

Implementação de procedimento de manutenção em fábrica de chicotes elétricos automotivos no agreste de Pernambuco

Resumo

A manutenção tem papel importante não somente como área de apoio às indústrias, mas também desempenha atividades fundamentais para contribuir com indicadores de produtividade e qualidade que tornam a organização competitiva perante o cenário externo. O presente trabalho esteve focado na observação e atuação dos problemas encontrados na manutenção com o objetivo de criar uma sistemática de planejamento e controle, além da consequência positiva derivada dos mesmos, como aumento de produtividade, entrega de produtos com qualidade, e melhorias recorrentes e conectadas com outras áreas, criando sinergia e integração entre departamentos. Para a criação e implementação de um sistema de manutenção em meios produtivos, serão utilizadas metodologias relacionadas aos conceitos do TPM, utilizando ferramentas pertinentes, como SMED e 5S e principalmente pesquisa no *gemba* e atuação de maneira assertiva em oportunidades proeminentes dos processos industriais. Os resultados demonstram uma evolução constante quando as informações e indicadores são tratados de maneira assertiva como planejamento de ciclos e análise de defeitos, ilustrando a importância de seguir métodos eficazes que proporcionem benefícios para a organização em geral.

Palavras-chave: manutenção, TPM, processos, chicotes elétricos

Abstract

Maintenance plays an important role not only as a support area for industries but also performs fundamental activities that contribute to productivity and quality indicators that make the organization competitive in the external scenario. Therefore, this work was focused on observing and addressing maintenance problems with the goal of creating a systematic planning and control system, as well as the positive consequences derived from these problems, such as increased productivity, delivery of quality products, and recurring improvements connected to other areas, creating synergy and integration between departments. To create and implement a maintenance system in production environments, methodologies related to TPM concepts will be used, employing relevant tools such as SMED and 5S, and especially *gemba* research and assertive action on prominent opportunities in industrial processes. The results demonstrate

constant progress when information and indicators are handled assertively, such as cycle planning and defect analysis, illustrating the importance of following effective methods that provide benefits to the whole organization.

Keywords: maintenance, TPM, process, electrical wire harnesses

1. Introdução

É possível descrever a manutenção como as ações voltadas para reparo, conservação e aprimoramento do estado de máquinas, equipamentos, edificações, entre muitos outros. Logo, é visto que a manutenção não tem caráter apenas de conserto de materiais e menos ainda pode limitar-se a um setor de apoio ou objetos específicos.

A mesma acompanha a evolução das tecnologias que tangem as sociedades e evoluem de acordo com a época e a necessidade. E com o advento de vários fatores históricos, como a Revolução Industrial, a Segunda Guerra mundial e a globalização, as ações exigiam uma velocidade de resposta cada vez mais rápida. Exemplificando esse tema, Viana (2002) indica que a presença de equipamentos cada vez mais sofisticados e de alta produtividade fez a exigência de disponibilidade ir às alturas.

Afunilando esse tema para o conceito industrial, foi possível observar o surgimento do conceito de TPM (*Total Productive Maintenance*), que torna o alcance da manutenção mais amplo dentro da organização. Segundo Engeman (2025) essa evolução tornou a manutenção mais colaborativa, com responsabilidade coletiva e preocupação maior com a pessoa envolvida na manutenção. Assim, o TPM englobou conceitos técnicos e humanos para tornar o conteúdo acessível e fundamental para aprendizado e até mesmo para conservação e preservação da vida.

Considerado pai do TPM, Nakajima (1989) afirma que TPM melhora de forma drástica os resultados das empresas e estimula a criação de postos de trabalho seguros, agradáveis e produtivos, otimiza as relações entre as pessoas e os equipamentos que trabalham. Essa afirmação ainda se mantém para os dias atuais.

Em contrapartida, pode-se exemplificar a importância positiva da aplicação do TPM, como na Bosch Termo tecnologia S.A. Ramos (2010) relata as melhorias com a implementação de pilares do TPM como a elaboração de fluxogramas envolvendo manutenções planejadas, otimização em registro de atividades, e também evolução dos indicadores relacionados à MTBF (*Mean Time Between Failures*) e (MTTR) *Mean Time To Repair*.

É possível entender que a manutenção deve se tornar aliada em diferentes óticas, como qualidade, segurança, produtividade e também competitividade. Como relata Castro (2013) a manutenção industrial vem assumindo um papel decisivo na obtenção do diferencial competitivo.

Diante do exposto, o objetivo geral desse estudo foi analisar conceitos e ferramentas da manutenção e seus derivados, e utilizá-los para a criação de um sistema eficaz de planejamento e controle.

2. Referencial Teórico

Viana (2002) realiza uma analogia específica quando afirma que o Impacto do Planejamento e Controle de Manutenção de uma empresa é primordial, pois seria impossível uma atleta competir com chances de vitória, se o seu organismo estivesse debilitado. É novamente visto a importância da manutenção, seja no viés de competitividade, seja na ótica de “operações básicas” para uma organização.

Talvez o grande desafio atual seja, ater-se a conceitos históricos importantes que se unem de maneira otimizada com a manutenção (5S, SMED) e também observar conceitos mais recentes (indústria 4.0, Inteligência artificial) crescentes numa sociedade altamente tecnológica e volátil.

Sobre o SMED, Parisotto (2016) afirma que a redução do tempo de setup possibilita, além do aumento do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*, ou Eficiência Global dos Equipamentos) e da produtividade, maior velocidade de resposta às oscilações de demanda do mercado. Esta afirmação demonstra a importância do mapeamento das perdas, para atuação assertiva em *downtimes*, principalmente em *setup's*.

As atividades de SMED estão conectadas com as boas práticas inerentes do 5S. O nome 5S vem de cinco palavras japonesas iniciadas com a letra “S” que foram adaptadas ao português utilizando “Senso”, e são eles: Senso de Utilização, Senso de Organização; Senso de Limpeza; Senso de Padronização e Senso de Autodisciplina, Parisotto (2016).

