

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE  
MESQUITA FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**Hugo Martins Petrone**

**Influência de Ferramentas de Melhoria  
Contínua de Processos no Planejamento e  
Controle de Manutenção**

**Ilha Solteira - SP  
2024**

**Hugo Martins Petrone**

**Influência de Ferramentas de Melhoria Contínua de  
Processos no Planejamento e Controle de Manutenção.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Nome do orientador:

**Prof. Dr. Wyser José Yamakami**

Ilha Solteira - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P497i Petrone, Hugo Martins.  
Influência de ferramentas de melhoria contínua de processos no planejamento e controle de manutenção / Hugo Martins Petrone. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024  
65 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Wyser José Yamakami

Inclui bibliografia

1. Manutenção . 2. PDCA. 3. Kaizen. 4. Melhoria contínua.

HUGO MARTINS PETRONE

INFLUÊNCIA DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA DE PROCESSOS  
NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO


TCC apresentada à Universidade Estadual Paulista UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira - SP, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração:

Data da defesa: 18/11/2024

Nota obtida: 9,0

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 WYSER JOSE YAMAKAMI  
Data: 22/11/2024 11:25:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---


Prof. Dr. Wyser José Yamakami

UNESP – Faculdade de Engenharia – Ilha Solteira



Prof. Dr. Vicente Afonso Ventrella

UNESP – Faculdade de Engenharia – Ilha Solteira

Documento assinado digitalmente  
 RUIS CAMARGO TOKIMATSU  
Data: 22/11/2024 12:02:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Ruis Camargo Tokimatsu

UNESP – Faculdade de Engenharia – Ilha Solteira

*Este trabalho é dedicado ao meus pais, meu irmão,  
meus avós e a minha namorada, que sempre me  
apoiaram muito, e sem os quais eu não teria  
chegado aqui.*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço meu pai **Eduardo Petrone** e minha mãe **Luciana Martins**, pelo dom da vida e oportunidades fornecidas, os quais admiro de coração. Agradeço a toda minha família, ainda em especial meu irmão **Heitor Petrone** e minha namorada **Vitória Favaretto**.

Minhas sinceras gratidões a toda **universidade Unesp**, que me acolheu e ensinou mais do que apenas uma graduação de engenharia. Obrigado a todos funcionários e colegas pelo seu serviço e companheirismo. Em especial ao **Prof. Dr. Wyser José Yamakami**, que me orientou e ajudou em todos empecilhos do estágio e deste trabalho de graduação. Expresso sinceros agradecimentos a todo corpo docente com quem tive honra de estudar nessa vida, desde pequeno me interessando pelos estudos e dando forças para continuar.

Agradeço ao meus amigos e colegas, com quem compartilharam essa experiência comigo. Em especial meus caros amigos, Augusto, Daniel, Guilherme, João, Pedro e Vitor. Obrigado pela ajuda e amizade.

Também agradeço ao time de **Robótica Tera**, que desafiou meus conhecimentos em engenharia na prática e forneceu meios de amadurecimento profissional. Agradeço especialmente a **Profª Drª Erica Regina Marani Daruichi Machado** e a **Profa. Dra. Christiane Marie Schweitzer**, pela orientação em projetos de extensão universitária.

Meus agradecimentos ao time da **Manutenção Automotiva da Raízen** de Mirandópolis - SP, onde me acolheram durante o estágio de maneira sincera. Forneceram suporte, infraestrutura e conhecimento que contribuirá para minha formação como engenheiro.

*“If I have seen further, it is by standing on the  
shoulders of giants.”*

*Sir Isaac Newton.*

## Resumo

A melhoria contínua dos processos de manutenção é essencial para a competitividade e sustentabilidade das organizações, especialmente em setores de alta complexidade como da manutenção agrícola de uma empresa sucroalcooleira. O presente trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação de metodologias de melhoria contínua, como o PDCA (Planejar-Fazer-Verificar-Agir), Kaizen e 5S, para aprimorar os processos de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) em equipamentos agrícolas. Por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa do setor, avaliando 3 PDCA, 1 Kaizen e 1 Yokoten, foram investigados os impactos que essas ferramentas, derivadas do sistema Lean de manufatura, geraram impactos no setor de PCM automotivo. O trabalho mostra que o PCM e a melhoria contínua interligam-se entre si e apontam uma redução significativa de desperdícios operacionais, melhorias na segurança do trabalho e um aumento na eficiência dos processos de manutenção, evidenciando a integração das ferramentas Lean no contexto da gestão de manutenção. A análise detalhada destacou que as causas raízes identificadas estavam frequentemente relacionadas à falta de padronização nos procedimentos e falta de capacitação dos operadores. Além dos resultados esperados, houve melhoria nas condições de trabalho, redução significativa de custos, otimização dos processos mantenedores e contribuiu para uma gestão mais eficiente devido à melhor gestão visual de processos. A aplicação das contramedidas não apenas solucionou problemas pontuais, mas também criou uma base sólida para a continuidade das melhorias. Estudos futuros podem explorar a replicação dessas metodologias em outros contextos industriais, ampliando o entendimento sobre a contribuição dessas práticas para a manutenção estratégica.

**Palavras-chave:** PDCA, Kaizen, manutenção agrícola, PCM, 5S.



## Abstract

Continuous improvement of maintenance processes is vital for the competitiveness and sustainability of organizations, particularly in highly complex sectors such as agricultural maintenance in a sugar and ethanol company. This undergraduate thesis presents a study on the application of continuous improvement methodologies, such as PDCA (Plan-Do-Check-Act), Kaizen and 5S, to improve Maintenance Planning and Control (MPC) processes in agricultural equipment. Through a case study conducted in a company in the sector, evaluating 3 PDCAs, 1 Kaizen and 1 Yokoten, the impacts that these tools, derived from the Lean Manufacturing system, generated in the automotive MPC sector were investigated. The work shows that PCM and continuous improvement are interconnected and indicate a significant reduction in operational waste, improvements in occupational safety and an increase in the efficiency of maintenance processes, evidencing the integration of Lean tools in the context of maintenance management. The detailed analysis highlighted that the root causes identified were often related to the lack of standardization in procedures and lack of operator training. Beyond the expected results, there was an improvement in working conditions, significant cost reduction, optimization of maintenance processes and contributed to more efficient management due to better visual management of processes. The application of countermeasures not only solved specific problems, but also created a solid basis for continued improvements. Future studies can explore the replication of these methodologies in other industrial contexts, expanding the understanding of the contribution of these practices to strategic maintenance.

**Keywords:** PDCA, Kaizen, agricultural maintenance, MPC, 5S.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Pirâmide de níveis hierárquicos de uma empresa, com ênfase no setor de manutenção. . . . .	16
Figura 2 – Organograma de organização de uma fábrica. . . . .	17
Figura 3 – Arranjo dos setores em uma instalação industrial. . . . .	18
Figura 4 – Classificação dos tipos de manutenção no setor automotivo da empresa estudada. . . . .	20
Figura 5 – Relação entre defeito, falha e pane no tempo. . . . .	20
Figura 6 – Divisão da manutenção entre ações planejadas e não planejadas. . . . .	21
Figura 7 – Espiral de melhoria contínua. . . . .	26
Figura 8 – PDCA em 8 etapas. . . . .	28
Figura 9 – Adesivos espalhados pela empresa para incentivação de Kaizens e Yokotens. . . . .	30
Figura 10 – Diagrama de Ishikawa. . . . .	32
Figura 11 – Fluxograma de HOSHIN – KANRI. . . . .	33
Figura 12 – 5S. . . . .	34
Figura 13 – Imagem básica da produção <i>lean</i> . . . . .	36
Figura 14 – Identificação do problema através de indicadores de IQA e IA de incêndio em máquinas agrícolas. . . . .	41
Figura 15 – Estratificação do problema utilizando o método do diagrama de Ishikawa em (a) e uma adaptação em (b). . . . .	42
Figura 16 – Indicador MTBF para CCT (colhedoras e tratores) e produção. . . . .	45
Figura 17 – Foi identificado que o maior número de paradas é devido ao reparo do elevador. . . . .	45
Figura 18 – Identificação das causas raízes. . . . .	46
Figura 19 – Resultado final comparado à meta estipulada. . . . .	47
Figura 20 – Identificação do problema e meta estipulada. . . . .	48
Figura 21 – Estratificação para encontrar as causas raízes. . . . .	49
Figura 22 – Cronograma de implementação das contramedidas. . . . .	50

