1998, *apud* Costa, 2013, p. 14) a manutenção é um agente de diligência para qualquer organização; uma vez que a empresa esteja devidamente estruturada e os processos gerenciais bem definidos a qualidade dos serviços ou produtos oferecidos também atestam a qualidade integral dos processos produtivos.

Segundo o professor do Centro Federal de Educação tecnológica de Santa Catarina, Norberto Moro, nas últimas duas décadas as opiniões gerais acerca das atividades de manutenção mudaram principalmente ao passo que essas tarefas passaram a determinar a qualidade dos produtos, redução dos custos produtivos e aumento no lucro básico obtido.

Figura 2 - Porcentagem de custo com manutenção em relação ao faturamento bruto no Brasil



Fonte: Abraman (2009)

1.1. Justificativa

A globalização da economia, as altas demandas de produção, os anseios pela qualidade dos produtos e serviços oferecidos e questões relacionadas à gestão eficaz atualmente integram as metas da maioria das organizações mundiais; refletindo sobre todas as condições impostas pelo mercado consumidor chegar-se-á à uma importante indagação que norteará o desenvolvimento deste trabalho acadêmico (COSTA, 2013). Portanto imaginemos o seguinte cenário:

Uma indústria qualquer disposta a manter a fidelidade e prospectar novos clientes decide aumentar a produção, reduzir defeitos e manter competitivo o valor de venda de seus produtos. Mediante estes objetivos a alta gerência elabora cronogramas de fabricação e entrega, e se os equipamentos e maquinarias apresentarem defeitos ou ainda ficarem parados durante algum período?

Por este motivo o trabalho em questão procura analisar os aprimoramentos referente a aplicação da TPM dentro do processo produtivo nos equipamentos de teste dos produtos.

A organização no qual aborda este estudo faz parte de um conglomerado de empresas que é líder em soluções globais de manufatura voltado ao setor industrial de comércios de eletrônicos e informática. Atua mais de 10 anos em Manaus na produção de módulos Inteligentes para aplicações em M2M e IoT. Placas eletrônicas para Set-Up Box para modem Wi-Fi, produção de placa-mãe de computadores e máquina de cartão. Por motivos de discrição o nome da empresa não será divulgado, no entanto, a omissão de tal informação não prejudicará no desenvolvimento do assunto.

1.2. Objetivos:

1.2.1. Gerais

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é denotar a importância do planejamento dos programas de manutenção nos equipamentos, uma vez que os números de falsas falhas nos processos produtivos podem causar prejuízos quanto as

taxas de produção, atraso nas entregas, perdas financeiras, aumento de custos, insatisfações dos consumidores e perda de mercado.

1.2.2. Específicos

- Expor um breve histórico evolutivo sobre Manutenção até a TPM;
- Apresentar os principais tipos de manutenção utilizados na Engenharia de Manutenção;
- Apresentar as medidas aplicadas para solução do problema e avaliar os resultados obtidos após a implementação da metodologia TPM.

1.3. Estrutura da Dissertação

O estudo está organizado em seis seções, sendo a primeira uma introdução que apresenta os objetivos e a justificativa para a escolha do tema. Na segunda seção, é realizada uma revisão da literatura que explora desde a teoria básica de manutenção até a metodologia de TPM. O terceiro tópico descreve os métodos utilizados como base para o trabalho. A quarta seção corresponde ao estudo de caso analisado. Na quinta seção, são analisados os resultados obtidos a partir do estudo de caso. Por fim, a sexta seção aborda as conclusões obtidas com base neste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A manutenção é considerada um fator estratégico para sustentar uma produção de alto desempenho e qualidade. Trata-se de um agente de diligência para qualquer organização; uma vez que a empresa esteja devidamente estruturada e os processos gerenciais bem definidos a qualidade dos serviços ou produtos oferecidos também atestam a qualidade integral dos processos produtivos.

2.1. Conceitos

Segundo Monchy (1987, p. 3 *apud* COSTA, 2013, p. 19) explica que o termo “manutenção” originalmente integrava as práticas militares voltadas a provisão de efetivo e equipamentos em níveis constantes de aceitação e utilização.

Já Kardec e Nascif (2009) definem a manutenção industrial como tarefas essenciais para a garantia da “disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”. (*apud* COSTA, 2013, p. 19)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em meados do decênio de 1970 o termo manutenção como sendo um agrupamento de ações indispensáveis para manter um item em pleno funcionamento, seja por meio de conservação ou reestruturação dos equipamentos.

Existem diversas definições e conceitos apresentados para a manutenção, a maioria com enfoque nos aspectos preventivos, conservativos e corretivos da atividade; mas é interessante observar a mudança, mais recente, que incluiu nas definições os aspectos humanos, de custos e de confiabilidade da função manutenção, como consequência do aumento da importância e responsabilidades do setor dentro das organizações. (COSTA, 2013, p. 20).

2.1.1. Histórico

A manutenção está associada com a revolução industrial e a mecanização das indústrias, o que fez com que surgisse a necessidade de reparos, entretanto, inicialmente tais reparos tinham importância secundária e eram feitos pelos próprios operários da indústria sem possuir especialização na atividade. Com a Primeira Guerra Mundial, surgiu a necessidade de as indústrias estabelecerem programas próprios de reparo TAVARES (1998, *apud* OTANI; MACHADO, 2008, p. 5).

Para Wyrebsk (2007) fazem parte da manutenção ações simples como a conservação e limpeza dos equipamentos e ferramentas de trabalho, entretanto somente após a Revolução Industrial e com o surgimento de novas tecnologias as funções de manutenção começaram a se difundir no setor industrial; pois a partir da execução dessas tarefas seria possível garantir o funcionamento e continuidade do processo produtivo.

Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da manutenção, hoje conhecida como manutenção corretiva. Esta situação se manteve até a década de 30, quando, em função da segunda guerra

mundial e da necessidade de aumento de rapidez de produção, a alta administração industrial passou a se preocupar, não só em corrigir falhas, mas evitar que elas ocorressem, e o pessoal técnico de manutenção passou a desenvolver o processo de prevenção de avarias que, juntamente com a correção, completavam o quadro geral de manutenção, formando uma estrutura tão importante quanto à de operação (OTANI, MACHADO, 2008, p. 6).

Nas décadas seguintes os altos valores despendidos com reposição de peças e a preocupação com os aumentos dos custos de produção impulsionaram o desenvolvimento de práticas gerenciais, bem como o advento da Engenharia de Manutenção em esferas departamentais. (CAMPOS JÚNIOR, 2006).

Tavares (2000) enfatiza que o desenvolvimento dos microcomputadores com valores mais acessíveis e com comando mais simples, possibilitaram as equipes de manutenção a criação dos próprios cronogramas, facilitando então a comunicação entre equipes e aumentando a confiabilidade na evolução dos processos produtivos.

Outro aspecto importante dos avanços na manutenção foi a dependência organizações e capacidade de criação e resposta do setor as exigências do mercado. (MOUBRAY, 1996). Em muitos casos, a necessidade de inovação e otimização demandava criação de 22 equipes multidisciplinares para interações nas fases de projeto, fabricação e manutenção de equipamentos e máquinas, proporcionando resultados ainda melhores em termos de produtividade e eficiência em custos. Além disso, com a crescente exigência de qualidade dos produtos por parte dos consumidores, a manutenção foi obrigada a responder por suas intervenções com maior rigor e confiabilidade, diminuindo retrabalhos e falhas na produção. Neste contexto, a Manutenção assumiu papel não apenas importante, mas estratégico dentro das empresas (ARCURI FILHO, 2008).

2.1.2. Tipos de Manutenção

Inicialmente é importante distinguir falha de defeito levando em consideração a função requerida pelo equipamento.

Quadro 1 - Diferenciação entre falha e defeito

Função requerida	Conjunto de condições de funcionamento para o qual o equipamento foi projetado, fabricado ou instalado.
Falha	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento do equipamento que impede o desempenho de sua função requerida e o leva invariavelmente à indisponibilidade.

Defeito	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento de um equipamento que não o impede de desempenhar sua função requerida, podendo o mesmo operar com restrições
---------	---

Fonte: Nunes (2001)

A diferenciação entre os tipos de manutenção depende da forma interventiva nos sistemas produtivos, tratar-se-á neste trabalho acadêmico das práticas de manutenção comumente referenciada por diversos autores.

2.1.2.1. Manutenção corretiva

Para Slack (2002), fazer a manutenção corretiva basicamente consiste em realizar a manutenção somente após a quebra e parada total de um equipamento; aparentemente essa atividade pode soar como inesperada ou repentina, porém por decisões da alta gerência o tempo de funcionamento já está previsto, indicando que a parada foi planejada e não haverá custos extras para a manutenção de um equipamento.

O mesmo autor ainda acrescenta que há atualmente poucas organizações que implementam a manutenção corretiva de maneira correta, de maneira geral são comuns apenas prática preventivas como lubrificação e pequenos ajustes realizados durante o expediente de operação.

A figura 2 mostra o ciclo da Manutenção Corretiva:

Figura 2– Ciclo da manutenção corretiva

CICLO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA



Fonte: Página Projet'Ar Energia Solar

Apesar de simples, gerenciar esse tipo de manutenção pode gerar altos desembolsos principalmente relacionados ao estoque, trabalho extra e baixa produtividade. Almeida (2000) menciona a tendência de aumentos dos custos para caso onde o tempo de reação é maior, seja por erros da equipe de manutenção, ou ainda por faltas de peças para reposição.