Alguns autores como Oliveira (2018) indicam a possibilidade de utilizar apenas os três primeiros “S’s” (Utilização, Organização e Limpeza). De fato, algumas organizações implementam os conceitos do 5S e esbarram na evolução quando se trata de padronização e

disciplina, voltando à estaca zero. Porém se os conceitos existem, eles devem ser aplicados e ensinados com a intenção de prática constante e atividade intrínseca do ambiente de trabalho.

Ainda sobre conceitos japoneses que foram amplamente difundidos no mundo todo, o Just in time é outro que pode ser exemplificado por Ghinato (2023) como “técnica de gestão”. Seu conceito pode ser aplicado em mapeamento de processos produtivos, gestão da produção, controle de estoque, entre muitas outras aplicações.

Citando outro conceito fundamental do *Lean Manufacturing*, o kaizen é uma filosofia japonesa de melhoria contínua aplicada amplamente nas organizações. Segundo Petrone (2024), para ser um kaizen, é preciso que haja uma ideia com um propósito definido para melhoria da segurança, da qualidade e redução de desperdícios. Caso essa ideia seja sustentável e possa ser implementado, então é possível estabelecer um kaizen. Essa afirmação indica que a melhoria não precisa se limitar a otimização de produtividade ou qualidade, mas sim uma integração com outros setores, como melhorias em manutenção.

França (2021) cita que desafios como volumes de produção e exigências por qualidade cada vez maiores, criam a necessidade de desenvolvimento e implantação de ferramentas para o gerenciamento de todas as etapas de produção. Vale ressaltar que tais desafios não se limitam apenas à Produção, mas sim uma integração entre departamentos.

Em sua obra sobre o TPM, Nakajima (1989) aborda uma filosofia de gestão voltada para a eliminação de perdas, aumento da eficiência dos equipamentos e envolvimento total dos colaboradores. Ou seja, além de itens que influenciam diretamente os indicadores, os desafios abrangem a organização como um todo gerando uma integração entre departamentos e pessoas, promovendo responsabilidade e pertencimento. Essa integração está intrínseca como agente para planejamento de manutenção, e agente de capacitação de pessoas.

Relata França (2021), que o objetivo do TPM é a melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade de pessoal e equipamento. Esta afirmação reforça a necessidade da aplicação dos pilares de maneira conjunta e colaborativa dentro da organização.

Analisando ainda os conceitos de manutenção, pode-se dividi-los em manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção corretiva. Para fins de aplicação e limitação da pesquisa, o foco do trabalho será nas manutenções preventivas e corretivas (Viana, 2024).

Segundo Viana (2024), a manutenção preventiva é um serviço efetuado em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinado a reduzir a probabilidade e de

falha, desta forma proporcionando “tranquilidade” operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas.

Viana (2024) relata que a manutenção corretiva consiste em tarefas mantenedoras realizadas após a ocorrência de uma falha ou pane, destinada a colocar um item em condições de executar suas funções requeridas. O referido autor, ainda cita manutenção corretiva planejada, descrevendo como o conhecimento prévio da falha ou pane, através da inspeção, monitoramento preditivo ou efeito nítido da mesma. Este conceito também será aplicado visto a possibilidade de planejamento de manutenções de acordo com urgência, necessidade e disponibilidade.

3. Metodologia

Segundo Minayo (2010) “A metodologia inclui simultaneamente a teoria da abordagem (o método), os instrumentos de operacionalização do conhecimento (as técnicas) e a criatividade do pesquisador (sua experiência, sua capacidade pessoal e sua sensibilidade)”, sendo assim a metodologia são os métodos e a forma com que a pesquisa é realizada.

Alguns métodos comumente utilizados para resolução de problemas são o PDCA e o DMAIC. O PDCA (*Plan* - Planejar, *Do* - Fazer, *Check* - Checar, *Act* - Agir), é uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas, além de possibilitar a realização de ciclos para reanálise Lima (2006).

Segundo Lima (2006) o Ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para a aplicação das ações de controle dos processos, tal como estabelecimento da “diretriz de controle”, planejamento da qualidade, manutenção de padrões e alteração da diretriz de controle, ou seja, realizar melhorias.

Por sua vez o DMAIC (*Define* - Definir, *Measure* – Medir, *Analyze* - Analisar, *Improve* - Melhorar, *Control* - Controlar), também usado para resolução de problemas e melhoria contínua, apresenta a exigência de equipes multifuncionais, análises estatísticas e projetos mais longos a depender da complexidade.

Cleto e Quinteiro (2011) afirmam que um projeto que utiliza a metodologia DMAIC deve se referir a um problema de desempenho organizacional, o qual tem uma solução desconhecida. Deve haver um conjunto de objetivos mensuráveis ligados a um conjunto de



indicadores bem definidos e que correspondam à oportunidade de solução, dentro de uma perspectiva de melhoria contínua.

Para efeitos de pesquisa e resolução dos problemas apresentados, foi realizado o ciclo PDCA em preferência ao DMAIC, devido a problemática estar definida e necessitar de atuação, assim como oferecer possibilidade de padronização e melhorias contínuas.

No planejamento, foi identificada uma área específica de atuação e o levantamento de informações pertinentes que influenciam na produtividade e na qualidade do produto. Essa etapa é crítica para tomada de decisão, uma vez que envolve coleta e tratamento de dados, contato direto com os *stakeholders* internos e definição de ações, responsabilidades e datas.

Nas ações, foram executadas atividades em conjunto que visem melhorias processuais (ferramentas, meios produtivos, 5S) e também sistêmicas (procedimentos, cronogramas, controles).

No momento da checagem (C do PDCA), foi levado em consideração cada uma das atividades em acordo com o planejamento prévio, e sua eficácia em relação à sua finalidade e aos propósitos da organização. É plausível que neste momento sejam colhidos novos dados para checagem e análise de resultados.

Na atuação, foram compartilhados os resultados e as lições aprendidas com as partes interessadas. Resultados eficazes foram padronizados e resultados não atingidos foram reanalisados com um novo giro do ciclo PDCA.