Figura 23 – Foto de uma colhedora John Deere antes do kaizen. . . . .	51
Figura 24 – Foto de uma colhedora John Deere após kaizen. . . . .	51
Figura 25 – Foto da válvula de dreno de um bujão pneumático. . . . .	52
Figura 26 – Foto da válvula de dreno de um bujão pneumático após imple- mentação de Yokoten. . . . .	53

## **LISTA DE SIGLAS**

- 5S – “Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke”.
- A3 – Formato da folha em que o projeto PDCA deve ser apresentado
- DF – Disponibilidade Física
- IA – Investigação de Acidentes
- IQA – Investigação de Quase Acidentes
- KPI – Key Performance Indicators (Indicadores de performance chave)
- MTBF – Mean Time between Failures
- MTBS – Mean time between Stoppages
- MTTR - Mean time to repair
- PCM – Planejamento e Controle da Manutenção
- PDCA – Plan/Do/Check/Act (Planejar/Fazer/Checar/Agir)
- RCA – Root Cause Analysis (Análise da causa raiz)
- SMART – Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time bound.
- SSMA – Saúde, Segurança e Meio Ambiente
- TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva total)
- TPS – Toyota Production System (Sistema Toyota de Produção)

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>12</b>
1.1	Relevância do tema	12
1.2	Objetivos do trabalho	13
1.3	Contextualização do tema	13
<b>2</b>	<b>Fundamentação teórica</b>	<b>16</b>
2.1	Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)	16
2.1.1	Definição e importância	18
2.2	Tipos de manutenção	19
2.2.1	Manutenção Preventiva	21
2.2.2	Manutenção Corretiva	22
2.2.3	Manutenção Preditiva	23
2.2.4	Manutenção Produtiva Total	23
2.3	Metodologia <i>Lean</i>	24
2.4	Melhoria Contínua de Processos	25
2.4.1	PDCA	27
2.4.2	Kaizen e Yokoten	29
2.4.3	Diagrama de Ishikawa e 5 por quês	31
2.4.4	Hoshin Kanri	33
2.4.5	5S e inspeção visual	34
2.5	Aplicabilidade das Ferramentas de Melhoria Contínua no PCM	36
2.5.1	Indicadores de Desempenho (KPIs)	37
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>39</b>
3.1	Tipo de Pesquisa	39
3.2	Disseminação da Cultura <i>Lean</i>	40
<b>4</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>41</b>
4.1	PDCA/A3	41

4.1.1	SSMA	41
4.1.2	Diminuição de Defeitos	45
4.1.3	Redução de Desperdícios	48
4.2	Kaizen e Yokoten	51
4.3	Benefícios Alcançados	53
4.4	Desafios Encontrados	56
<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Sugestões Para Trabalhos Futuros</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>Referências</b>	<b>60</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Relevância do tema

A agricultura vem crescendo cada vez mais no decorrer das últimas décadas, dado que é um dos pilares básicos nos processos de produção industrial. Na indústria em que será realizado esse trabalho, setor sucroalcooleiro, trabalha-se com o plantio, transporte e colheita de cana de açúcar, e são as maquinárias que realizam estes trabalhos que serão alvos da manutenção observado nesse trabalho. Porém, a manutenção desses equipamentos não é simples como reparar algo que quebrou, é necessário o braço da Manutenção Preventiva ativo e eficaz para prevenir falhas catastróficas, aumentar a vida útil de equipamentos, o que aprimora o rendimento e suprime desperdícios e melhorar a segurança tanto das pessoas quanto do meio ambiente. Atualmente, existem tecnologias e meios suficientemente avançados para programar intervenções de manutenção, seja na escala do tempo ou prevendo através de algum defeito. Isso possibilita a redução de custos extras e evita a baixa vida útil de peças da máquina, uma vez que se a máquina trabalha com defeitos, consumirá mais energia e terá desgaste acentuado de peças e componentes (BARBOSA, 2023).

Dito disso, o PCM é um conjunto de práticas que busca organizar e otimizar as atividades da Manutenção Preventiva, para que esta seja otimizada, e possibilite minimizar os tempos de manutenção e ociosidade do equipamento, melhorar gestão de recursos (tempo, dinheiro, peças, óleo) e acompanhar dados coletados. Finalmente, ao integrar ferramentas de melhoria contínua de processos no PCM, busca-se obter melhores resultados atrelados a maiores benefícios que essa prática já oferece, permitindo a identificação de áreas para aperfeiçoamento e implementação de práticas e estratégias ainda mais eficazes.

As ferramentas de melhoria contínua foram primeiramente implantadas pelo Sistema Toyota de Produção (TPS) que posteriormente ficou conhecido como *Lean Manufacturing*. A Toyota desenvolveu esse sistema no período pós-segunda Guerra Mun-

dial, na década de 50. Indo em contrapartida com o sistema da época de produção em massa, o *Lean* prega pela manufatura puxada, economizando gastos e otimizando sistemas e tempo (SILVA, 2022).

## **1.2 Objetivos do trabalho**

O estudo tem como objetivo principal identificar o impacto que ferramentas de melhoria contínua têm no sistema de Manutenção Automotiva Agrícola de uma Indústria no Setor Sucroalcooleiro. Além disso, espera-se que padrões observados que dão resultados positivos sejam repetidos e compartilhados enquanto o que for identificado que não apresente resultados positivos, possa ser melhorado e destacado para possível substituição futura.

Outro objetivo é quantificar os benefícios obtidos com essas ferramentas, avaliando indicadores-chave como tempo de parada, custo de manutenção, eficiência operacional e SSMA, enquanto promove a capacitação da equipe de manutenção para o uso efetivo dessas metodologias. Pretende-se ainda propor métodos para obtenção de causas raízes de problemas e exemplos de planos de ações baseados em um estudo de caso. Por fim, o estudo busca interligar as ferramentas de melhoria contínua com o PCM.

## **1.3 Contextualização do tema**

O avanço do homem no mundo moderno se dá, muitas vezes, pelos avanços industriais. Como afirmou John Stuart Mill destacando que o grande mérito da invenção mecânica está em sua capacidade de aumentar a produtividade do trabalho e, ao liberar a mão de obra, permitir que a humanidade se dedique a atividades mais nobres e intelectuais (MILL, 1848). Nesse contexto surgem maquinários cada vez mais desenvolvidos para trabalho em campo como: Tratores, colhedoras, plantadoras e caminhões que substituíram o trabalho braçal e uso de animais de carga, aumentando a produção. Esses maquinários foram essenciais para o aumento de produção e mu-



dança das relações internacionais, Henry Ford fala sobre isso em seu livro de forma que essas máquinas farão mais pela paz mundial que qualquer lei ou tratado (FORD, 1922). No entanto, com a exploração de seu uso surgem algumas adversidades como o problema da manutenção e reparo. As máquinas são projetadas para realizar tarefas complexas com alta precisão e eficiência, mantê-las em ótimas condições operacionais é essencial para garantir a produtividade e reduzir o tempo de inatividade, e e consequentemente minimizar os possíveis prejuízos.

Após a Segunda Guerra Mundial, diante do aumento da complexidade dos equipamentos e mecanismos desenvolvidos, além do avanço tecnológico e os meios de produção, a manutenção ganha destaque uma vez que as empresas perceberam que os resultados organizacionais também dependem do setor de manutenção. A organização e o planejamento da manutenção, através da reflexão e das decisões sobre o que, quando, quem, como e onde fazer, substituíram abordagens ou métodos baseados na experiência e na observação direta em diversas indústrias. O controle das ações de manutenção também se tornou fundamental, pois permite avaliar a eficácia das atividades planejadas e executadas, destacando os pontos críticos onde mudanças são necessárias e pontos não críticos que podem ter melhoria contínua. (GREGÓRIO, 2018).

Em paralelo ao avanço do maquinário e da manutenção, tem-se o avanço da engenharia lado a lado com as melhorias e aperfeiçoamento, e como um dos resultados tem-se o Planejamento e Controle de Manutenção que busca sanar o problema antes que ocorram, ou reduzindo o tempo inoperável da máquina realizando múltiplos reparos e ajustes ao mesmo tempo, ocasionando uma redução significativa das chances de uma eventual quebra do maquinário, por exemplo. Posto isto, o presente trabalho tem como intuito abordar o uso de ferramentas de melhoria contínua como PDCA (Plan-Do-Check-Act, ou em português, Planejar-Fazer-Verificar-Agir), KPIs (Key Performance Indicators, ou em português, Indicadores de Performance Chave), Kaizens e RCA (Root Cause Analysis, ou em português, Análise da Causa Raiz) e analisar como eles aprimoram o PCM (Planejamento e Controle de Manutenção). Partindo dessa pro-

posta, tem-se como objetivo analisar a implementação de ferramentas e técnicas de melhoria contínua na área da manutenção e verificar os resultados destas aplicações na empresa do setor sucroalcooleiro, com foco na análise do PCM.