Costa (2013) ressalta que os resultados desse tipo de manutenção incluem aumento dos custos e pouca disponibilidade dos equipamentos e maquinários utilizados nos processos produtivos. Analisando os custos de manutenção o autor enfatiza que o método corretivo-reativo tem em média um custo 3 vezes maior se comparado aos métodos preventivos e programados.

2.1.2.2. Manutenção Preventiva

São procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em pleno funcionamento (MORO, 2007),

Esse tipo de manutenção ocorre em períodos pré-definidos pelos gestores e cujo principal objetivo é suprir ou minimizar a probabilidade de falhas provenientes da falta de limpeza, lubrificação, substituição ou análise das instalações.

A programação da manutenção preventiva ocorre de acordo com dados estatísticos que propõem o tempo de degradação de um maquinário, é mais assertivo fazer uso da curva de tempo médio para assim estimar o período de ocorrência de falhas. O inconveniente apresentado por esse método é o fato de que ele é embasado em estatísticas que não avaliam os diferentes ambientes de trabalho que um equipamento pode estar inserido, Almeida (2000, *apud* COSTA, p. 24) menciona que uma bomba que recalca água e outra que recalca aditivos tem diferentes períodos para a ocorrência de falhas operacionais.

Neste contexto, tais generalizações sobre os períodos de falha de um equipamento podem ocasionar reparos desnecessários, antecipados ou a ocorrência de falhas inesperadas.

A manutenção preventiva foca na redução de custos através de ações citadas por Moro (2007) conforme mostra o quadro 2.

Quadro 2- Benefícios da manutenção preventiva

Benefícios	Ação da manutenção Preventiva
Redução de custo	A manutenção preventiva pode colaborar atuando na redução das peças sobressalentes, diminuição nas paradas de emergência, aplicando o mínimo necessário.
Qualidade do produto	Pra atingir essa meta, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor, ou seja: máquinas deficientes X máquinas eficientes; abastecimento deficiente X abastecimento otimizado
Aumento de produção	A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada X produção em dia.
Efeitos no Meio ambiente	Se a meta da empresa for a diminuição ou eliminação da poluição, a manutenção preventiva, como primeiro passo, deverá estar voltada para os equipamentos antipoluição, ou seja, equipamentos sem acompanhamento X equipamentos revisados; poluição X ambiente norma
Aumento de vida útil dos equipamentos	O aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada. Esse fator, geralmente, é consequência de: Redução de custos; Qualidade do produto; Aumento de produção; Efeitos do meio ambiente
Redução de acidentes de trabalho	Equipamentos que passam por manutenção tendem a ocasionar menos acidentes de trabalhos.

Fonte: Moro (2007)

2.1.2.3. Manutenção Preditiva

Essa modalidade de manutenção visa assistir variáveis e parâmetros de funcionamento dos equipamentos e maquinários e então determinar o instante exato de intervenção, tirando o máximo proveito deste ativo. (OTANI; MACHADO, 2008).

Trata-se de um método de otimização dos índices de produção, qualidade, lucratividade e efetividade da cadeia produtiva, uma vez que, utiliza ferramentas eficazes para apontamento das condições reais de funcionamento de um sistema produtivo.

Moro (2007) cita os principais objetivos desse tipo de manutenção:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção; aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado; impedir o aumento dos danos; aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção. Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

Para Otani e Machado (2008) a diferença substancial entre esse tipo de manutenção e o citado anteriormente está no tempo despendido com a tarefa, na manutenção preventiva o tempo despendido raramente é recuperado.

Esse tipo de manutenção, deve seguir a seguinte estrutura segundo Otanie Machado (2008):

- Pesquisa de necessidades;
- Seleção dos componentes/definição dos elementos prioritários
- Coleta de informações externas à empresa;
- Estrutura para execução do fluxo do sistema de manutenção;
- Treinamento dos responsáveis;
- Seleção de software e hardware;
- Desenvolvimento gradual do sistema na empresa (seleção e ampliação dos equipamentos; desenvolvimento de equipamentos e tecnologias).

Otani e Machado (2008) ainda destacam que a manutenção preditiva deve ficar em:

- a) Permitir a coleta de dados com os equipamentos em funcionamento;
- b) Permitir a coleta de dados que possibilitem a análise.

O quadro 3 mostra algumas técnicas de manutenção preditiva

Quadro 3 - As técnicas preditivas nas categorias

Radiações ionizantes Raios X Gama grafia	Energia acústica Ultra-som, emissão acústica
Energia eletromagnética Partículas magnéticas Correntes parasíticas	Fenômenos de viscosidade (Líquidos penetrantes)
Inspeção visual Endoscopia ou boros cópia Detecção de vazamentos	Análise de vibrações Nível global, espectro de vibrações Pulso de choque

Análise de Óleos lubrificantes ou isolantes Viscosidade, número de neutralização acidez ou basicidade, teor de água insolúvel, contagem de partículas metais por espectrometria por infravermelha cromatografia gasosa, tensão interfacial, rigidez dielétrica, ponto de fulgor	Análise de temperatura – termometria Termometria convencional Indicadores de temperatura Pirometria de radiação Termografia.
Ferrografia, Ferrografia quantitativa e Ferrografia analítica	Verificações de geometria Metrologia convencional Alinhamento de máquinas rotativas
Ensaio elétrico Corrente, tensão, isolamento perdas dielétricas, rigidez dielétrica, espectro de corrente ou tensão.	Forças Célula de carga teste de pressão, teste hidrostático, teste de vácuo, detecção de trincas.

Fonte: Otani e Machado (2008)

2.1.2.4. Manutenção Detectiva

Para MORO (2007), esse tipo de manutenção objetiva detectar falhas ocultas em sistemas de proteção como painéis elétricos. Moro (2007) ainda compara esse tipo de manutenção a manutenção preditiva que evita o funcionamento desnecessário dos sistemas de desligamento automático.

2.1.2.5. A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

A MCC foi desenvolvida para ajudar as empresas nos planos de manutenção, o foco é a análise das funções dos equipamentos e sistemas e a realização de avaliação das consequências das falhas ocasionadas pelos equipamentos. Esse tipo de manutenção tem o objetivo de preservar as funções dos sistemas e identificar falhas que afetam essas funções, assim como definir estratégias de redução de falhas (NUNES, 2001; SELITTO, 2002; MORAES, 2004).

No processo de aplicação da MCC, devem ser sistematicamente identificadas e avaliadas, como primeiro passo, as funções e o padrão de desempenho dos equipamentos em seu contexto operacional. Em sequência, devem ser definidas as falhas funcionais e seus respectivos modos de falha, bem como o efeito ou consequências dessas falhas. Esta análise se completa, com a determinação das tarefas de manutenção adequadas, técnica e

economicamente, para prevenir cada falha. Nesse sentido, a metodologia recomenda o reprojeto do equipamento (ou mesmo assumir o fato de que o sistema irá operar até a falha), caso não possa ser encontrada uma tarefa preventiva adequada para a prevenção da falha. Uma importante ferramenta de confiabilidade utilizada na aplicação da MCC é a de Failure Modes and Effect Analysis (FMEA), que foi traduzido par Análise de Modos e Efeitos das Falhas. Esta ferramenta tem um papel vital no desenvolvimento dos programas de qualidade e de confiabilidade das organizações (NUNES,2001).

2.1.2.6. A manutenção total preventiva (TPM)

Ainda inserido no contexto de gerenciamento da função manutenção surge o conceito de Manutenção Preventiva Total (TPM), e essa filosofia de trabalho mais se assemelha a um sistema de gerenciamento que envolve as demais categorias; desenvolvida no Japão a TPM funciona de maneira sistêmica (MORO,2007).

É importante destacar, que a TPM não é um tipo específico de manutenção, mas um sistema de gerenciamento que envolve todos os tipos de manutenção

As técnicas de TPM exigem dos gestores foco e estratégias bem definidas a fim de atingir as metas estabelecidas, para tanto Moraes (2004) apresenta as mais importantes características para desenvolvimento adequado da Manutenção Preventiva Total:

- Entender que a manutenção é uma atividade necessária para a geração de lucros;
- Integrar e otimizar as políticas já existentes como o objetivo de aprimorar a eficácia total dos equipamentos;
- Promover e incentivar o envolvimento dos colaboradores com as práticas de manutenção, tornando-a espontânea.

Apesar do fato de que cada organização possui suas particularidades, para Moraes (2004) há oito pilares que devem ser considerados antes a implementação da metodologia TPM, são eles:

- Melhoria específica;

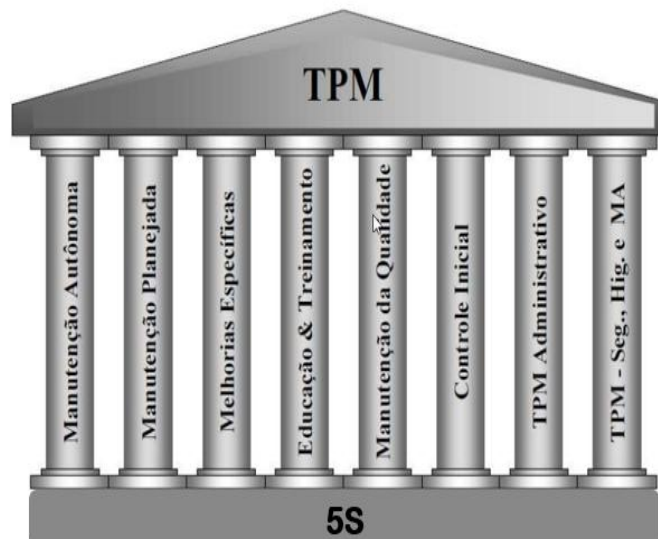
- Manutenção autônoma;
- Manutenção planejada;
- Treinamentos;
- Gestão antecipada;
- Manutenção da qualidade;
- Segurança, saúde e meio ambiente;
- Melhoria dos processos.