Para a atuação em problemas encontrados no *gemba*, também foram utilizadas ferramentas pertinentes, como ferramentas de *Lean Manufacturing* (Kaizen, 5S, Just in Time) e SMED (*Single Minute Exchange of Die* – Troca Rápida de Ferramenta). Essas ações são essenciais para uma implementação eficaz e robusta, visto a necessidade constante de uma manufatura enxuta com melhoria contínua, organização disciplinada e também agilidade em troca de ferramentais.

A utilização das ferramentas teve como meta a identificação, atuação e controle de quebras ou paradas, defeitos e acidentes, dentro do período de cada ciclo PDCA (semestral ou quadrimestral) que contemplará um ciclo de manutenção preventiva em todas as linhas da planta. Logo, a busca será pelo MTTR zerado e o MTBF igual à disponibilidade necessária (atualmente 972 minutos/dia).

A coleta dos dados foi realizada ao fim de cada ciclo, de acordo com as informações de paradas pela produção e também as informações de manutenções realizadas, nos meios oficializados via procedimento interno. As áreas responsáveis pela atuação das manutenções e compilação dos dados foi a Engenharia e Manutenção. Todos os dados foram analisados e a prioridade de análise foi justamente aqueles que ameaçassem a “trinca de zeros” do TPM (zero quebra, zero defeito e zero acidentes).

4. Análise dos resultados e discussões

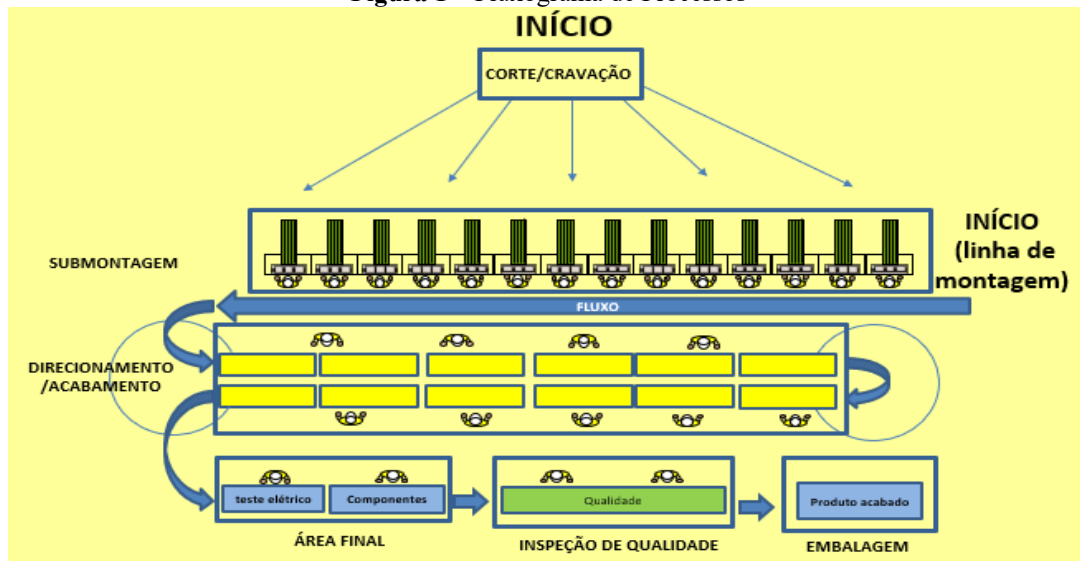
4.1. Contextualização

O estudo de caso foi realizado numa fábrica de chicotes elétricos automotivos, localizada no agreste de Pernambuco. A empresa teve o início da construção da planta fabril em 2020, e o início de suas atividades oficialmente em 2022. Porém, trata-se de uma multinacional com plantas estabelecidas e clientes renomados por todo o mundo.

4.2. Fluxograma de Processos

A seguir, a apresentação do fluxograma de processos

Figura 1 – Fluxograma de Processos



Fonte: Autor (2025)

Os processos industriais para produção de chicotes elétricos se iniciam pela corte e cravação de circuitos, nesta etapa os circuitos são cortados automaticamente em seus comprimentos pré-definidos e tem seus terminais cravados.

Após esse processo, os circuitos são enviados à linha de montagem para a submontagem. Neste processo são realizadas as inserções dos circuitos em conectores que, no cliente final, serão encaixadas nos veículos. A seguir, na figura 2, alguns exemplos de componentes.

Figura 2 – Conectores e circuitos

Fonte: Autor (2025)

Em seguida, os circuitos são direcionados nas mesas de montagem, onde é realizado o acabamento do produto. O acabamento dá forma ao chicote elétrico e garante o dimensional para distribuição e encaixe na carroceria do veículo.

Quando o chicote está semiacabado é encaminhado para a área final, onde são realizados testes de continuidade elétrica e inserção correta, e também colocação de componentes específicos. Logo após, segue para o processo de inspeção e embalagem para envio ao cliente.

O foco desse projeto foi nas mesas de montagem, onde é realizado o acabamento e colocação de componentes específicos. A seguir na figura 3, um exemplo de mesa de montagem.

Figura 3 – Mesa de montagem

Fonte: Autor (2025)

4.3. Meios produtivos

Ao início das operações na planta de Pernambuco, muitas máquinas foram compradas e também estruturas foram construídas do zero para atender as necessidades produtivas. Porém, foi analisado o *surplus* de outras plantas para realizar transferência. Portanto todos os meios produtivos resultam num mix de máquinas e estruturas novas e excedente de outras plantas, que se encontravam em bom estado.

Compondo o *surplus*, foram considerados diversos ferramentais que compõem as mesas de montagem, entre eles os garfos de direcionamento e os *holders* de conector. O garfo tem a função de roteamento dos circuitos para direcionamento e acabamento. O *holder* tem a função de fixar as extremidades do chicote pelo conector, para garantir o dimensional ao realizar o acabamento.

Esses ferramentais também realizam a função de *pokayoke*, visto que possuem tamanhos diferentes para se adequar ao chicote elétrico. Os garfos podem ter tamanhos variados de acordo com a espessura do chicote, e os *holders* são específicos para cada conector, atendendo à sua geometria e garantindo a utilização do conector correto. Na figura 4, a seguir, alguns exemplares de ferramentais.