## 2 Fundamentação teórica

### 2.1 Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)

Toda e qualquer fábrica ou instalação industrial precisa de meios que possibilitem a produção, e em todos os casos acontecem problemas como o desgaste, quebras, acidentes, falhas e panes que somente são identificados durante a execução do processo. Dessa forma, todo processo necessita de uma manutenção para que a produção não entre em colapso. Logo, existe um departamento nessas empresas denominado Manutenção para concertar máquinas que apresentarão os problemas já mencionados (NEPOMUCENO, 1989).

Figura 1: Pirâmide de níveis hierárquicos de uma empresa, com ênfase no setor de manutenção.



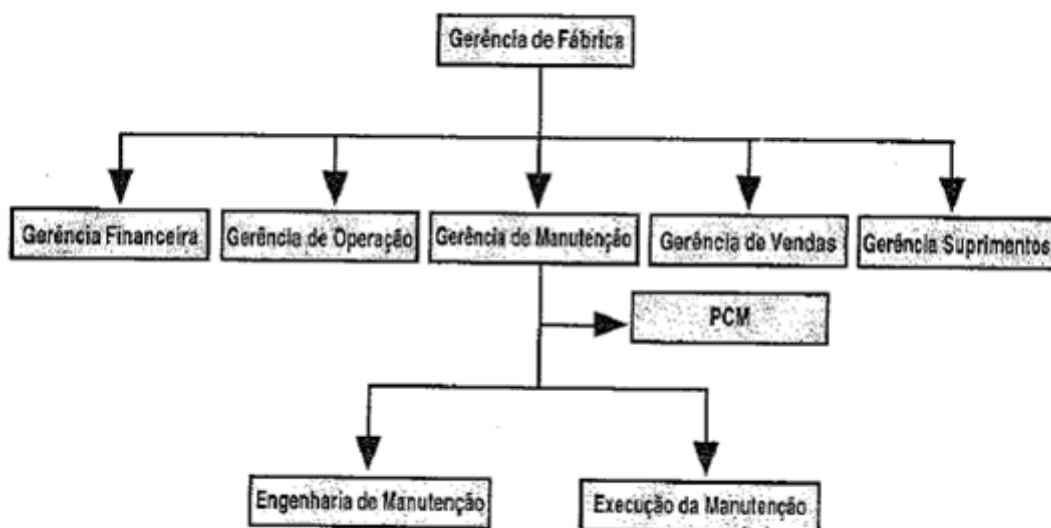
Fonte: (NEPOMUCENO, 1989).

A execução do Setor de Manutenção de uma empresa é responsável por gerir equipes que pegam os recursos necessários e prestam serviços mantenedores nas máquinas. Já o Planejamento e Controle de Manutenção é o setor responsável por manter

a lista de equipamentos da empresa com os tipos de manutenção mais adequadas para cada equipamento, o momento certo de reparo, troca ou lubrificação, monitoramento de seu tempo de uso, procedimentos a serem adotados e recursos materiais e humanos necessários (GREGÓRIO, 2018).

O PCM pode ser considerado o cérebro de operação da manutenção de uma empresa (KARDEC, 2011). É este o responsável por gerenciar as atividades planejadas da manutenção com atividades de administração dos sistemas organizacionais da empresa, cadastramento e compra de peças/componentes, programação dos planos de manutenção, abertura de ordens de serviço, leitura dos indicadores de manutenção, inspeções planejadas das máquinas através da Manutenção Preditiva, especificação dos materiais e mão de obra necessários para as atividades (VIANA, 2002).

Figura 2: Organograma de organização de uma fábrica.



Fonte: (VIANA, 2002).

Logo, pode-se dizer que o Planejamento e Controle da Manutenção é um conjunto de práticas e processos que visam melhorar os processos de manutenção. Essa atividade se enquadra melhor no tipo de manutenção preventiva e preditiva, porém, é também responsabilidade do PCM prever e garantir que haja peças para qualquer manutenção corretiva necessária.

### 2.1.1 Definição e importância

Através do PCM a empresa garante maior disponibilidade de maquinários, isto é, maior tempo da máquina em funcionamento. Dessa forma, terá melhor otimização de tempo e recursos, garantindo segurança para os trabalhadores e para meio ambiente, promovendo melhor resultado do produto e satisfação do cliente.

Figura 3: Arranjo dos setores em uma instalação industrial.



**Fonte:** (NEPOMUCENO, 1989).

Por essas razões, a utilização da filosofia de melhoria contínua se encaixa bem na manutenção na área do PCM, através da análise constante dos indicadores de manutenção, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria e a implementação de ações corretivas e preventivas. Os indicadores também são importantes em uma

visão macro, uma vez que gerentes e supervisores conseguem avaliar a operação de cada departamento sem uma atenção completa e minuciosa no funcionamento interno de cada setor (PALMER, 2005).

Essa área também possibilita a melhor comunicação e colaboração de outras áreas da empresa, no presente trabalho, tem-se de exemplo a área da execução da manutenção com a área de suprimentos, responsável pela compra de peças e contratos com fornecedores.

## **2.2 Tipos de manutenção**

A manutenção é dividida em áreas relacionadas aos seus objetivos, de forma que o processo seja otimizado tanto para atuação quanto para a estratificação para estudos. A missão da manutenção é reestabelecer as condições de funcionalidade da máquina, porém é variável a forma utilizada para chegar no resultado, logo, classifica-se os tipos de manutenção através dos meios utilizados.

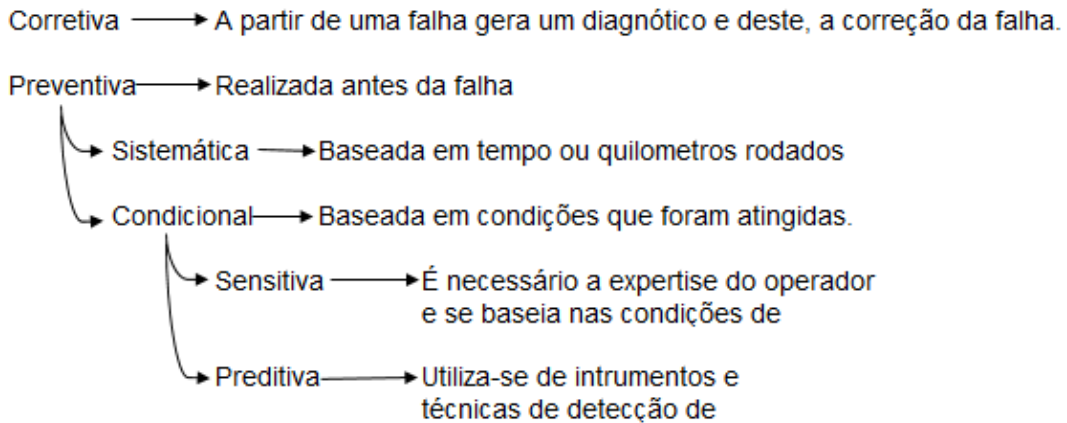
A manutenção não se resume apenas a preventiva, também não se resume a lubrificação e limpeza das máquinas. A manutenção, mais uma vez, não é somente correr atrás de concertos e peças quando a máquina para de funcionar, a manutenção moderna é mais que isso, é considerada uma ciência, pois se baseia em diversas áreas do conhecimento, e uma arte, já que problemas semelhantes podem exigir abordagens diferentes e serão abordagens únicas e diferentes. Também é uma filosofia, pois deve ser adaptada às necessidades da organização que atende, e a percepção de quem a executa influenciará sua eficácia (MOBLEY, 2006).

Na empresa estudada nesse trabalho, é utilizado um sistema um pouco diferente do convencional, pois foi modificado para melhor enquadrar em suas necessidades. Dessa forma, a Figura 4 demonstra a classificação dentro da empresa, que será utilizado no decorrer deste trabalho, e em seguida as explicações na forma convencional para capacitação e fundamentação teórica.

Para Viana existem dois tipos de manutenção; (1) Manutenção Preventiva e (2) Manutenção Corretiva (VIANA, 2020).