De forma simples os pilares da estratégia TPM têm por finalidade ser a base sólida para sua boa implementação e resultados

...as organizações que adotam o TPM devem concentrar seus esforços em eliminar as principais causas relacionadas as perdas, de maneira a atingir a eficiência global do equipamento. Assim, é simples entender o foco da metodologia em capacitar os operadores para que conduzam a manutenção de forma espontânea e trabalhem proativamente para a melhoria das condições equipamentos, aliando a isso, a capacitação da equipe de manutenção para que seja multifuncional, atuando na busca permanente de economias, seja através de reprojotos, seja através da eliminação dos obstáculos à produção (COSTA, 2013).

A figura 3 mostra os 8 pilares da TPM:

Figura 3 - 8 Pilares da TPM



Fonte: Página Laboneconsultoria

Moro (2017) destaca que alguns recursos são necessários para realizar uma manutenção, tais como:

- Recursos materiais - equipamentos de teste e de medição, ferramentas adequadas, espaço físico satisfatório, ente outros.
- Recursos de mão-de-obra - dependendo do tamanho da empresa e da complexidade da manutenção aplicada, há a necessidade de uma equipe formada por profissionais qualificados em todos os níveis;
- Recursos financeiros - necessários para uma maior autonomia dos trabalhos;
- Recursos de informação - responsável pela capacidade de obter e armazenar dados que serão a base dos planos de manutenção (NORO, 2007).

2.1.3. Evolução da Gestão

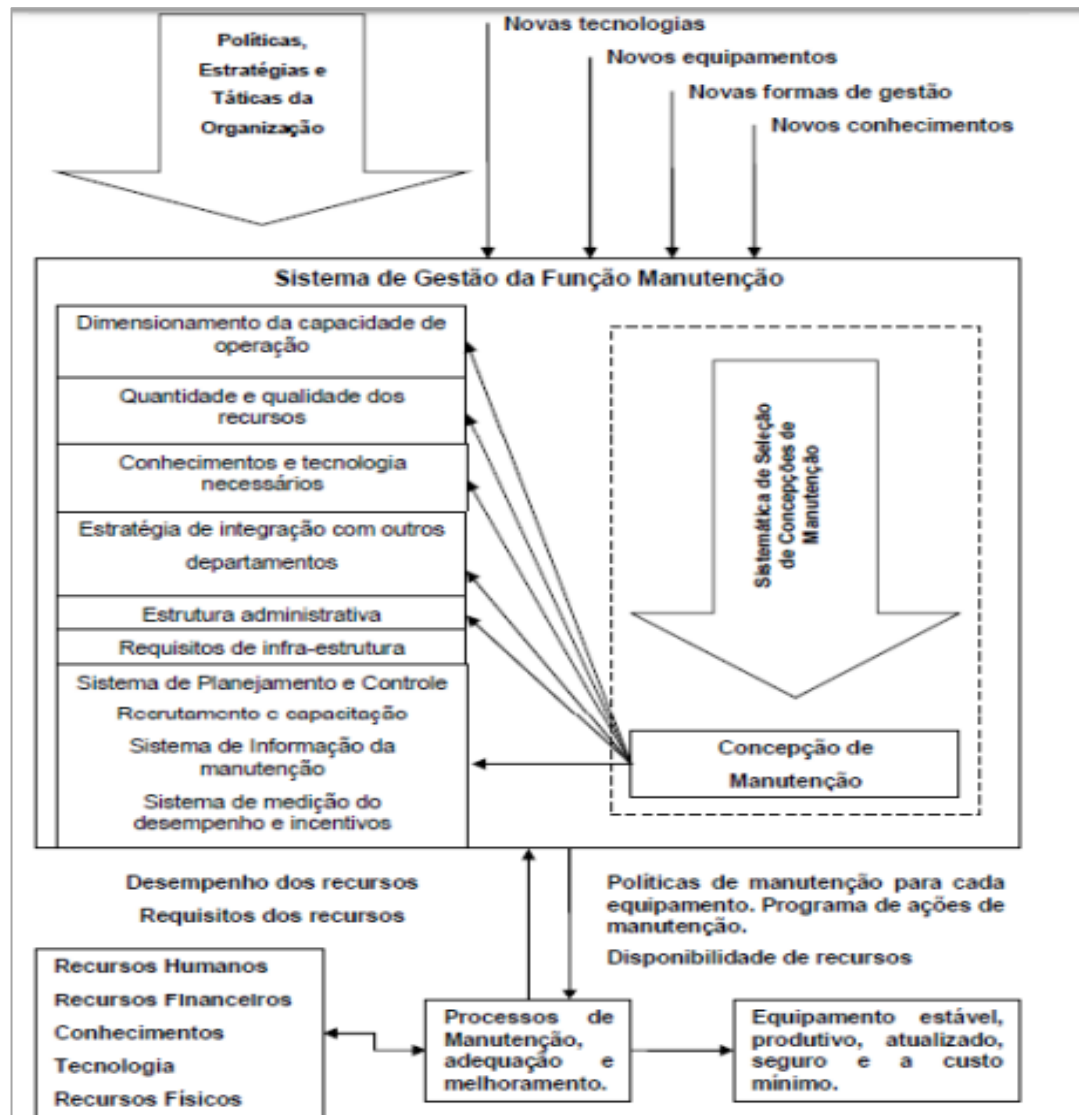
Frente as mudanças tecnológicas, altas taxas de produtividade e exigência por padrões de qualidade impostos ao setor industrial, a manutenção alcançou posto de destaque uma vez que reflete diretamente no desempenho operacional de uma organização, fazendo com seja necessário a gestão da manutenção.

Kardec e Nascif (2009) colocam que atividades de manutenção devem deixar de ser eficientes para tornarem-se eficazes, pois não basta apenas reestabelecer o funcionamento dos equipamentos de maneira ágil, mas, essencialmente manter os equipamentos disponíveis evitando falhas e possíveis paradas de produção por indisponibilidades dos mesmos.

Tavares (2005) faz alusão ao fato de que os gestores de manutenção necessitam planejar e agir de forma sistêmica dentro de suas organizações, de tal forma que o planejamento, a execução e o controle da manutenção sejam oportunos a maximização do uso dos equipamentos e aumento de lucros à organização.

A figura 4 a seguir utilizada por Fuentes (2006) permite a criação de um modelo para organizar o conhecimento e definir o mais adequado sistema de gestão da manutenção para uma organização.

Figura 4- Organização do conhecimento para definição do melhor sistema de gestão da manutenção



Fonte: Adaptado de CURY NETTO, W. A. (2008).

Segundo Cury Netto (2008) nenhuma variante das manutenções exclui a outra, para melhoramento da performance gerencial cabe realizar a associação de ambas as tipologias; uma vez executadas concomitantemente é possível aumentar a confiabilidade

do modelo de gestão e garantir a disponibilidade dos equipamentos utilizados na cadeia produtiva.

Isto posto, a implementação e desenvolvimento adequado da gestão de manutenção abandona o status de gasto adicional e passa a ser considerada um fator estratégico para a redução dos custos totais de produção.

2.6.1 O Planejamento da Manutenção

O processo de manutenção é caro e exige políticas específicas de planejamento. Dessa forma, o plano de manutenção deve fornecer bases para o acompanhamento eficaz da manutenção (BELHOT e CAMPOS, 1995, *apud* COSTA, p. 15) ainda de

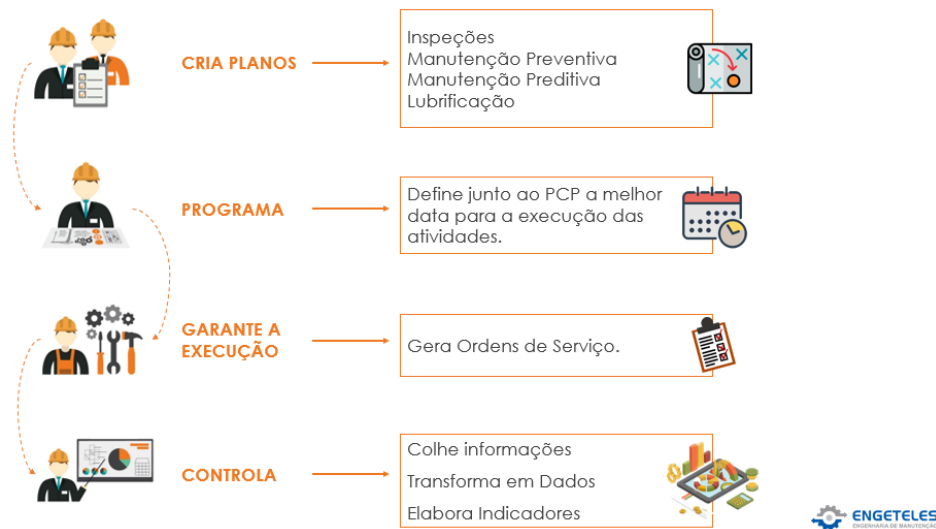
O nível de eficiência da manutenção também está relacionado aos recursos colocados à disposição dos mecânicos. Fica difícil exigir serviços de boa qualidade e de alto grau de eficiência sem se dispor das ferramentas e equipamentos necessários. Geralmente, essa condição leva à obtenção de serviços de má qualidade e de maior custo na substituição de partes danificadas. (GUERRA, 1992 *apud* MEIRELES, 2021, p. 16)

Para Belhot e Campos (1998), um plano de manutenção eficaz deve contemplar:

- Estudo das condições reais dos equipamentos;
- Análise de falhas e defeitos observados;
- Análise de um sistema de lubrificação;
- Definição do número mínimo de peças em estoque;
- Estudo das ferramentas especiais necessárias à manutenção e ao conserto dos equipamentos;
- Estudo das possíveis modificações nas instalações, produtos e ferramentas para se conseguir uma manutenção mais fácil e rápida;
- Estudo das possíveis modificações de layout para se evitar perda de tempo

A figura 5 mostra um esquema de planejamento da manutenção

Figura 5 - Planejamento da manutenção



Para Nunes e Valladares (2008) a função manutenção atende a três categorias de clientes; a primeira é composta por empresários que anseiam o retorno dos investimentos realizados em ativos físicos, a segunda classe abrange aos usuários que esperam desempenho e funcionamento adequado desses ativos e finalmente a sociedade que requer altos padrões de qualidade atrelados ao desenvolvimento econômico sustentável.