Figura 4 – Garfos e Holders



Fonte: Autor (2025)

4.4. Planejamento de manutenção

A manutenção das mesas de montagem se faz necessária para garantir a disponibilidade da utilização e a qualidade dos chicotes produzidos. A produtividade e qualidade são indicadores essenciais para se manter competitivo, por isso é fundamental manter o pleno funcionamento dos meios produtivos e evitar *downtimes*.

A multinacional em questão permite que cada planta planeje e atue nas manutenções em mesas de montagem, de maneira que redija e atue seguindo seu procedimento interno para fins de política interna e de auditorias interna e externa. Logo, cabe a cada planta definir e criar seu procedimento de manutenção de acordo com as necessidades das operações.

É importante ressaltar que essas necessidades variam de acordo com diversos fatores, como o volume de produção da planta, a quantidade de mesas de montagem disponíveis e incidências de manutenções corretivas.

Nakajima (1989) cita que a meta a ser alcançada é o rendimento global, por meio de ações de manutenção conduzidas com a participação de todos. E um dos pilares do TPM, a manutenção autônoma, é um item de grande valia para as organizações. Porém, no planejamento de manutenção a ser implementado, as ações corretivas e preventivas necessitam de ferramentas que não são disponibilizadas ao nível operacional, assim como as manutenções devem ser realizadas com a devida orientação e planejamento.

Logo, apesar de não haver um *Jidoka* funcional (máquina/equipamento interrompe operação ao encontrar falha, ou operador tem autonomia para parar/consertar uma máquina ao encontrar falha), os colaboradores são orientados em seu treinamento de capacitação profissional a informar a liderança imediatamente sobre falhas no processo ou equipamento que podem gerar defeitos no produto, ou risco a segurança.

Com o início das operações, foi necessário implementar o sistema de manutenção das mesas de montagem. As operações foram iniciadas com poucas linhas de produção e um volume baixo, devido à curva de aprendizado operacional. Neste momento ainda era apenas observado o comportamento das mesas de montagem em relação à utilização que ainda era baixa. Apenas algumas manutenções corretivas eram acionadas, mas sem periodicidade definida.

Após 6 meses, novas linhas e novas mesas de montagem foram instaladas. Com o aumento das linhas e o consequente aumento de produção, tornou-se necessário uma estruturação das manutenções. A seguir a tabela 1 com a primeira versão.

Tabela 1 - Primeira versão estruturada (janeiro 2023 ~ junho 2023)

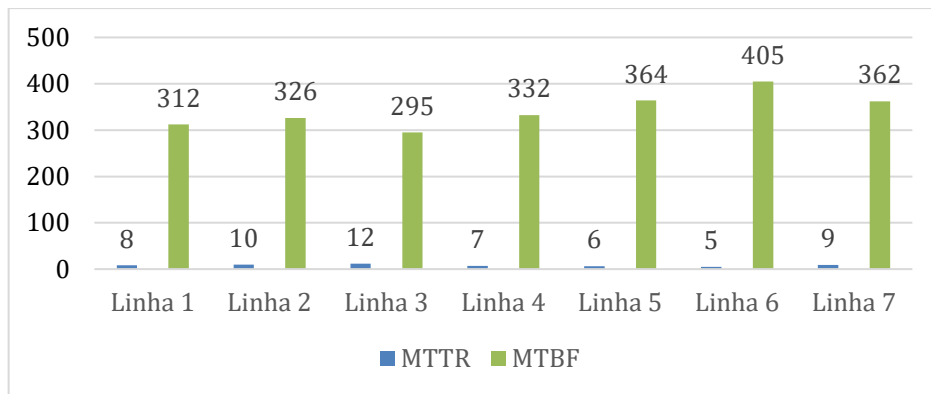
Item	Valor
Quantidade de linhas	7
Mesas de montagem	98
Disponibilidade necessária por mesa/dia	972'
Manutentores	2
Periodicidade de manutenção preventiva (100%)	Semestral
Média Semestral MTBF	342'
Mediana Semestral MTBF	332'
Média Semestral MTTR	8'
Mediana Semestral MTTR	8'
P90	380,4
Disponibilidade (%)	99,1
Rácio Corretiva/Preventiva	86:07:00

Fonte: Autor (2025)

Após a primeira versão, era possível ver o comportamento das linhas com as manutenções preventivas, mas ainda se notavam frequentes manutenções corretivas. Algumas dessas simples, outras complexas que causavam parada de linha.

As manutenções (preventivas e corretivas) em si não eram complexas, mas não eram identificadas ainda de maneira clara para obtenção de dados e criação de indicadores mais robustos. O gráfico 1 a seguir ilustra a primeiro ciclo de medição do MTTR e MTBR.

Gráfico 1 - Médias de MTTR e MTBF (minutos) - Ciclo 1



Fonte: Autor (2025)

Após o primeiro ciclo semestral de manutenção preventiva, e o advento da chegada de duas linhas de montagem adicionais, foram identificadas oportunidades para aprimorar as atuações e o controle das manutenções:

- Criação de OS (Ordem de Serviço) para controle de manutenções corretivas.
- Criação de um checklist (matriz CILR) para manutenção preventiva;

A seguir, na figura 5, seus respectivos modelos.

Figura 5 – Arquivo de Ordem de Serviço

ORDEN DE SERVIÇO - MANUTENÇÃO CORRETIVA				DATA: ____/____/____
ÁREA SOLICITANTE:	SOLICITANTE:	SERVIDOR:	MATRÍCULA:	
TIPO DE INTERVENÇÃO:		TEMPO DE ATENDIMENTO		
☐ APROVEITAMENTO PARADA DA PRODUÇÃO ☐ PARADA PARA MANUTENÇÃO ☐ SEM PARADA DA PRODUÇÃO		USO EXCLUSIVO DO EXECUTANTE		
		HORA COMUNICADA		
		HORA DE INÍCIO		
		HORA DE TÉRMINO		
		EXECUTANTE		
		REGISTRO DO EXECUTANTE		
USO EXCLUSIVO DA MANUTENÇÃO				
PROBLEMA	COORDENADA	Nº MESA	AÇÃO	RESPONSÁVEL / DATA
OBSERVAÇÕES:				

Fonte: Autor (2023)



A Ordem de Serviço para manutenções corretivas era preenchida para mapear quaisquer alterações nos meios produtivos provenientes de manutenções não planejadas, para manter histórico e também obtenção de dados que posteriormente se tornariam indicadores. Ver figura 6.