Figura 4: Classificação dos tipos de manutenção no setor automotivo da empresa estudada.

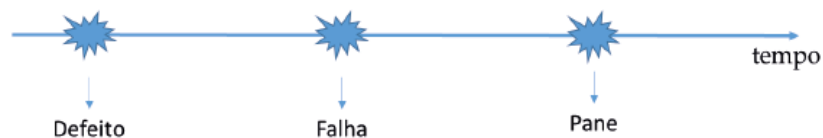
### Manutenção Automotiva



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para outros autores, existem mais tipos, divididos conforme a necessidade. Nesse trabalho, serão abordadas a Manutenção Preventiva, a Manutenção Corretiva, a Manutenção Preditiva e a Manutenção Produtiva Total.

Figura 5: Relação entre defeito, falha e pane no tempo.



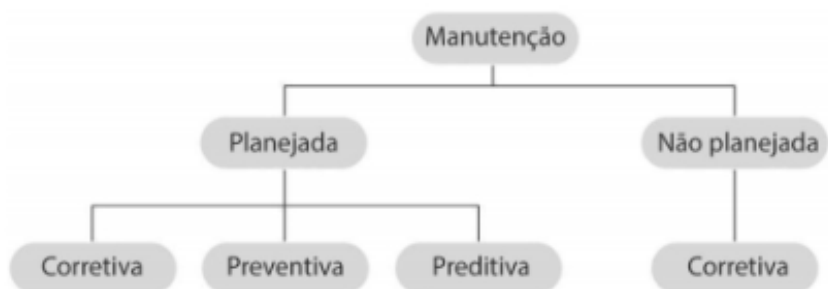
**Fonte:** (VIANA, 2020).

Em todos os casos, a separação entre corretiva e preventiva se dá pela ocorrência de uma falha ou pane. Observe que na Figura 5, apresenta a ordem de ocorrência dos efeitos negativos a uma máquina ou equipamento em relação ao tempo, pode-se observar, através desta figura, que um defeito antecede uma falha, que antecede uma pane. Pode-se classificar o Defeito como o desvio de uma característica do equipamento em relação aos seus requisitos, isso pode gerar uma Falha que é uma anomalia que afeta a funcionalidade do equipamento, e passa inconfiabilidade de operação, já

a evolução da falha gera parada total do equipamento, o que faz com que a máquina não execute mais nenhuma de suas funções, esse estado é a Pane (VIANA, 2020).

Dessa forma, dependendo da fonte literária, há aqueles que classificam a Manutenção Corretiva como a ação mantenedora executada após uma Falha ou após uma Pane.

Figura 6: Divisão da manutenção entre ações planejadas e não planejadas.



**Fonte:** (GREGÓRIO, 2018).

### 2.2.1 Manutenção Preventiva

O conceito de manutenção preventiva é a atuação realizada antes que a máquina apresente falhas ou panes. Tem objetivo de reduzir falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em intervalos definidos em tempo de trabalho ou no caso das máquinas, por quilômetros rodados (XENOS, 2004).

Essa atividade cabe sob responsabilidade do PCM em analisar através de indicadores e informações obtidas por conhecimento de falhas anteriores, de forma que seja analisado alguma repetitividade de falhas, e com o manual de utilização da máquina pelo fabricante. Deve-se levar em consideração a comparação do custo de parada corretiva versus parada preventiva, riscos que a falha acarretará e custo das peças e trabalho necessário. Pode ser entendido como uma atividade de manutenção que ocorre em intervalo de tempo predeterminado, independente da condição do ativo ou componente (TAVARES, 1999).

A Manutenção Preventiva é todo serviço realizado em máquinas que não estejam em falha, pane ou com defeitos que afetem o seu funcionamento. Esse tipo de manuten-



ção se divide em dois: (1) manutenção sistemática e (2) Manutenção sob condição. Manutenção sistemática é realizada a cada intervalo de tempo determinado ou assim que critérios forem sendo cumpridos, por exemplo a cada 100 quilômetros que um equipamento agrícola se movimentou. Dessa forma, esse tipo de manutenção garante uma melhor gestão de almoxarifado, permitindo-o ser mais enxuto e otimizado. Ressalta-se, também, que inspeções são manutenções preventivas sistemáticas, assim como a coleta de dados para análise. Já a manutenção sob condição (condicional) é quando o equipamento apresenta condições abaixo de métricas estabelecidas, seja através da inspeção ou dos resultados da análise dos dados coletados, logo, ações de manutenção são geradas para evitar a falha catastrófica e pane (VIANA, 2020).

### **2.2.2 Manutenção Corretiva**

A Manutenção Corretiva é a atuação para correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Esse tipo de manutenção tem caráter reativo, pois é realizada após uma ação de falha ou pane, pela parada total ou parcial de sua função requerida. Tipicamente não é uma ação planejada, porém, o PCM pode decidir que a relação de custo e riscos favorece em permitir que a máquina atinja a falha pois a manutenção preventiva utilizaria mais recursos do que a corretiva (XENOS, 2004).

A equipe de manutenção é acionada quando o problema ocorre, e o custo com peças e materiais até a falha é zero, mas geralmente o custo após a falha é muito maior do que o custo para uma parada programada, devido às perdas de produção e compras de emergência. Em razão disso, classificam a manutenção corretiva em duas: (1) Corretiva Planejada e (2) Corretiva Emergencial (TAVARES, 1999).

A manutenção corretiva é a ação mantenedora após a falha ou pane ter ocorrido, e tem como objetivo garantir que o equipamento volte a exercer sua função novamente. A manutenção corretiva planejada é quando se pressupõe que ocorrerá falha ou pane através da manutenção preventiva sistemática, porém não é possível tratar o problema de imediato. Logo, a solução é a preparação de ativos para atuar imediatamente assim que ocorrer a parada quando a máquina estiver em parada total. Já a corretiva emer-

gencial é a intervenção imediata em uma máquina que teve falha e pane inesperada, sendo necessário encontrar soluções em curto prazo para garantir a continuidade do processo (VIANA, 2020).

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

É uma atividade de manutenção que ocorre quando uma condição predefinida é atingida. Manutenção preditiva é uma atividade realizada com base nas condições do ativo ou componente, ou seja, através de uma inspeção nas variações apresentadas pelo ativo ou componente durante o seu ciclo de vida (XENOS, 2004).

Esse tipo pode utilizar de variáveis de determinados fenômenos (temperatura, vibração, desgaste, etc.) medidos nos equipamentos e/ou componentes das máquinas e quando tais fenômenos apresentam valores próximos aos limites pré-estabelecidos, faz-se a intervenção, corrigindo a falha causadora da alteração da variável. Dentro da preventiva pode-se ter também atividades de inspeção, lubrificação e sistemática (baseada no tempo) (TAVARES, 1999).

### **2.2.4 Manutenção Produtiva Total**

A Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) é um conceito abrangente que envolve todos os colaboradores da empresa, com destaque para os setores de produção, planejamento e controle da produção (PCP) e suprimentos, além do setor de manutenção. Considerada uma evolução das manutenções preventiva e preditiva, a TPM integra esses métodos a técnicas e sistemas de gestão, encarando a manutenção como uma responsabilidade coletiva. Essa abordagem valoriza a contribuição de todos os funcionários, como a manutenção corretiva e preventiva, enquanto introduz novas práticas. Assim, a TPM é mais uma filosofia de trabalho do que um simples método de manutenção (KARDEC, 2011).

O objetivo fundamental da Manutenção Produtiva não é apenas evitar falhas nos equipamentos, mas aplicar a melhor combinação dos métodos para que a produção consiga expandir seus índices de eficiência e produtividade, obtendo como retorno um

elevado resultado econômico para toda empresa (XENOS, 2004; TAVARES, 1999).

A TPM pode ser definido como a promoção da integração entre homem, máquina e empresa, na qual a atuação de todos os envolvidos na manutenção das máquinas e equipamentos pode ser evidenciada, essa abordagem cria um autogerenciamento no ambiente de trabalho, pois os operadores cuidam e assumem a responsabilidade de seus equipamentos (NAKAJIMA, 1988).

Esse conceito teve origem no Japão e foi criada para reduzir os custos do setor produtivo. Ela foi pensada como sendo a evolução natural da manutenção corretiva para a preventiva, uma vez que a primeira é de natureza reativa, e está última, proativa. Ele incorpora metodologias para impedir que o desgaste e mau funcionamento dos equipamentos causem defeitos de qualidade no produto (GREGÓRIO, 2018).