Ressalta-se ainda que a gestão da manutenção se inicia nas fases iniciais de concepção da linha de produção e deve abranger todas as atividades do ciclo produtivo; para gerir adequadamente a manutenção cabe aos gestores a coordenação e controle de recursos necessários para execução dessas tarefas. (SOUZA, 2008).

2.6.2 A Importância da Gestão da Manutenção e o Impacto Causado pela falta de Manutenção

A manutenção utilizada como ferramenta estratégica sustenta a confiabilidade, disponibilidade e qualidade dos produtos; assegurando então a otimização dos processos produtivos e os resultados alcançados pela organização.

De acordo Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) em 2009 o investimento da indústria em manutenção equivaleu a 4,14% do PIB daquele ano, o fato

evidenciou que as atividades voltadas a manutenção não devem ser percebidas apenas como reparos e sim como tarefas de planejamento, administração e investimento.

Todos os segmentos industriais demandam por reparos, já que o período de utilidade dos equipamentos afeta diretamente a produção, o que pode gerar mais custos operacionais, consequente aumento do valor do produto (NUNES,2001).

As falhas em equipamentos podem representar grandes perdas econômicas e humanas, apresentando, em muitos casos, comprometimentos significativos para a imagem institucional das empresas. Na literatura especializada podem ser encontrados alguns exemplos de ocorrências de falhas, com repercussões trágicas para as organizações envolvidas e para o ambiente físico e social, tais como: Bhopal, Chernobil, Challenger, Virginia Electric and Power Company, Three Miles Island. Essas ocorrências confirmam a relevância, nos dias de hoje, de se considerarem estratégicos os aspectos de segurança e de conservação do meio ambiente na manutenção (NUNES,2001)

Kardec e Nascif (2009) ainda afirmam que o empresariado brasileiro atua de acordo com um paradigma do passado em que as operações de manutenção são apenas bem-vistas quando executam um reparo adequado; as organizações inseridas neste contexto não compreendem a necessidade de planejamento e administração das manutenções em diferentes fases dos processos.

Nunes e Valladares (2008) explicitam que:

Em linhas gerais, pode-se afirmar que toda evolução tecnológica dos equipamentos, processos e técnicas de manutenção, a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão, o desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas consequências, a dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios, o desenvolvimento de novas técnicas, e, conseqüentemente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente às despesas globais, transformaram a gestão da manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial(NUNES ; VALLADARES, 2008)

Otani e Machado(2008) colocam que diante da conscientização das empresas sobre a importância da gestão da manutenção, as empresas têm realizado estratégias de gestão da manutenção, entretanto é importante estudar e entender o tipo de manutenção que a empresa necessita para que seja possível uma otimização de tempo e custo, ou seja, a ideia é que a manutenção não seja apenas uma forma de evitar problemas e garantir a sobrevivência empresarial, mas também, espera-se que esta possibilite o crescimento e expansão da organização.

Os mesmos autores colocam que no Brasil, a manutenção corretiva e não planejada e manutenção corretiva em excesso conforme mostra no quadro abaixo:

Quadro 4- Nível de atuação no Brasil

Tipo de Manutenção	%
Manutenção Corretiva	28
Manutenção Preventiva	36
Manutenção Preditiva	19
Engenharia de Manutenção	17

Fonte: Otani; Machado (2008)

Para que a empresa tenha um bom funcionamento a nível de manutenção, mudanças são necessárias, é necessária uma gestão de manutenção através de medidas focadas em manutenção preditivas, a manutenção preventiva deve ser reduzida (OTANI; MACHADO,2008).

Lemos et al. (2011) colocam que a forma com que a manutenção é organizada pela engenharia, afeta diversos fatores, tais como velocidade, flexibilidade, confiabilidade, custos e qualidade conforme o quadro a seguir:

Quadro 5 – Mudanças ocasionadas pela manutenção

Tipo de desempenho	Definição	Modo pelo qual é afetado
Velocidade	A disponibilidade é definida pela ABNT (1994) em sua norma NBR 5462 como sendo a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um	Quanto menor for a disponibilidade de um ativo, mais tempo o consumidor precisará esperar.

	dado instante ou durante um intervalo de tempo.	
Flexibilidade	A capacidade dos sistemas produtivos responderem eficazmente a mudanças decorrentes de flutuações e incertezas no ambiente produtivo.	A função manutenção pode contribuir na medida em que seu planejamento contempla as ameaças e oportunidades oriundas das várias formas de flexibilidade.–
Confiabilidade	É a segurança e confiança de que os processos serão executados da maneira prevista	A atuação da manutenção influencia a confiabilidade dos processos produtivos. Paradas não programadas podem ter efeitos catastróficos sobre os negócios, implicando em atrasos de entregas, insatisfação dos clientes e perda de competitividade.
Custo	Quanto menor o custo de produzir seus bens e serviços, menor pode ser o preço a seus consumidores	Mais manutenção não significa melhor manutenção, ou seja, uma função manutenção mal organizada ou controlada poderá implicar em elevação dos custos de manutenção e conseqüentemente, produtos finais mais caros e menos competitivos
Qualidade	Eficiência dos serviços e operações realizadas.	Cabe a manutenção fazer a coordenação dos diversos subsistemas fornecedores, aí incluídos a engenharia e o suprimento de materiais, entre outros, de modo que o cliente interno principal, que é a operação, tenha a instalação de acordo com as necessidades da organização para atingir suas metas

		empresariais, entre elas a qualidade dos produtos e serviços
--	--	--

Fonte: O Próprio autor (2011)

Moro (2007) cita os benefícios de uma gestão eficaz de manutenção, já que a falta de manutenção pode levar a inúmeros prejuízos:

- Diminuição ou interrupção da produção;
- Atrasos nas entregas;
- Perdas financeiras;
- Aumento dos custos;
- Rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- Insatisfação dos clientes
- Perda de mercado

Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de focar na manutenção a nível alto de gerência, pois até recentemente, sabe-se que os gestores ignoravam a importância da manutenção, ou entendiam esta como um custo a ser evitado (MORO,2007).

2.2. Indicadores

De acordo com Campos (2004), conforme citado por Moura (2019, p. 47) a gestão só é possível quando temos medidas para acompanhar, por este motivo os indicadores são essenciais para avaliar a posição atual e os objetivos da organização. Os indicadores devem refletir de forma precisa o controle dos processos que têm um impacto real nos resultados da organização.

Indicadores em termos de manutenção corresponde a medidas utilizadas para avaliar e monitorar o desempenho das atividades de manutenção, auxiliam com informações valiosas a respeito da eficiência, eficácia e confiabilidade dos ativos, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos de manutenção. Visto que possibilita monitorar o desempenho, classificar problemas, além de servir de apoio nas escolhas das decisões fundamentadas e implementar melhorias contínuas nos processos de manutenção, resultando em maior confiabilidade, disponibilidade e eficiência dos equipamentos. Existem diferentes tipos de indicadores de manutenção e alguns deles serão descritos a seguir.

2.2.1. KPI (Key Performance Indicator - Indicador-chave de Desempenho)

O KPI segundo Moura (2019, p. 48) “são indicadores finais de como uma seção ou departamento ou a manutenção está em relação às metas da empresa ou dos proprietários do ativo”, ou seja, é uma métrica específica usada para medir o progresso em relação a metas e objetivos estabelecidos que podem variar conforme as necessidades e prioridades da empresa, englobando parâmetros como tempo de atividade, custos, qualidade e produtividade.

2.2.2. MTBF (Mean Time Between Failures - Tempo Médio entre Falhas)

O MTBF é outro indicador, sendo que este mede o tempo médio decorrido entre as falhas de um equipamento, no qual fornece uma estimativa da confiabilidade de um ativo de forma a auxiliar a determinar a periodicidade de falhas e a necessidade de intervenção preventiva.

A aplicação desse indicador é dada a partir do momento em que os equipamentos tenham algum tipo de reparo após evidências de falhas (TAVARIS, 1999 *apud* SADDI et al., 2018, p. 9), que segundo Viana (2002 *apud* SADDI et al., 2018, p. 9) justifica “que a serventia deste índice é observar o comportamento da maquinaria, diante das intervenções, ainda afirma que este valor deve aumentar com o passar do tempo, pois é um sinal de que o número de corretivas vem diminuindo. ”

2.2.3. MTTR (Mean Time To Repair - Tempo Médio entre Falhas)

O MTTR refere-se a um indicador que mede o tempo médio necessário para reparar um equipamento após uma falha, ou seja, indica a eficiência do processo de reparo e influencia diretamente a disponibilidade do equipamento. De acordo com Filho (2006) citado por Moura (2019, p. 50) “este índice aponta a média dos tempos que a equipe de manutenção leva para repor a máquina em condições de operar desde a falha até o reparo ser dado como concluído e a máquina ser aceita como em condições de operar.”