Figura 6 – Arquivo de Registro de Manutenção Preventiva

REGISTRO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (MESAS DE MONTAGEM)													DATA INÍCIO								
LINHA		NOME DO MANTENEDOR					ASSINATURA					DATA TÉRMINO									
ITEM	DESCRIÇÃO MECÂNICA										ITEM	DESCRIÇÃO MECÂNICA									
1	Verificar se não há holderes folgados;										5	Verificar se não há garfos folgados;									
2	Verificar se a base dos holderes está em bom estado;										6	Verificar se a base dos garfos está em bom estado;									
3	Verificar se a trava dos holderes está em bom estado;										7	Verificar se a mola dos garfos está em bom estado;									
4	Verificar se não há garfos oxidados;										8	Verificar se não há garfos tortos;									
STATUS POR N° DE MESA DE MONTAGEM													ADICIONAIS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
ITEM DE DESCRIÇÃO MECÂNICA	1																				
	2																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	7																				
	8																				
OBSERVAÇÕES													LEGENDA								
													"O" = OK "X" = NOK								
													"⊗" = REALIZADO MANUTENÇÃO								
													"-" = NÃO APLICA								

Fonte: Autor (2023)

O registro de manutenção preventiva oficializa uma manutenção programada de acordo com um cronograma e também evidencia itens onde foi necessária atuação em manutenção, além de gerar indicadores a serem analisados.

Com as melhorias apresentadas acima, é possível verificar a segunda versão estruturada a seguir, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Segunda versão estruturada (julho 2023 ~ dezembro 2023)

Item	Valor
Quantidade de linhas	9
Mesas de montagem	126
Disponibilidade necessária por mesa/dia	972'
Manutentores	2
Periodicidade de manutenção preventiva (100%)	Semestral
Média Semestral MTBF	487'
Mediana Semestral MTBF	497'
Média Semestral MTTR	7'
Mediana Semestral MTTR	7'
P90	535,8
Disponibilidade (%)	99,2
Rácio Corretiva/Preventiva	106:09:00

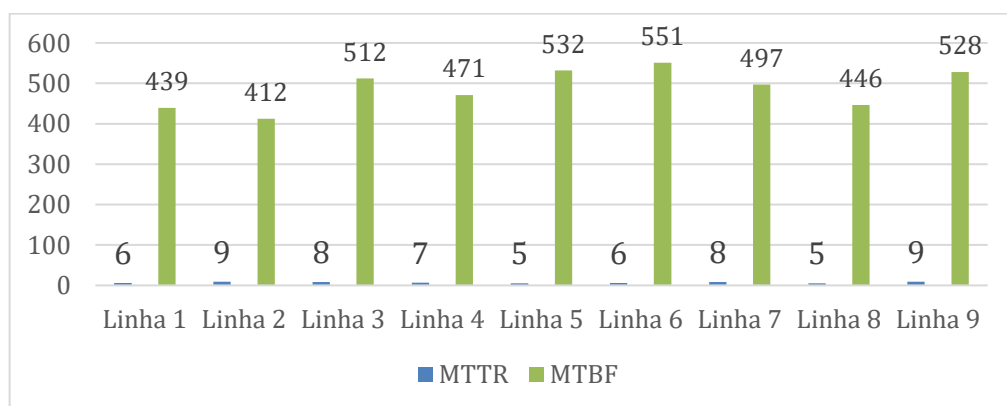
Fonte: Autor (2025)

A criação do checklist permitiu a padronização dos itens a serem checados na manutenção preventiva de uma mesa de montagem, e a OS aumentou o nível de informações sobre as corretivas realizadas. Ambas as ações disponibilizaram mais indicadores para controle das manutenções a assertividade sobre quais ações eram realizadas e quais precisavam ser realizadas.

Mas ainda eram necessárias ações para aumentar o MTBF, que envolviam dois fatores: velocidade e planejamento. Após o fim do segundo ciclo, foi possível colher dados provenientes das OS's e também dos checklists e verificou-se um gap entre a comunicação entre os requisitantes e os atuadores da manutenção. Muitos casos de contato por canais não oficiais de comunicação impactavam negativamente as ações, e manutenções consideradas simples que não precisavam necessariamente gerar paradas de manutenção.

Era de conhecimento geral também que três novas linhas seriam instaladas antes do início do terceiro ciclo, portanto foram implementadas duas ações importantes: aquisição e disponibilização de rádios comunicadores entre os responsáveis da equipe de produção e os manutentores. Foi também identificado a existência de manutenções que não interferem necessariamente na qualidade do produto ou necessitam de parada imediata. Essas ações são comunicadas, porém são planejadas para serem executadas em paradas programadas da linha (pausas para café, pausas para almoço e troca de turnos). Esse planejamento atua em acordo com o aumento da disponibilidade. O gráfico 2, a seguir ilustra a segundo ciclo de medição do MTTR e MTBR.

Gráfico 2 - Médias de MTTR e MTBF (minutos) - Ciclo 2



Fonte: Autor (2025)



Logo, o segundo ciclo foi finalizado e o terceiro iniciou-se com as ações de melhoria citadas, conforme é possível analisar na tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Terceira versão estruturada (janeiro 2024 ~ junho 2024)

Item	Valor
Quantidade de linhas	12
Mesas de montagem	168
Disponibilidade necessária por mesa/dia	972'
Manutentores	2
Periodicidade de manutenção preventiva (100%)	Semestral
Média Semestral MTBF	499'
Mediana Semestral MTBF	496'
Média Semestral MTTR	5'
Mediana Semestral MTTR	5'
P90	520,6
Disponibilidade (%)	99,4
Rácio Corretiva/Preventiva	114:12:00