## **2.3 Metodologia Lean**

O principal objetivo da manutenção é: garantir que máquinas e equipamentos operem da melhor maneira. Isso garante que a empresa opere com menor custo unitário e seja consistente com a segurança e bem-estar dos trabalhadores. A manutenção enxuta é a adoção de princípios do *Lean Manufacture* nas operações de manutenção, o que reduz o tempo de inatividade, melhora performance e custos gerais de manutenção (EBEID, 2016).

O Sistema *Lean* de produção (Em inglês – *Lean Manufacturing*) foi um sistema revolucionário incorporado pela Toyota na metade do século XX, como uma maneira de superar a crise financeira estabelecida no pós-guerra. Seu caráter inovador e muito eficiente, comparado à produção em massa (sistema vigente na época), se deve por sua ênfase em aumentar valor para o cliente, reduzir desperdícios e melhoria contínua, o que fez com que fosse consolidado, aperfeiçoado e complementado ao longo dos anos (MULLER, 1996).

O *Lean Manufacturing* procura priorizar atividades que agregam valor, reduzem desperdícios e atividades não necessárias para que no final resultem em um menor custo para o cliente. É importante então entender os princípios do *Lean*, o que é bom

para o cliente (valor) e o que não é (desperdícios). O sistema é apoiado em 5 princípios, que são os pontos de partida para compreensão da ideologia: Valor, Fluxo de Valor, Fluxo Contínuo, Produção Puxada e Melhoria Contínua. Esse trabalho será conduzido com foco na melhoria contínua e suas ferramentas, voltada para a manutenção automotiva (WOMACK, 2004).

No centro do Sistema *Lean* através de uma cultura forte, com colaboradores motivados, constantemente a procura de uma forma melhor de fazer as coisas evitando desperdícios e uma gestão de pessoas pregando pelo envolvimento. (OHNO, 1997).

A metodologia *Lean* identificou sete tipos principais de atividades que não agregavam valor em processos produtivos, ou quaisquer outras atividades empresariais: tempo de espera, defeitos, transporte, movimentação, estoque, superprodução e superprocessamento. (OHNO, 1997). Porém é possível acrescentar um 8º, o desperdício (LIKER, 2007).

## **2.4 Melhoria Contínua de Processos**

A melhoria contínua é um conceito fundamental nos tempos modernos para qualquer área de negócios. Essa filosofia é a chave para o sucesso organizacional, em forma de esforço coletivo (LIKER, 2007).

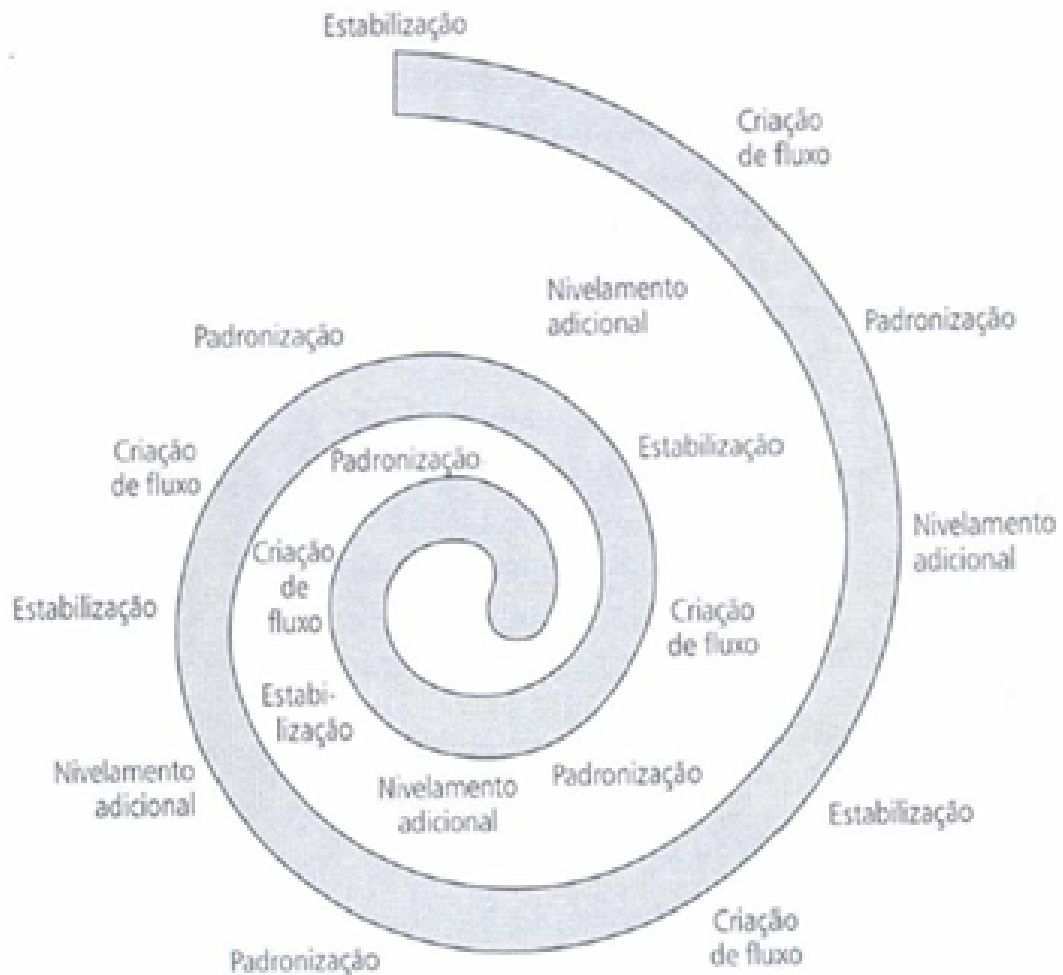
A confiabilidade dos processos de uma empresa é o mesmo que seu investimento em manutenção. A manutenção feita de forma adequada, proporciona vantagens competitivas no mercado para muitas empresas, reduzindo custos de produtos e logo deixando o resultado final mais barato para o consumidor (PALMER, 2005).

Em um ambiente global, como tratado no tópico anterior, define a importância de adquirir competitividade no mercado de trabalho, garantindo sobrevivência da empresa. Desse modo é necessário conhecimento exato das técnicas e gestão adequada de todo processo, estabelecendo metas de curto e longo prazo e estabelecendo ferramentas que permitam melhor controle da situação, melhor visibilidade por assim dizer (WOMACK, 2004).

Essa visibilidade pode ser dada através de indicadores ou KPIs (que será abordado

no capítulo 2.5.1). A melhoria contínua garante o desenvolvimento contínuo de forma sistematizada utilizando o método PDCA (explicado no capítulo seguinte).

Figura 7: Espiral de melhoria contínua.



**Fonte:** (VIANA, 2020).

A melhoria contínua de processos é uma abordagem sistemática que visa aprimorar a eficiência e a eficácia das operações dentro de uma organização e se fundamenta na ideia de que sempre há espaço para melhorias, independentemente do nível atual de desempenho. A melhoria contínua consiste do estabelecimento de metas de curto e longo prazo, de uma gama de ferramentas para auxiliar os responsáveis, treinamentos em metodologias e ferramentas de monitoramento e controle do que está ocorrendo.

A melhoria contínua deve sempre levar em conta as necessidades e expectativas

dos clientes e é uma responsabilidade coletiva. Todos os colaboradores, independentemente de sua posição, devem ser incentivados a contribuir com sugestões e participar do processo de melhoria.

A coleta e análise de dados são essenciais para identificar áreas que necessitam de melhoria, nessa questão, entra ferramentas para controle de processos como os indicadores. A partir de problemas encontrados, pode-se utilizar o ciclo PDCA para o planejamento, implementação, verificação dos resultados e a ação com base nos aprendizados obtidos.

A melhoria contínua requer uma cultura organizacional que valorize o aprendizado e a inovação. Os erros devem ser vistos como oportunidades de aprendizado, e a organização deve estar aberta a experimentar novas ideias. Esses conceitos e princípios formam a base da melhoria contínua de processos, permitindo que as organizações se adaptem rapidamente às mudanças do mercado e às necessidades dos clientes, garantindo, assim, sua competitividade e sustentabilidade a longo prazo.

#### **2.4.1 PDCA**

O PDCA é uma ferramenta que consiste em 4 etapas referente as siglas de seu nome. Em português é Planejar, Fazer, Checar e Agir e é utilizado para resolução de problemas identificados, levantando oportunidade de melhoria, avaliando se a melhoria foi benéfica para o processo e compartilhar resultados e conclusões finais.