2.2.4. OEE (Overall Equipment Efficiency - Eficiência Global dos Equipamentos)

O OEE é um indicador abrangente que mede a eficácia global de um equipamento ou linha de produção. Ele leva em consideração fatores como disponibilidade (tempo disponível para operação), desempenho (velocidade e taxa de produção) e qualidade (taxa de produtos defeituosos).

O OEE fornece uma visão geral do desempenho do equipamento e ajuda a identificar áreas de melhoria, além de possibilitar que a gerência tenha uma visão macro da vitalidade dos equipamentos usados nas suas organizações e ter conhecimento em como este indicador pode afetar os resultados, tornando possível a melhor realocação de seus insumos/ recursos dentro do processo. (ISA, 2023)

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no decorrer da pesquisa foi através de um estudo de caso ocorrido em uma fábrica localizada em Manaus do ramo eletroeletrônico de produção de placas eletrônicas. Com o intuito de analisar a aplicação da manutenção preventiva, manutenção preditiva e Total Productive Maintenance (TPM) no contexto da fabricação de um módulo de teste em uma fábrica do ramo eletroeletrônico.

O estudo foi realizado por meio da análise de informações obtidas a partir de documentos e relatórios disponibilizados pela empresa, além de conversas com funcionários envolvidos no grupo responsável pela implementação do cronograma para solucionar o problema. Essa abordagem teve como objetivo contribuir para o

conhecimento, respeitando questões éticas ao manter em sigilo os nomes das pessoas e da empresa. A coleta de informações desempenhou um papel fundamental ao reunir dados relevantes para as conclusões e descobertas do estudo.

O estudo visa investigar o problema identificado pela fábrica, que constatou um aumento no índice de falhas falsas no processo de produção do módulo de teste à medida que a demanda aumentava. Nesse sentido, busca-se estabelecer uma conexão entre a aplicação dessas abordagens de manutenção e o aprimoramento dos processos de produção, com foco especial na TPM.

A manutenção preventiva será considerada como uma estratégia para evitar a ocorrência de falhas falsas, por meio da realização de inspeções programadas, limpezas, calibrações e substituições de componentes. A manutenção preditiva será explorada como uma forma de monitorar continuamente as condições dos equipamentos, a fim de identificar antecipadamente os problemas que levam a essas falhas, utilizando técnicas de análise de vibração, análise de óleo, termografia, entre outras.

No entanto, o principal destaque deste estudo recai sobre a TPM, uma abordagem abrangente que envolve a participação de todos os níveis da organização. Serão investigados os aspectos relacionados à gestão da manutenção, qualidade e otimização dos processos, bem como o treinamento dos funcionários envolvidos na produção do módulo de teste. Pretende-se demonstrar como a implementação da TPM pode contribuir significativamente para a redução do índice de falhas falsas, promovendo uma maior eficiência e confiabilidade do processo de produção.

O problema foi identificado pela equipe da qualidade, juntamente com suporte da equipe de engenharia de teste e engenharia de processo que identificaram que o índice de falsas falhas no processo do produto módulos inteligentes, mas especificamente em um dos testes, estava crescente conforme aumentava a demanda do produto.

Conforme informações da qualidade a respeito do aumento no índice de falsas falhas e reafirmado pela engenharia de teste, visto que determinado teste não alcançava as quantidades de módulos a serem testados por hora, com isso resultava em perda de produção diária, pois os testes posteriores também ficavam prejudicados, além de que

como ação provisória era necessário fazer revezamento entre intervalos para que atingisse a produção diária.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Introdução

O estudo foi realizado em uma linha de produção de módulos inteligentes que suportam tecnologias 2G, 3G, LTE e IoT, a pesquisa teve como base o ponto de vista da equipe de engenharia de teste, setor responsável pelas manutenções e configuração dos equipamentos de teste no processo.

A metodologia utilizada para buscar informações foi por intermédio de pesquisa exploratória que nas palavras de Prodanov (2013) é quando a pesquisa está caracterizada na fase inicial objetiva disponibilizar conhecimento por um determinado assunto a ser investigado, que afirma que favorece “a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto.”

Através dessa análise, busca-se fornecer insights valiosos à fábrica de eletroeletrônicos, oferecendo recomendações e orientações para melhorar a gestão da manutenção, a eficiência dos processos e a qualidade dos módulos de teste fabricados. A pesquisa tem como objetivo contribuir para a compreensão dos benefícios da combinação da manutenção preventiva, manutenção preditiva e, especialmente, a TPM (*Total Productive Maintenance*) na indústria eletroeletrônica.

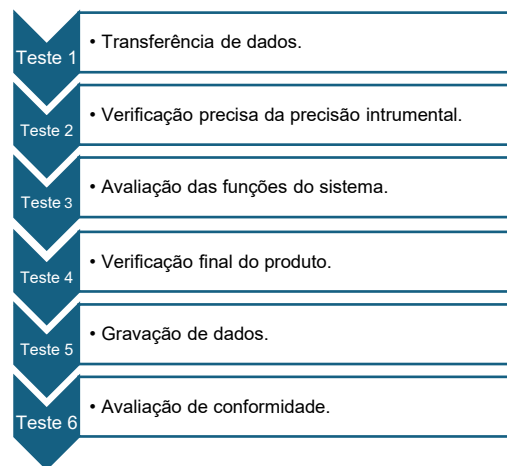
4.2. Temática

De forma geral foram feitas observações, anotações e coletas de informação disponibilizadas junto com funcionários do setor de teste com a finalidade de entender a causa raiz do problema, a princípio a situação foi relatada pelo time de qualidade que tem como uma de suas responsabilidades acompanhar os indicadores de defeitos e reparo no processo, no qual identificaram que em algumas estações de teste que será

denominada de teste 2 e teste 3 o índice de falsas falhas tiveram valores crescentes a partir de fevereiro.

A figura 6 mostra a sequência de testes realizadas no processo:

Figura 6 – Fluxograma de teste



Fonte: O Próprio autor (2023)

Essa falsa falha diz respeito a uma circunstância que pode ocorrer tanto no equipamento quanto no sistema em que ele opera, no qual fica evidenciado como algum tipo de falha ou mau funcionamento, porém no cenário real não há problema.

Essa situação pode ocorrer devido a várias razões, como uma interpretação equivocada dos sintomas de falha, uma falha temporária que se resolve por si mesma, uma falha de comunicação ou uma detecção inadequada por parte do sistema de monitoramento. Falsas falhas no processo podem levar a operações de manutenção desnecessárias, interrupção indevida da produção e desperdício de recursos.

4.3. Dados coletados

Um dos dados utilizados pela empresa é o indicador FPY (First Pass Yield) também conhecido como taxa de qualidade é um indicador de qualidade que mede a eficiência de um processo de produção ou fabricação, calculando a proporção de unidades ou produtos que são produzidos corretamente na primeira tentativa, sem a necessidade de retrabalho, refugos ou reprovações (CYRINO, 2018).

Um FPY alto indica que a maioria das unidades ou produtos é produzida corretamente na primeira tentativa, o que indica um processo robusto e eficiente. Por outro lado, um FPY baixo sugere que há problemas significativos no processo, resultando em retrabalho, desperdício de materiais e custos adicionais.

A sequência dos quadros abaixo apresenta o top três dos modelos que apresentaram maiores índices de falsos defeitos de acordo com dados fornecidos pelo time de qualidade:

Quadro 6 – FPY Modelo X

	Processo	Input	NG qty	NDF qty	Fail qty	FPY rate	NDF rate	Yeld rate	Target
Modelo X	Teste 1	4726	78	78	0	98,35%	1,65%	100,00%	
	Teste 2	3945	381	376	5	90,34%	9,53%	99,87%	
	Teste 3	3933	455	452	3	88,43%	11,49%	99,92%	
	Teste 4	3118	55	54	1	98,24%	1,73%	99,97%	
	Teste 5	3097	12	10	2	99,61%	0,32%	99,94%	
	Teste 6	3088	43	42	1	98,61%	1,36%	99,97%	

Fonte: Adaptado da empresa (2023)

Os quadros apresentaram o First Pass Yield (FPY) com uma taxa elevada de Non-Defective Failure (NDF) para as estações de teste 2 e 3 de acordo com conversa com algumas pessoas esses índices eram repassados semanalmente, porém devido aos altos índices de defeitos esse relatório passou a ser enviado três vezes na semana por conta do impacto que estava prejudicando diretamente a produção, esses dados evidenciaram que essas estações testes 2 e 3 apresentam um alto número de produtos que não estão passando no teste, apesar de não apresentarem defeitos reais essa informação veio com a confirmação do time de reparo que é a equipe quem faz as análises do produto com defeito.

Quadro 7 – FPY Modelo Y

	Processo	Input	NG qty	NDF qty	Fail qty	FPY rate	NDF rate	Yeld rate	Target
Modelo Y	Teste 1	4996	12	11	1	99,76%	0,22%	99,98%	
	Teste 2	4326	482	482	0	88,86%	11,14%	100,00%	
	Teste 3	3668	388	387	1	89,42%	10,55%	99,97%	
	Teste 4	3593	24	24	0	99,33%	0,67%	100,00%	
	Teste 5	3534	37	32	5	98,95%	0,91%	99,86%	
	Teste 6	3409	0	0	0	100,00%	0,00%	100,00%	

Fonte: Adaptado da empresa (2023)

Isso pode indicar um problema nas estações de teste 2 e 3, como um critério de teste muito rigoroso ou inadequado, falhas no equipamento de teste ou problemas na interpretação dos resultados.