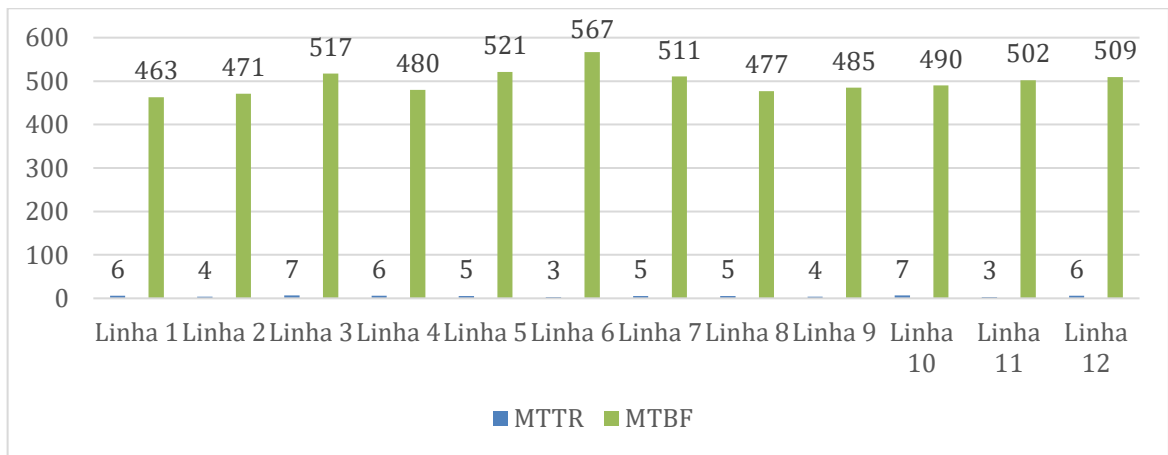
Fonte: Autor (2025)

O terceiro ciclo evidenciou que as ações foram eficazes mesmo com o aumento de linhas e mesas de montagem, mas ainda era possível verificar pontos de melhoria nos indicadores de MTBF e MTTR.

O constante aumento de demanda e indicadores de manutenção “nivelados” para baixo, demonstravam uma necessidade de atendimentos mais ágeis e planejados com periodicidade menor. Para o próximo ciclo, foi estabelecido que a periodicidade do ciclo da manutenção preventiva seria diminuída de 6 para 4 meses e por consequência houve a contratação de um manutentor adicional.

Neste momento também já era possível analisar indicadores sobre linhas com maior índice de atendimento, e problemas crônicos que poderiam ser tratados de forma sistêmica. A seguir, no gráfico 3, as médias de MTTR e MTBF do ciclo 3.

Gráfico 3 - Médias de MTTR e MTBF (minutos) - Ciclo 3



Fonte: Autor (2025)

O quarto ciclo, o mais robusto até então, demonstrou que as ações desenvolvidas em ciclos anteriores (planejamento de manutenção em paradas programadas, comunicação ágil...), em conjunto com combate à problemas crônicos e periodicidade menor de preventivas, causou impacto positivo nos indicadores como pode ser visto na tabela 4.

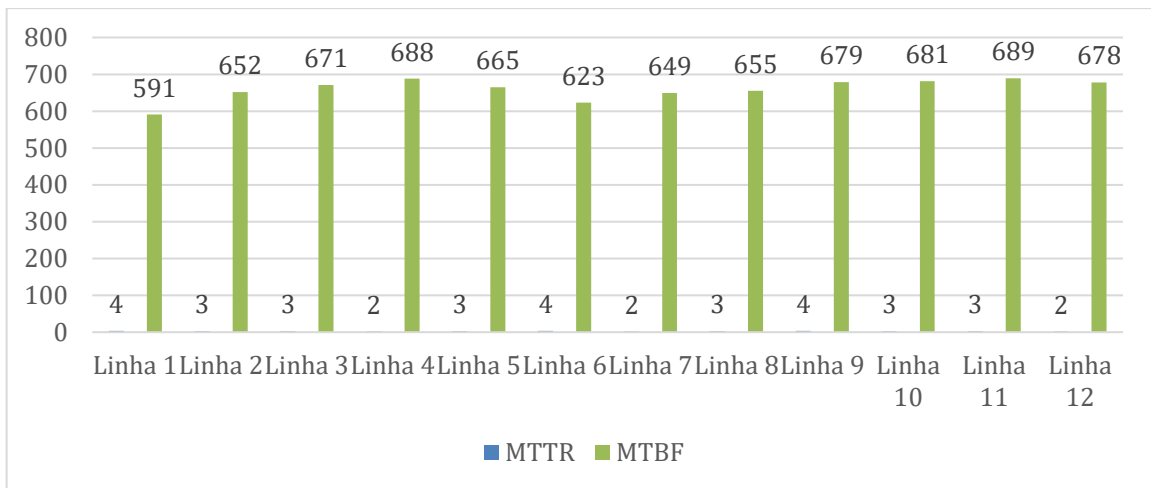
Tabela 4 - Quarta versão estruturada (julho 2024 ~ outubro 2024)

Item	Valor
Quantidade de linhas	12
Mesas de montagem	168
Disponibilidade necessária por mesa/dia	972'
Manutentores	3
Periodicidade de manutenção preventiva (100%)	Quadrimestral
Média Quadrimestral MTBF	660'
Mediana Quadrimestral MTBF	668'
Média Quadrimestral MTTR	3'
Mediana Quadrimestral MTTR	3'
P90	687,3
Disponibilidade (%)	99,6
Rácio Corretiva/Preventiva	95:12:00

Fonte: Autor (2025)

Os ciclos seguintes passaram a ter 4 meses, e apenas sinistros considerados de grande impacto causavam *downtime* (que envolvessem segurança, qualidade do produto ou integridade dos meios produtivos). Mesmo esses geralmente envolviam manutenções rápidas e pontuais. Problemas menores (itens de apoio, itens com desgaste) eram planejados e resolvidos rapidamente com a equipe que já desenvolvera sua curva de aprendizado. A evolução é ilustrada no gráfico 4.

Gráfico 4 - Médias de MTTR e MTBF (minutos) - Ciclo 4



Fonte: Autor (2025)

A esta altura já haviam sido detectados problemas recorrentes que poderiam ser mitigados e até erradicados, desenvolvendo ações e tecnologias para combater a causa raiz ou agilizar a correção.