Essa ferramenta é uma metodologia de melhoria contínua que ajuda na identificação de problemas, na implementação de soluções e no monitoramento de resultados, garantindo ajustes sempre que necessário. Ele é amplamente utilizado em áreas como gestão de processos, controle de qualidade, manutenção e projetos, sendo aplicado para otimizar operações, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência. Suas vantagens incluem a simplicidade de aplicação, já que segue um ciclo lógico e fácil de entender, e a flexibilidade, podendo ser usado em diferentes setores e níveis organizacionais. Além disso, promove a melhoria contínua, permitindo ajustes constantes em busca de melhores resultados, e baseia-se em dados concretos para tomadas de decisão, o que

reduz incertezas e aumenta a eficácia das ações.

Figura 8: PDCA em 8 etapas.



Fonte: (ARREDONDO-SOTO, 2021).

O ciclo PDCA utilizado na empresa compõe-se de uma subdivisão em 8 etapas que são elas:

1. **Determinação de um problema:** apresentando a situação atual e qual seria a situação ideal ao mesmo tempo que se esclarece o problema. Os problemas podem ser definidos através dos 7 desperdícios do *Lean*.
2. **Estratificar o problema:** apresentar esse problema dividindo-o em braços de forma que a soma destes dê o problema apresentado. Pode-se utilizar quatro perguntas para ajudar a guiar o processo, sendo elas: "O que? Quem? Onde?"

Quando?” Ao mesmo tempo que seja definido o nível de importância e de urgência desse problema.

3. **Estabelecimento de metas:** Através da comparação anterior entre situação atual e ideal, deve-se propor metas para serem atingidas em um intervalo de tempo, desde o que deve ser feito, quanto para ser feito e até quando será feito. Seguindo a metodologia SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time bound*) – que em português significa algo que é especificado, pode ser mensurável, é atingível, é realístico e pode ser concluído em um intervalo de tempo.
4. **Analisar a causa raiz:** Através de métodos como Diagrama de Ishikawa e Dos 5 porquês, até encontrar a causa raiz.
5. **Definição de contramedidas:** uma vez encontrado a causa raiz, deve-se pensar em medidas a serem tomadas ou alteradas que resolveria essa causa.
6. **Implementar contramedidas:** com itens de ações reais em um cronograma planejado, para a realização destas.
7. **Monitorar resultados:** exibir se o problema foi amenizado ou resolvido depois que as contramedidas foram colocadas em uso, do ponto de vista do cliente, da empresa e do desenvolvimento pessoal dos envolvidos.
8. **Padronizar os processos bem-sucedidos:** uma vez que o processo se apresenta com sucesso, pode-se transformar o processo em um trabalho padronizado para ser replicado na empresa, ensinado para outros colaboradores ou, na forma de Yokoten, transmitido para outras pessoas, setores, unidades da empresa (OHNO, 1997; ARREDONDO-SOTO, 2021).

#### 2.4.2 Kaizen e Yokoten

Kaizen é uma filosofia de origem japonesa de melhoria contínua que busca aperfeiçoar processos, serviços e processos de forma constante e incremental. A palavra



Kaizen significa "melhoria ou mudança para melhor". Essa filosofia teve origem após a Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de impulsionar a economia do país e melhorar a qualidade dos produtos e serviços oferecidos (LIKER, 2021).

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.

Kaizen é uma filosofia de melhoria contínua que busca otimizar processos e aumentar a eficiência em uma organização. O trabalho padronizado é fundamental para o kaizen, pois estabelece uma base que deve ser constantemente aprimoradas, como garantir boas condições de trabalho e identificar oportunidades de melhoria, defeitos recorrentes, falhas de máquinas ou excesso de trabalho em processo. Além disso, problemas como sobrecarga e falta de regularidade também são alvos importantes para a implementação do kaizen. Assim, a prática de kaizen envolve a identificação e a resolução contínua de problemas para promover um ambiente de trabalho mais eficiente e produtivo (DENNIS, 2011).

Dessa forma, a ideia central do Kaizen é que essas pequenas mudanças promovidas pelas ideias individuais, realizadas de forma contínua e sistemática, podem gerar grandes melhorias ao longo do tempo de forma coletiva. A filosofia do Kaizen é baseada na participação ativa dos colaboradores em todos os níveis da organização, sendo incentivado a participação de todos visto que todas as áreas podem ser melhoradas.

Figura 9: Adesivos espalhados pela empresa para incentivo de Kaizens e Yokotens.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do Kaizen bem-sucedido é possível transformar essa ideia em um trabalho padrão, com ordem lógicas, ferramentas necessárias bem definidas, riscos e seguranças definidas e ações especiais que podem ser tomadas como avisos. Esse TP (Trabalho Padronizado) será compartilhado, e é isso que se chama Yokoten, que também é um conceito japonês e se refere à disseminação de boas práticas e lições aprendidas dentro de uma organização.

Yokoten é um conceito que se refere à prática de compartilhar resultados e boas práticas entre diferentes áreas de uma organização, especialmente em relação a melhorias contínuas, como aquelas implementadas como kaizen. O processo de yokoten envolve a disseminação horizontal de aprendizados, permitindo que os sucessos em uma área possam ser replicados em outras. Essa abordagem não apenas ajuda a melhorar o desempenho em métricas específicas, mas também promove uma cultura de colaboração e aprendizado coletivo (IMAI, 2014).

Dessa forma, através do Yokoten, há o compartilhamento de informações entre diferentes áreas de uma fábrica sobre aprendizados sobre problemas comuns e soluções adotadas, as equipes evitam erros repetidos e aceleram a implementação de melhorias, aumentando a eficiência e o desempenho coletivo da organização (DENNIS, 2011).

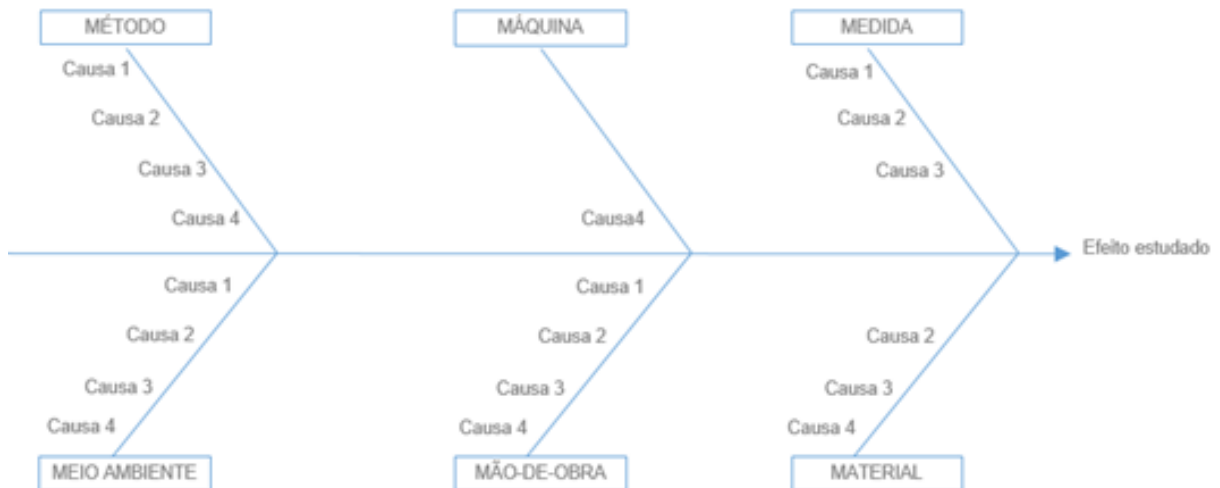
### **2.4.3 Diagrama de Ishikawa e 5 por quês**

A causa raiz de um problema, ou melhor, a análise da causa raiz (RCA – Root Cause Analysis) é uma técnica de solução de problemas que busca identificar e eliminar a causa de um problema, para que ele não se repita. Para esse trabalho há duas formas/técnicas para encontrá-la, sendo o Diagrama de Ishikawa e o Método dos “5 Porquês?”.

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama espinha de peixe, é um diagrama que busca identificar a causa raiz de um problema estudado. Cada braço desse diagrama tem um tópico de estudo, e são 6 tópicos, um para cada braço; são eles Método, Máquina, Medida, Meio Ambiente, Mão-de-obra e Material (KIRCHNER,

2010). Por exemplo, as causas que são relacionadas com a forma de trabalho devem ser colocadas no braço do Método.