Quadro 8 – FPY Modelo Z

	Processo	Input	NG qty	NDF qty	Fail qty	FPY rate	NDF rate	Yeld rate	Target
Modelo Z	Teste 1	1205	6	6	0	99,50%	0,50%	100,00%	
	Teste 2	1201	134	123	11	88,84%	10,24%	99,08%	
	Teste 3	1193	158	149	9	86,76%	12,49%	99,25%	
	Teste 4	1192	2	1	1	99,83%	0,08%	99,92%	
	Teste 5	1045	13	13	0	98,76%	1,24%	100,00%	
	Teste 6	1026	5	3	2	99,51%	0,29%	99,81%	

Fonte: Adaptado da empresa (2023)

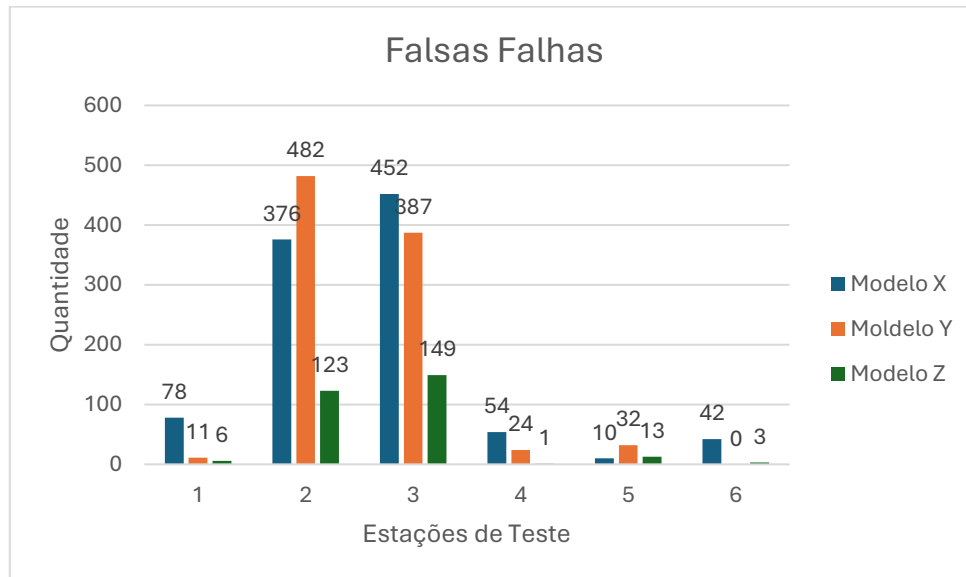
A partir do gráfico abaixo pode-se notar que a quantidade de falsas falhas ocorridas em cada estação nomeadas de 1 até 6 que representa a ordem e números de testes que ocorrem no processo.

No gráfico disponibilizado pela empresa, o gráfico mostra que as estações 2 e 3 apresentam as maiores quantidades de falsas falhas.

Isso indica que essas estações são os pontos de atenção no processo, pois são responsáveis por um número significativamente maior em comparação com as outras estações. Esses valores podem e resultam em interrupções na produção, atrasos e perda de qualidade.

A partir destas informações a equipe de engenharia de teste pôde direcionar seus esforços para investigar e buscar a melhor maneira de diminuir as causas das falsas falhas nessas estações. Baseando-se em análises, identificação de problemas específicos, revisão de procedimentos, manutenção preventiva, treinamento dentre outras ações corretivas.

Com objetivo de reduzir esse número, melhorar a eficiência do processo e aumentar a qualidade do produto, o gráfico fornece uma visualização clara das áreas problemáticas, ajudando na tomada de decisões e priorização de ações de melhoria.

Gráfico 1 – Falsas Falhas x Teste.

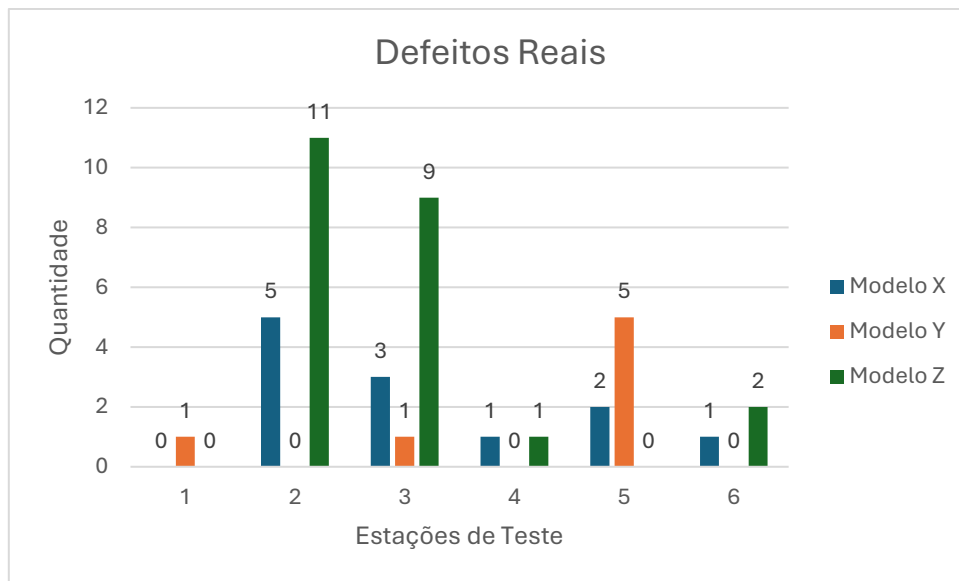
Fonte: Adaptado da empresa (2023)

No gráfico a seguir demonstra que as estações 2 e 3 têm as maiores quantidades de defeitos reais em relação às outras estações, no entanto, é importante notar que, em relação ao número de falsas falhas, o número de defeitos nessas estações é menor.

Isso indica que embora as estações 2 e 3 apresentem uma alta quantidade de defeitos, a proporção de falsas falhas (falhas relatadas, mas que não são verdadeiros defeitos) é maior do que o número real de defeitos encontrados.

Essa informação foi de extrema importância para a equipe de teste responsável por fazer as manutenções no processo, pois indica que pode haver uma tendência de relatar falsas falhas nessas estações.

Isso pode ser resultado de erros na identificação ou classificação dos defeitos, falhas nos procedimentos de inspeção ou outros fatores que levam a relatórios incorretos de defeitos.

Gráfico 2 –Defeitos Reais x Teste.

Fonte: Adaptado da empresa (2023)

4.4. Tratamento dos dados coletados

Perante os dados levantados além de *e-mails* a empresa trabalha com *CA Meeting* (Reunião de Controle de Alterações) que são reuniões semanais organizadas pelo time de Qualidade mais especificamente sob o comando do analista da qualidade de acordo com o projeto, nesta reunião participam integrantes dos setores de engenharias de processo e teste, planejamento, manufatura e reparo.

Com conversas com alguns integrantes que participam dessa reunião foi relatado que são discutidos os pontos pertinentes aos indicadores de defeitos, falsas falhas e reparo dentre outras tratativas que podem ser acionadas pelo cliente. Nela são tomadas decisões sobre propostas de como melhorar o processo avaliando sua viabilidade, impacto, riscos e benefícios.

Os participantes discutem os aspectos técnicos e operacionais das propostas, levando em consideração os objetivos e requisitos estabelecidos. A reunião também pode abordar questões como cronograma, recursos necessários e responsabilidades.

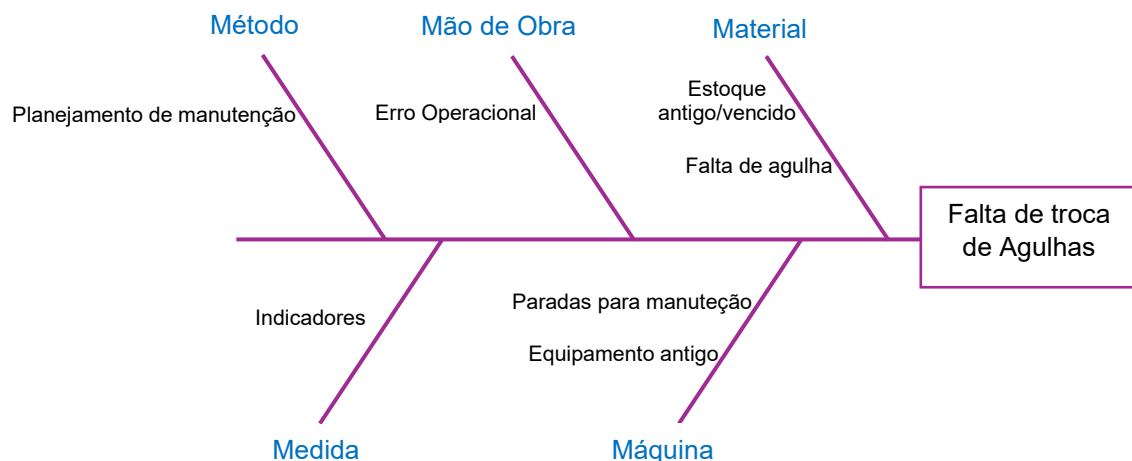
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Mediante tal situação o time de engenharia de teste aplicou algumas ações e para isso teve o suporte de algumas ferramentas e metodologias como, por exemplo, Ishikawa. Foi intensificado o treinamento dos operadores quanto ao manuseio dos equipamentos, e quanto ao uso dos equipamentos ESD por meio de check list diário verificados pelos líderes de MFG além disso o início da implementação da TPM.