O quinto ciclo trouxe implementações de melhorias propostas em análises de defeitos e manutenções realizadas, e demonstrou grande evolução em números de MTTR e MTBF como ilustra a tabela 5.

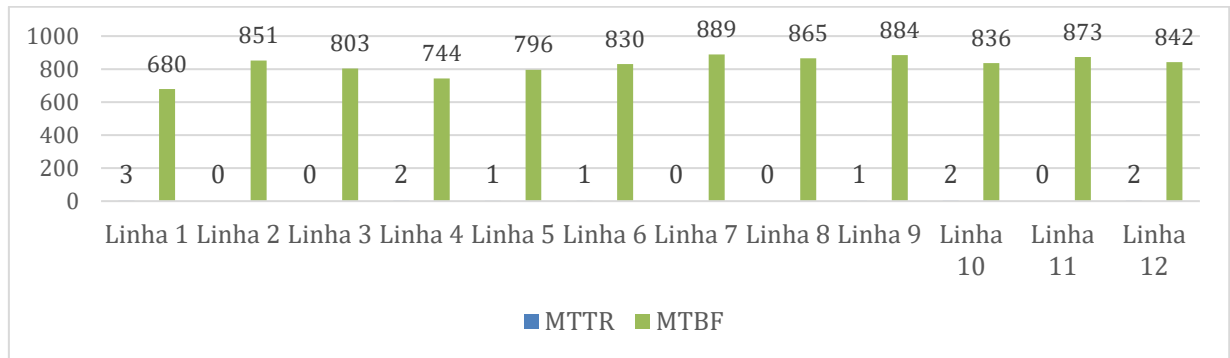
Tabela 5 - Quinta versão estruturada (novembro 2024 ~ fevereiro 2025)

Item	Valor
Quantidade de linhas	12
Mesas de montagem	168
Disponibilidade necessária por mesa/dia	972'
Manutentores	3
Periodicidade de manutenção preventiva (100%)	Quadrimestral
Média Quadrimestral MTBF	824'
Mediana Quadrimestral MTBF	839'
Média Quadrimestral MTTR	1'
Mediana Quadrimestral MTTR	1'
P90	882,9
Disponibilidade (%)	99,8
Rácio Corretiva/Preventiva	72:12:00

Fonte: Autor (2025)

A seguir o gráfico 5, com as médias de MTTR e MTBR do quinto ciclo.

Gráfico 5 - Médias de MTTR e MTBF (minutos) - Ciclo 5



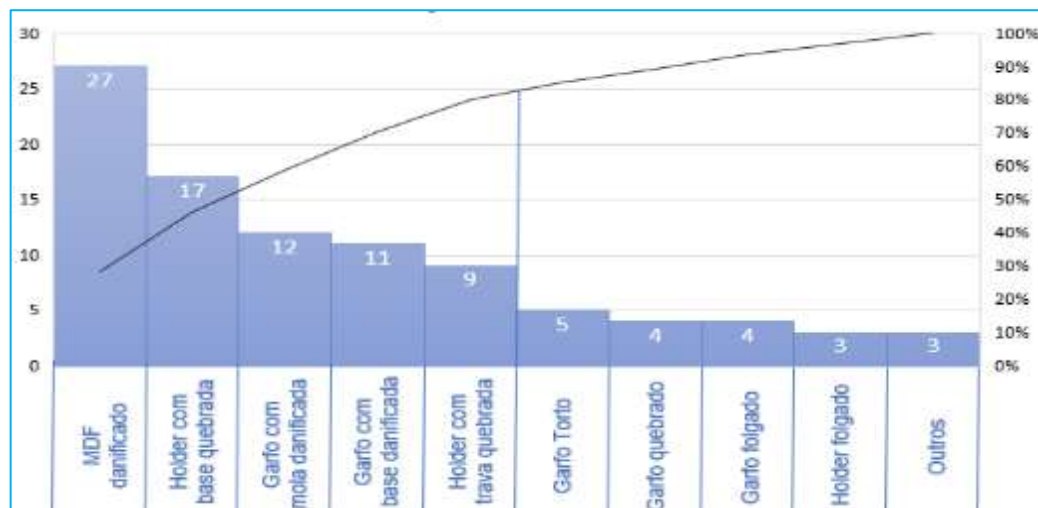
Fonte: Autor (2025)

Entre os ciclos foi possível notar que as linhas mantinham uma média de MTBF nivelada, onde não era possível identificar linhas destoantes. Mas era possível identificar alguns problemas crônicos de atuação que ameaçavam a disponibilidade dos meios produtivos. Entre o quarto e o quinto ciclo houve uma implementação que trouxe agilidade na realização de manutenções além de mitigar defeitos provenientes de ferramentais desgastados nas mesas de montagem, como é possível analisar na sequência.

4.5. Análise de defeitos e contramedidas

O gráfico 6 a seguir, demonstra a projeção dos defeitos apontados no quarto ciclo de manutenção preventiva.

Gráfico 6 – Consolidação de defeitos Ciclo 4



Fonte: Autor (2025)

No gráfico 6 é possível identificar alguns problemas recorrentes, e o principal deles era de madeira MDF danificada. A figura 7 ilustra o problema identificado em questão.

Figura 7 – MDF danificado



Fonte: Autor (2024)

Esse problema também era responsável por gerar defeitos no produto acabado, conforme é possível analisar na análise de 5 porquês, conforme figura 8 a seguir.