Figura 10: Diagrama de Ishikawa.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os "cinco porquês" também é uma técnica que busca encontrar a causa raiz de um problema. Essa técnica consiste em perguntar a um problema "por que?" e a cada resposta, repetir essa pergunta até que se tenha perguntado cinco vezes. Exemplo: Problema em que uma máquina parou de funcionar.

1. Por quê? A máquina parou porque o fusível queimou.
2. Por quê? O fusível queimou porque havia uma sobrecarga elétrica.
3. Por quê? A sobrecarga elétrica ocorreu porque a máquina estava funcionando com um defeito.
4. Por quê? O defeito não foi percebido pois não realizaram manutenção regular.
5. Por quê? Não foi realizado a manutenção porque não há um plano de manutenção para esse equipamento.

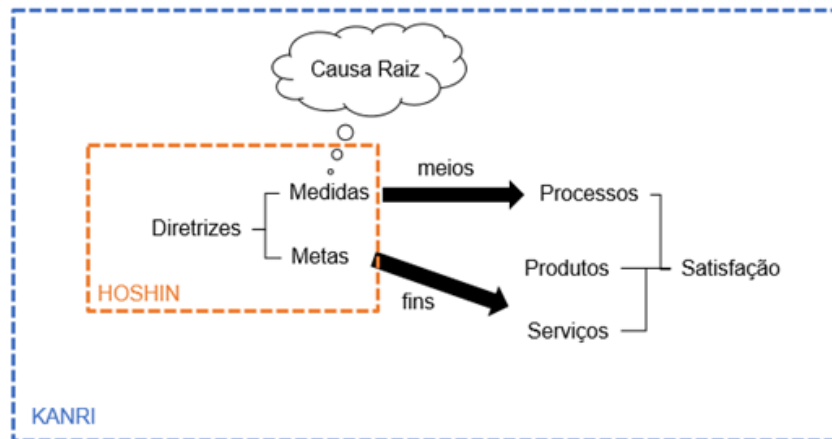
Dessa forma, tem-se um método simples para que se possa encontrar a causa raiz de um problema.

#### 2.4.4 Hoshin Kanri

Hoshin Kanri é uma abordagem de gestão estratégica originada no Japão, que visa alinhar os objetivos de longo prazo da organização com as atividades diárias de todos os colaboradores, assim com as metas de curto prazo. Essas palavras enfatizam a importância de orientar e gerenciar as ações para alcançar a visão da empresa e são utilizadas conforme a Figura 11.

Hoshin Kanri garante que todos na organização estejam trabalhando em direção aos mesmos objetivos estratégicos. Isso é alcançado através de um processo de comunicação, e definição de metas e medidas claras em todos os níveis da empresa, através das diretrizes e da utilização do ciclo PDCA para implementar, revisar e ajustar as estratégias, permitindo uma abordagem sistemática e contínua de melhoria. As medidas formam os processos pelos meios, enquanto as metas formam os produtos e os serviços pelos fins, os três juntos garantem a satisfação do cliente.

Figura 11: Fluxograma de HOSHIN – KANRI.



Fonte: Elaborado pelo autor.

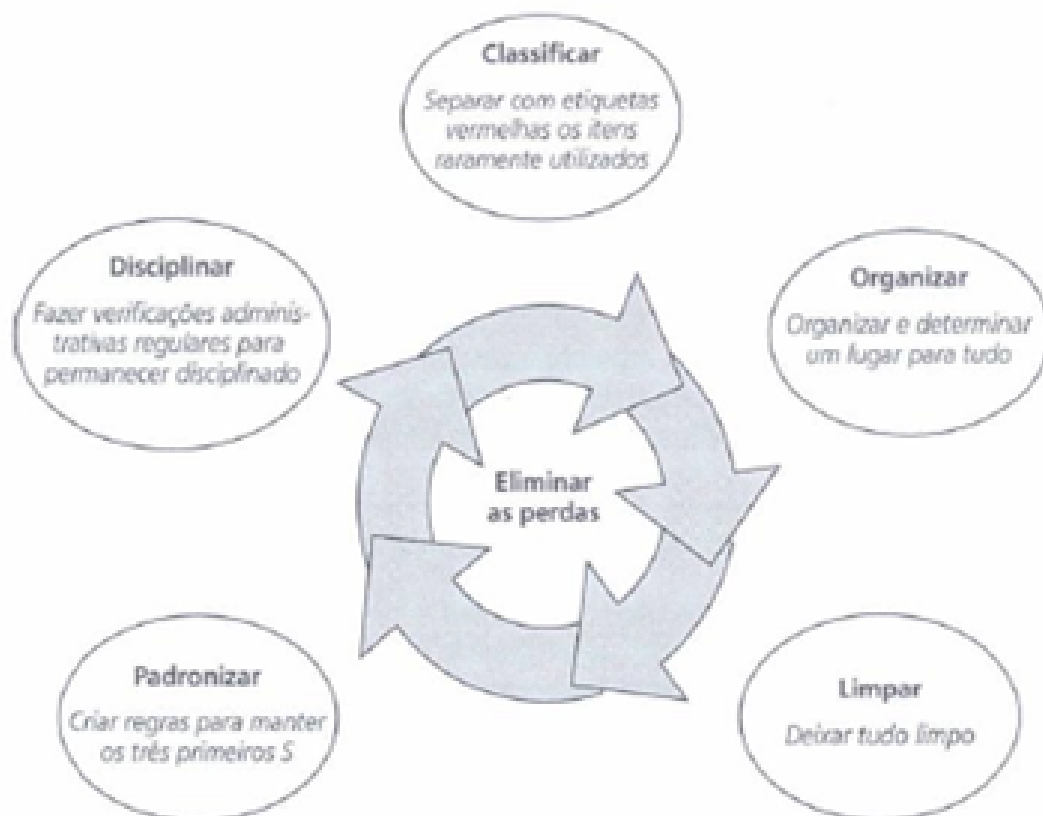
O Hoshin Kanri permite o gerenciamento das estratégias em todos os níveis da empresa, e entre as diferentes funções hierárquicas, unindo os esforços de toda a organização para alcançar os objetivos fundamentais do negócio. O princípio essencial do Hoshin Kanri é que cada colaborador, independentemente de sua função ou posição hierárquica, deve integrar em sua rotina uma contribuição para o cumprimento das prioridades que são essenciais para o sucesso da empresa (WITCHER, 2007).

### 2.4.5 5S e inspeção visual

O 5S é uma metodologia de organização e melhoria contínua, criado no Japão, com objetivo de criar/ manter um ambiente de trabalho limpo, organizado, seguro e produtivo. O termo 5S representa cinco palavras japonesas iniciadas pela letra "S", que descrevem as etapas da metodologia:

**Seiri (Senso de Utilização):** Separação. Consiste em identificar, separar e eliminar itens desnecessários, reduzindo o excesso de objetos, documentos e materiais no ambiente de trabalho. O objetivo é manter apenas o que é realmente necessário para as atividades, facilitando o acesso aos itens importantes e reduzindo a desordem.

Figura 12: 5S.



Fonte: (LIKER, 2007).

**Seiton (Senso de Ordenação):** Classificação. Envolve a organização eficiente

dos itens necessários após a etapa de seleção. Os materiais, ferramentas e equipamentos devem ser dispostos de forma lógica, com fácil acesso e identificação. É importante designar lugares específicos para cada item e criar sistemas visuais, como etiquetas e sinalizações, para ajudar na localização e no retorno dos itens ao local correto após o uso.

**Seiso (Senso de Limpeza):** Limpar e inspecionar. Refere-se à prática regular de limpeza do ambiente de trabalho. Isso inclui a remoção de sujeira, poeira, resíduos e qualquer outra fonte de contaminação. A limpeza deve ser realizada de forma sistemática e rotineira, envolvendo todos os colaboradores, e não apenas como uma tarefa ocasional. O objetivo é criar um ambiente limpo, seguro e agradável, que contribua para a saúde e bem-estar dos funcionários.

**Seiketsu (Senso de Padronização):** Manter e repetir os primeiros 3S. É a etapa de estabelecimento de padrões e normas para manter os resultados alcançados nas etapas anteriores. Envolve a criação de procedimentos e diretrizes claras para a organização, limpeza e manutenção do ambiente de trabalho. Além disso, inclui a padronização de práticas de trabalho, fluxos de comunicação, treinamentos e documentação de processos. O objetivo é garantir a consistência e a continuidade das práticas de 5S ao longo do tempo.