Para o Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de espinha de Peixe foram relacionadas as seguintes causas: material, mão de obra, método, máquina e medida. Foram checadas as seguintes etapas:

1. Estoque de agulhas e movimentação do material;
2. Manuseio de equipamento pelos testadores;
3. Cronograma de manutenção;
4. Etapas do processo produtivo;
5. Índices de produção.

Figura 7 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado da empresa (2023)

Até o momento uma das causas principais mostrou ser referente às agulhas do teste que estavam desgastadas e precisavam ser trocadas. Dentro dessa premissa também foi identificado que o lote que estava disponível no estoque para manutenção, algumas agulhas estavam enferrujadas, impossibilitando o uso e reduzindo a quantidade disponível, para esta tratativa o departamento competente entrou em contato com o fornecedor para fazer a troca das agulhas.

Devido a entrada de novos testadores, foi realizado treinamento dos testes e pontuado a importância do uso de materiais ESD além de como deve ser preenchido o *check list* pelo time e engenharia de processo.

A respeito da substituição das agulhas, ocorre quando se identifica a presença de dois tipos de defeitos: desgaste da ponta, resultando em achatamento como na figura 8 onde antes era pontiaguda e quebra da mola interna. Esse achatamento se dá num primeiro momento, pela quantidade de testes efetuadas por elas em um curto espaço de tempo, como por exemplo, mil testes somando-se dois turnos de trabalho.

O *fixture* usado pelo colaborador para teste se vale de uma alavanca manual que é acionada por ele para pressionar o módulo nas agulhas de teste, pressão essa preestabelecida para que não danifique o módulo. Os módulos são colocados dentro do berço (figura 9), e quando a alavanca pressiona o módulo para baixo, ele entra em contato com as agulhas uniformemente, de forma que os pontos importantes para aquele teste específico possam ser tocados e então realizado os testes.

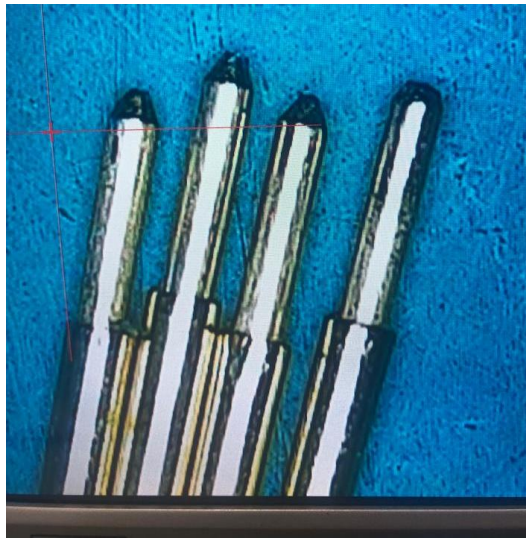
Essas agulhas de teste se valem de molas internas que são responsáveis pelo amortecimento do contato do módulo com as pontas das agulhas de teste, que no início de sua vida útil, tem a forma de lança, mas com o decorrer do tempo, suas pontas aderem o formato mostrado na figura 8, ficando de forma achatada e arredondada.

O maior problema quando a ponta da agulha fica dessa forma é que ela não desempenha mais seu papel de maneira eficiente por causa que sua capacidade de conduzir fica comprometida pela perda de material condutor na ponta de contato. Também se constatou o problema ocasionado pela quebra da mola interna, fazendo com que a parte superior da agulha não fique mais suspensa, impossibilitando o contato da agulha com o módulo de teste.

O defeito visto na mola interna em uma agulha de teste ocorre quando a mola responsável pela movimentação da agulha não está funcionando corretamente. Isso pode resultar em falhas de contato com o módulo, dificuldade em obter uma leitura precisa ou até mesmo danos ao dispositivo de teste. A solução desse problema requer a verificação e substituição da agulha defeituosa, visto que não é possível a recuperação da mola.

O diagnóstico é feito exclusivamente pela equipe de engenharia de teste. Ele se dá num primeiro momento pela conferência do estado em que se encontra a agulha através de uma lupa de mesa. Um membro da equipe retira a agulha com uma pinça e faz a primeira inspeção. Já a segunda e definitiva é realizada utilizando a lupa eletrônica da equipe de qualidade, a mesma que foi utilizada para tirar a foto da Figura 8, onde é constatado de forma clara por sua ampliação de imagem que a ponta de agulha está avariada, sendo responsável por falsas falhas e necessitando ser substituída.

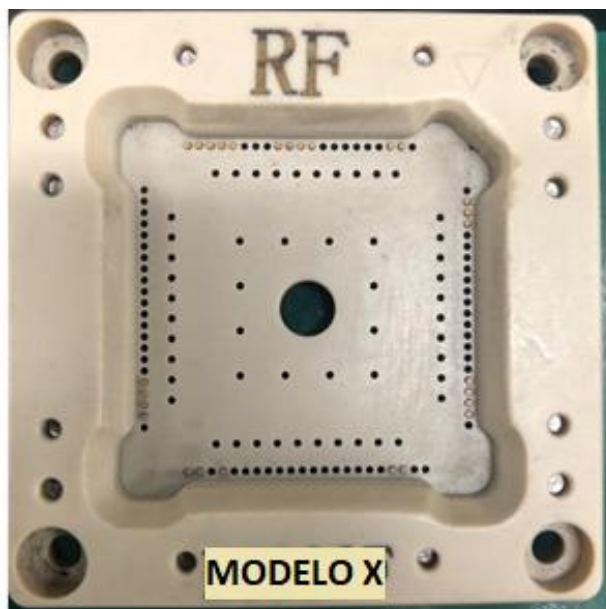
Figura 8 – Agulhas achatadas



Fonte: Adaptado da empresa (2023)

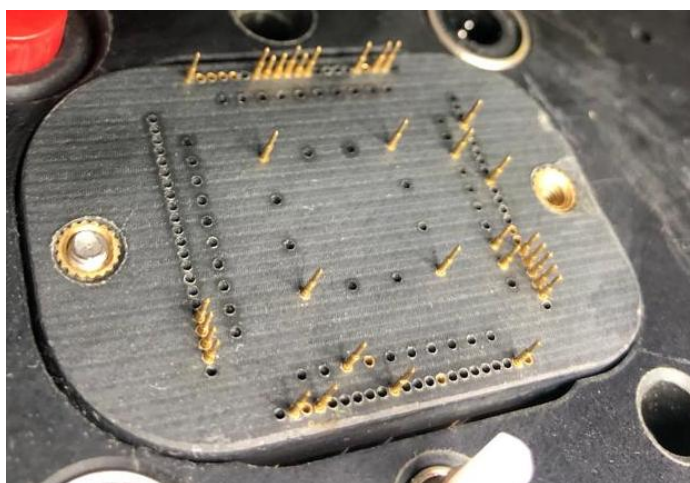
Todas as agulhas são fixadas em uma estrutura denominada "berço" como mostra na figura 9, composta por até quatro camadas dependendo da configuração do dispositivo, onde as agulhas são posicionadas. A configuração posicional das agulhas dentro do berço varia de acordo com o módulo de teste em produção como mostra a figura 10.

Figura 9 – Berço



Fonte: Adaptado da empresa (2023)

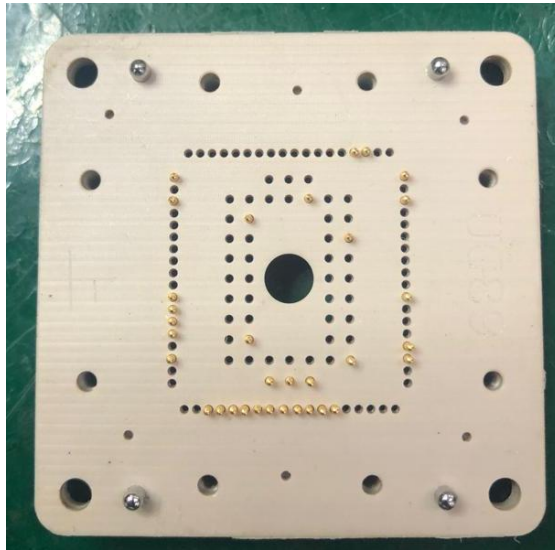
Figura 10 – Configuração posicional de agulhas modelo X



Fonte: Adaptado da empresa (2023)

Quando há necessidade de substituir uma ou mais agulhas, o berço é removido do dispositivo de teste e desmontado para permitir o acesso às agulhas de teste como mostra a figura 11. Nesse momento, a agulha em questão é cuidadosamente retirada com o auxílio de uma pinça, e outra agulha é colocada no seu lugar.

Figura 11 – Berço desmontado



Fonte: Adaptado da empresa (2023)

A limpeza da placa, especialmente a EVB (Evaluation Board), desempenha um papel fundamental no processo de manutenção e cuidado desses componentes eletrônicos. A EVB é uma placa específica projetada para avaliar e testar o desempenho de um componente ou sistema eletrônico. Para garantir o seu funcionamento adequado e prolongar sua vida útil, é essencial realizar a limpeza regularmente.