Figura 8 – Análise 5 Porquês

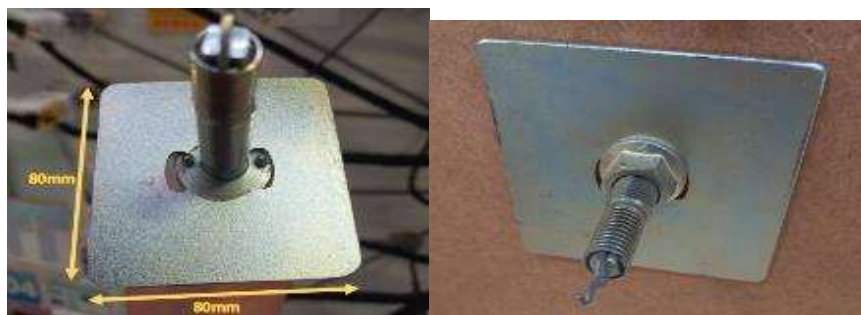


Fonte: Autor (2024)

O desgaste causado exigia mais que o uso de uma arruela comum, e era necessário utilizar uma chapa de metal que aumentasse a área de contato e protegesse o MDF de futuros desgastes. Essa chapa de metal era manufaturada internamente pela serralheria da fábrica conforme a necessidade, mas poderia causar *downtime* devido o tempo para ser manufaturada, e também dependia de disponibilidade e qualidade do material.

Então foi desenvolvido em conjunto com um fornecedor externo uma chapa de metal como teste para suprir a necessidade da planta sobre esse problema específico. A primeira versão é indicada na figura 9.

Figura 9 – Chapa de Metal (1ª versão)



Fonte: Autor (2024)

Esse teste mostrou-se eficaz, e com possibilidades de melhorias que foram encontradas e implementadas na versão final do componente, como mostra a figura 10 (diminuição das dimensões).

Figura 10 – Chapa de Metal (2ª versão)



Fonte: Autor (2025)

Em conjunto com as ações, foram analisados seus resultados para o quinto ciclo de manutenções e definido sua padronização seguindo o ciclo PDCA, disponível na tabela 6.

Tabela 6 – Delta entre Quarto e Quinto ciclo

Indicadores	Quarto ciclo (definido defeito crítico)	Quinto ciclo (chapa de metal implementada)	Delta
MDF danificado (Nº de defeitos)	27	17	10
Média Quadrimestral MTBF	660'	824'	164'
Média Quadrimestral MTTR	3'	1'	2'

Fonte: Autor (2025)

- Item padronizado para compra e utilização;
- Compra de 100 chapas para estoque;
- Definição de *kanban* de estoque mínimo (20 chapas);
- Adição no Checklist de manutenção Preventiva (CILR).

4.6. Melhoria contínua

Como parte das ações para melhoria contínua em relação ao propósito da manutenção, as peças de montagem foram padronizadas para rápida seleção das ferramentas e velocidade de troca/manutenção utilizando o conceito do SMED, como pode ser visto na figura 11, a seguir.

Figura 11 – Padronização de uso de porcas


Fonte: Autor (2025)

Implementados também conceitos de 5S na oficina de montagem dos manutentores, retirando materiais desnecessários, organizando a área por caixas e prateleiras (inventário), realizando a limpeza do local, padronizando retirada de materiais com o controle de estoque, e treinando os manutentores sobre a metodologia. A seguir, na figura 12, uma exemplificação do antes e depois da oficina com a implementação do 5S.

Figura 12 – Implementação de 5S

ANTES

DEPOIS


Fonte: Autor (2024)

5. Conclusão

Os resultados foram satisfatórios, com a tendência clara de se atingir a disponibilidade completa no MTBF e zerar o MTTR nos próximos ciclos. Os indicadores seguirão sendo tratados em cada ciclo com a intenção de mitigar falhas e encontrar novas melhorias.

A implementação do sistema de manutenção, em sinergia com ferramentas complementares, mostrou-se eficaz e demonstrou a importância do planejamento das ações para melhor análise e controle.

Os pilares do TPM foram fundamentais para indicar o caminho a ser seguido, não somente para o controle sistêmico e tratamento de dados, mas também o envolvimento dos



colaboradores de áreas diversas para criar conexão, troca de conhecimentos e propagação de aprendizado.

Sendo assim é possível concluir a gestão da manutenção é capaz de proporcionar sucesso às empresas que dedicarem a atenção necessária e realizar o acompanhamento de forma correta. Essa atividade proporciona a melhoria contínua da organização como um todo, contribuindo para o alcance da máxima eficiência dos resultados.

REFERÊNCIAS

CASTRO, Mário João Maia de Sampaio e. **Gestão da manutenção na competitividade das PME do sector industrial transformador português**. Lisboa: Instituto Superior de Gestão, 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão).

CLETO, Marcelo Gechele; QUINTEIRO, Leandro. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, p. 210-239, 2011.

ENGEMAN. [eBook] **TPM – Guia Completo da Manutenção Produtiva Total**. Belo Horizonte: Engeman Software, 2025. Disponível em: <https://conteudo.engeman.com.br/tpm-guia-completo-da-manutencao-produtiva-total>. Acesso em: 09 set. 2025.

FRANÇA, Felipe Damasceno. **Referencial teórico sobre a importância da manutenção produtiva total (TPM) na indústria**. Caraúbas, RN: Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, 2021. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia).

FUENTES, Fernando Félix Espinosa. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. 2006. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time : autonomação (Jidōka) e zero defeitos** / Paulo Ghinato. – 2. Ed. – Caxias do Sul: EDUCS, 2023.

IATF 16949:2016 – **International Standard for Automotive Quality Management Systems**, developed by the International Automotive Task Force.

LIMA, Renata de Almeida - **Como a relação entre clientes e fornecedores internos à organização pode contribuir para a garantia da qualidade: o caso de uma empresa automobilística**. Ouro Preto: UFOP, 2006.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 29. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. (Coleção temas sociais).

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

OLIVEIRA, Samuel. **Implementação da metodologia 5S e suas influências positivas quanto sua aplicação nas indústrias, um estudo de revisão bibliográfica**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 38, 2018.

PARISOTTO, Cassio. **Método SMED: Análise e aperfeiçoamento**. Dirección y Organización, p. 4-23, 2016.

PETRONE, Hugo Martins. **Influência de ferramentas de melhoria contínua de processos no planejamento e controle de manutenção**. 2024.



XIV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”

João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.

RAMOS, D. S.; **TPM na manutenção na Bosch termotecnologia S.A.**; Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, 2010.

RODRIGUES, T. A. *et al.* – Processo de tomada de decisão quanto à política de manutenção (**Revista Gestão Industrial**, 2015).

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Curso de gestão e engenharia da manutenção**. Editora Insigne Acadêmica, 2024.