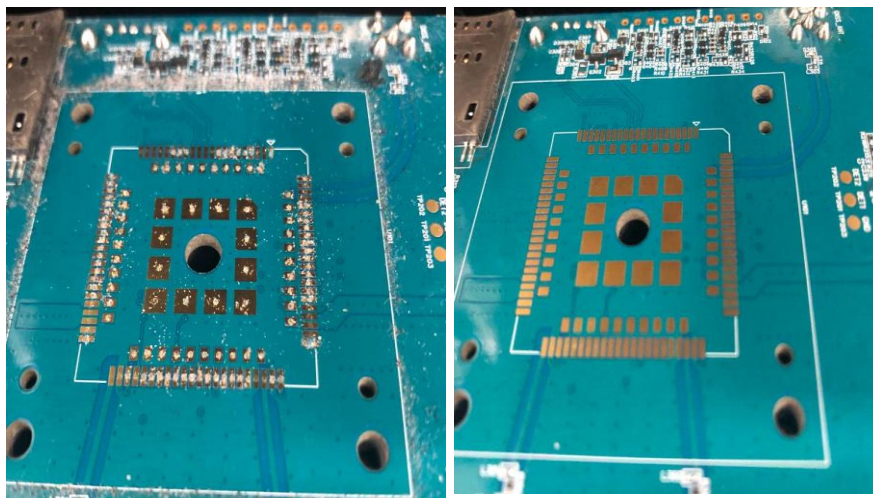
A limpeza da placa EVB envolve a remoção de poeira, sujeira e resíduos que podem se acumular na superfície e nos componentes da placa. Esses resíduos podem ser provenientes do ambiente, como partículas suspensas no ar, poeira ou até mesmo resíduos de fluxo de solda. Com o tempo, esses materiais podem se depositar na placa e comprometer seu desempenho. A presença de resíduos na placa EVB pode levar a vários problemas. Primeiramente, eles podem interferir na conexão adequada dos componentes, causando mau contato ou até mesmo falhas de funcionamento. Além disso, a presença de poeira e sujeira na superfície da placa pode causar curtos-circuitos, resultando em danos permanentes aos componentes eletrônicos. Isso pode levar à necessidade de substituição desses componentes, resultando em custos adicionais e tempo de inatividade.

Para realizar a limpeza da placa EVB de forma adequada, é importante seguir algumas diretrizes. Antes de tudo, certificar de desenergizar e desconectar a placa de qualquer fonte de energia. Utilizar de pano macio e antiestático, juntamente com produtos de limpeza adequados para remover suavemente a poeira e a sujeira da superfície da placa, além de evitar o uso de materiais abrasivos que possam danificar os componentes ou a camada protetora da placa.

A frequência da limpeza da placa EVB depende do ambiente em que ela é utilizada. Em ambientes com maior exposição a poeira, partículas ou fatores que possam afetar a qualidade da conexão e do desempenho dos componentes, a limpeza deve ser realizada com mais regularidade.

Em resumo, a limpeza regular da placa EVB é essencial para garantir seu funcionamento adequado, prolongar sua vida útil e evitar problemas relacionados a falhas de conexão, curtos-circuitos e danos aos componentes eletrônicos. Seguir as diretrizes adequadas de limpeza e utilizar os produtos corretos são medidas importantes para manter a integridade e o desempenho da placa, contribuindo para resultados mais confiáveis e duradouros nos testes e avaliações realizados.

Figura 12 – Placa EVB antes e depois



Fonte: Adaptado da empresa (2023)

Como forma de iniciar a TPM na empresa foram adotadas outras medidas como em relação ao planejamento das manutenções alinhados com o PCP e MFG de forma

que não interfira no processo, atualização do cronograma de manutenção, ou seja, a execução da manutenção preditiva. A equipe de Engenharia de Teste está empenhada em implementar a Metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM) no processo da empresa, visto que tal iniciativa requer uma mudança de cultura envolvendo não apenas a equipe de Engenharia de Teste, mas também outros departamentos e funcionários. A equipe está conduzindo estudos e análises para identificar áreas críticas que precisam de melhorias em termos de manutenção preventiva. Um dos principais objetivos da implementação da TPM é reduzir o número de falhas e paradas não programadas nos equipamentos utilizados no processo de teste. A equipe está desenvolvendo planos de manutenção preventiva, definindo cronogramas e atividades para inspeções regulares, limpeza e ajustes dos equipamentos. Além disso, a equipe está trabalhando na capacitação dos funcionários, oferecendo treinamentos sobre a importância da manutenção adequada e a correta utilização dos equipamentos, essa iniciativa visa melhorar a eficiência, confiabilidade e qualidade dos testes realizados, trazendo benefícios tangíveis para a empresa e garantindo a satisfação dos clientes.

5.1. Por que é importante?

A manutenção adequada é fundamental para reduzir as taxas de falhas falsas, garantir a confiabilidade do equipamento, maximizar a disponibilidade operacional e reduzir custos. Ao realizar manutenção regularmente é possível minimizar o risco de falhas falsas e garantir um desempenho confiável de sistemas e equipamentos, ajudando assim a melhorar a eficiência e a qualidade do processo de produção.

5.2. Qual o Legado Para a Comunidade Acadêmica e a Sociedade?

O estudo e a pesquisa sobre a importância da manutenção na redução de falhas promovem o avanço do conhecimento acadêmico. Isso permite o desenvolvimento de novas metodologias, técnicas e abordagens que podem ser aplicadas tanto no ambiente acadêmico quanto na indústria.

6. CONCLUSÃO

Diante dos indicadores de produtividade o time de engenharia de teste entendeu como oportunidade para iniciar a implementação da metodologia de Manutenção

Preventiva Total afim de reduzir o número de falsas falhas que trouxe consigo uma série de benefícios e impactos positivos. Ao adotar essa abordagem estratégica, a empresa busca proativamente evitar falhas e maximizar a disponibilidade e desempenho de seus equipamentos e máquinas. Através da Manutenção Preventiva Total, o time de engenharia de teste vem adotando práticas sistemáticas de inspeção, monitoramento e manutenção programada, baseadas em critérios técnicos e históricos, a fim de identificar e corrigir potenciais problemas antes que se tornem falhas reais. Isso vem resultando em uma maior confiabilidade dos equipamentos, redução das interrupções não planejadas e aumento da segurança dos trabalhadores.

Adicionalmente, o estudo visa destacar a importância do planejamento de programas de manutenção em equipamentos, pois o número de falhas falsas nos processos produtivos pode acarretar prejuízos, como queda nas taxas de produção, atrasos nas entregas, perdas financeiras, aumento de custos, insatisfação dos clientes e perda de participação de mercado.

Para alcançar tais resultados, foram abordados aspectos como a evolução histórica da manutenção e a TPM, os principais tipos de manutenção utilizadas e as medidas adotadas para resolver o problema, com posterior avaliação dos resultados obtidos após a implementação da metodologia TPM.

Em suma, o início da implementação da Manutenção Preventiva Total foi uma estratégia eficaz para reduzir o número de falsas falhas da empresa, no qual proporciona maior confiabilidade dos equipamentos, redução de custos, aumento da eficiência operacional e melhoria na qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MORO, Norberto. **INTRODUÇÃO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO**. Notas de aula do CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA INDUSTRIAL. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA. 2007.

COSTA, Mariana de Almeida. **GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR O RESULTADO OPERACIONAL**. 2013. 104 p. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora. 2013. Disponível em: https://www2.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf. Acesso em: 01 mar. 2023.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA EXCELÊNCIA OU CLASSE MUNDIAL**. Revista Gestão Industrial – RGI. Campos Ponta Grossa - PR. V. 04, n. 02, 2008. Anais eletrônicos ISSN:1808-0448. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16/13#>. Acesso em: 06 abr. 2023

WYREBSK, J. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL UM MODELO ADAPTADO**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <http://deps.ufsc.br/disserta98/jerzy>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CAMPOS JÚNIOR, E. E. **REESTRUTURAÇÃO DA ÁREA DE PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE NA GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO PORTUÁRIA – CVRD**. 2006. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/50480408/PLANEJAMENTO-DE-MANUTENCAO>. Acesso em: 03 abr. 2023.

MORAES, P.H.A. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA**. 2004. 90 f. Dissertação apresentada para obtenção do

Título de Mestre pelo curso de Gestão e Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração - ECA da Universidade de Taubaté. Disponível em: <http://www.migre.me/4FEPO>. Acesso em: 18 abr. 2023.

SOUZA, J. B. **ALINHAMENTO DAS ESTRATÉGIAS DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM) COM AS FINALIDADES E FUNÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP): UMA ABORDAGEM ANALÍTICA**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

LEMONS, M. A, et al. **Qualidade na manutenção**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_859_18052.pdf Acesso em:

ISA. **OEE e Previsão de Lucratividade**. Ind4.0 Manufatura avançada. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/23522-oe-previsao-lucratividade>. Acesso em: 16 mai. 2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, C, Ernani. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. UNIVERSIDADE FEEVALE, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>. Acesso em: 10 mar. 2023

MOURA, Júnior. COSTA, Elias. **Proposta de um modelo sistemático de planejamento da manutenção para empresa que não possua sistema integrado de manutenção**. / Elias Costa Moura Júnior. – Piracanjuba: Conhecimento Livre, 2019.

CYRINO, Luis. **FPY – First Pass Yield**. Manutenção em foco. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/fpy-first-pass-yield/>. Acesso em: 19 mai. 2023

Figura 2. **SERVIÇO**. Projet'Ar. Disponível em: <http://projetarr.com.br/servicos/manutencao-corretiva/>. Acesso em: 15 mar. 2023