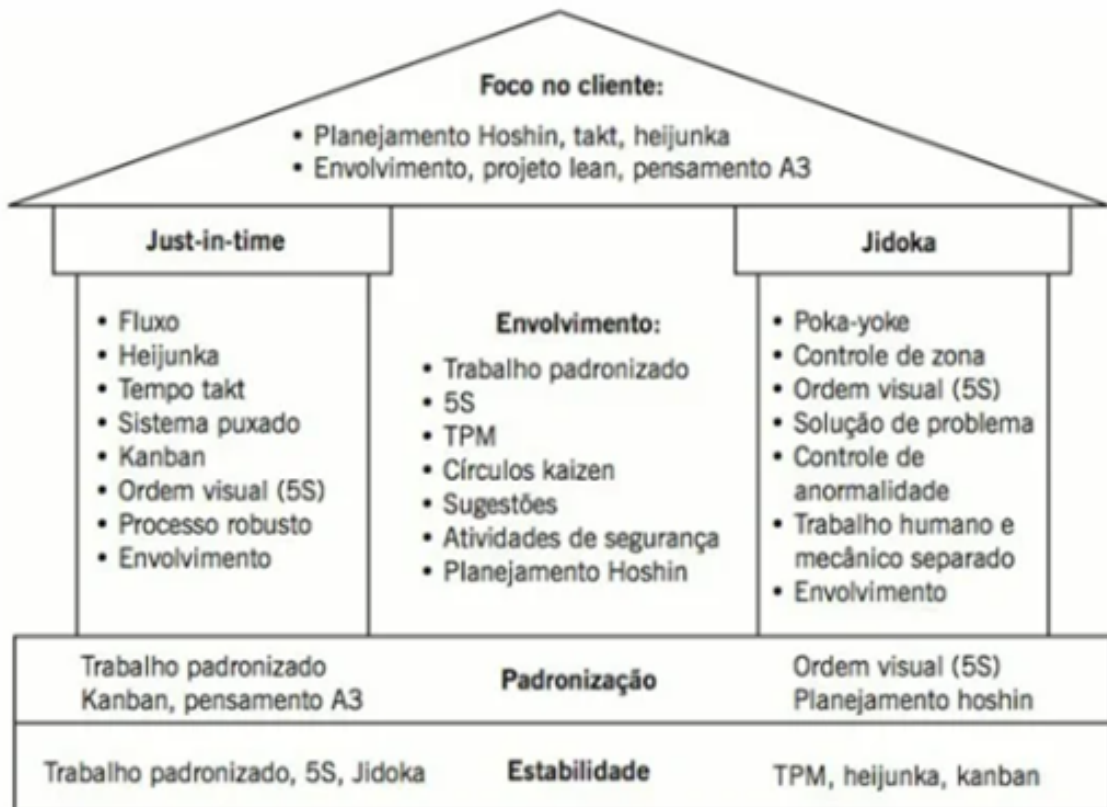
**Shitsuke (Senso de Disciplina):** Perseverar em manter o processo. É a etapa de consolidação e autodisciplina. Envolve a adoção de hábitos e comportamentos que sustentem a prática dos 5S. Todos os colaboradores devem ser responsáveis por manter o ambiente organizado, limpo e seguro, seguindo os padrões estabelecidos. O senso de disciplina é fundamental para garantir a continuidade e a melhoria contínua dos resultados alcançados com os 5S (DAUCH, 2016 e DENNIS, 2011).

Já o exame visual, ou inspeção, como elemento de manutenção é o método mais antigo, rápido, e utilizado de inspeção. Através desse método é possível enxergar possíveis discontinuidades e defeitos superficiais. Notar vazamentos de líquidos lubrificantes, sinais de fumaça, sinais de desgaste, processos inadequados de soldagem, usinagem, fundição, entre outros. (NEPOMUCENO, 1989).

## 2.5 Aplicabilidade das Ferramentas de Melhoria Contínua no PCM

O *Lean Manufacturing* busca priorizar atividades que agregam valor, reduzindo desperdícios e eliminando ações desnecessárias, que resultariam em custos mais altos para o cliente.

Figura 13: Imagem básica da produção *lean*.



**Fonte:** (DENNIS, 2011).

Esse trabalho, como mencionado anteriormente, tem foco na melhoria contínua, que é um conceito que se refere à busca constante pela melhor prática em uma atividade específica. Isso não implica em mudanças radicais, mas sim em melhorias graduais e sustentáveis, com o objetivo de padronizar a execução da atividade da maneira mais eficiente possível. Ter processos estáveis e reproduzíveis é crucial para estimar os tempos de produção. A proposta da Toyota foi padronizar as melhores práticas e consolidar o aprendizado até alcançar um padrão de excelência. Assim, a melhoria contínua consiste em aprimorar esse padrão, incorporando novas melho-

rias constantemente. Sem a padronização, mesmo as inovações mais impactantes podem se perder, não contribuindo para o aprendizado coletivo ao longo do tempo. A padronização é, portanto, a base para a verdadeira inovação contínua (LIKER, 2007).

Além disso somado ao sistema 5S pensado por Hiroyuki Hirano, com o TPS elaborado por Seiichi Nakajima e com o fluxo contínuo de Keniche Sekine, com a metodologia do Kaizen e Yokoten, forma as bases do sistema *lean*: Padronização, Estabilidade e Envolvimento (DENNIS, 2011).

### **2.5.1 Indicadores de Desempenho (KPIs)**

Os KPIs (*Key Performance Indicators*), são métricas utilizadas para avaliar o desempenho de uma organização, equipe ou projeto em relação a suas metas. Eles fornecem uma maneira quantificável de medir o progresso e o sucesso em áreas específicas, permitindo que as empresas tomem decisões informadas e direcionem suas ações para melhorar resultados.

Além de ajudarem a monitorar os resultados da manutenção, conseguem apontar oportunidades de melhoria. Em contrapartida, também podem indicar a falta de capacitação das equipes, evidenciando a necessidade de investimentos em treinamento. A indústria deve selecionar os indicadores que mais fazem sentido para sua estratégia e atuação no mercado (GREGÓRIO, 2018).

Indicadores de desempenho são essenciais para mensurar e verificar a performance real do processo de manutenção. Os indicadores mais comuns na literatura são DF, MTBF, MTBS, MTTR (MENDES, 2015).

#### **1. DF – Disponibilidade Física:**

A Disponibilidade física de um equipamento é a fração entre as horas trabalhadas pelas horas que ele poderia ter trabalhado se não tivesse parado para manutenção (VIANA, 2002).

Logo, se um equipamento operou as 10 horas no dia que ele tinha que operar, ele terá DF de 100



$$DF = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Horas totais disponiveis}} * 100\% \quad (1)$$

## 2. **MTBF – Mean Time between Failures – Tempo médio entre falhas:**

O indicador MTBF indica, em média, quando poderá ocorrer uma falha em determinado item (GREGÓRIO, 2018).

$$MTBF = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Numero de paradas para corretiva}} \quad (2)$$

Note que uma empresa que adota a falha como divisor da manutenção tem o MTBF menor do que aquelas que adotam a pane. Isso gera uma falsa impressão de confiabilidade (VIANA, 2002).

## 3. **MTBS – Mean time between Stoppages – Tempo médio entre paradas:**

Na área de manutenção agrícola, MTBF é na realidade o tempo médio de paradas para corretivas, já o MTBS é mais preciso para a confiabilidade pois ele calcula todas as paradas, inclusive as planejadas ou não planejadas que não são corretivas, considerando paradas e interrupções.

$$MTBS = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Numero de paradas ou interrupcoes}} \quad (3)$$

## 4. **MTTR - Mean time to repair – Tempo médio para reparo:**

Já o MTTR é o tempo médio para que a manutenção corretiva leva para consertar a máquina. É calculado pela fração do tempo total da máquina parado pelo número de paradas para manutenção corretiva (VIANA, 2002; GREGORIO, 2018).

$$MTTR = \frac{\text{Horas de indisponibilidade}}{\text{Numero de paradas para corretiva}} \quad (4)$$

### 3 Metodologia

As ferramentas de melhoria contínua de processos utilizadas serão: O PDCA, um acrônimo para “*Plan, Do, Check, Act*” que traduzindo do inglês para o português é Planejar, Fazer, Verificar e Agir, e consiste em dividir o problema em etapas e ao segui-las você terá seu problema resolvido. Os KPIs são indicadores de performance, “*Key Performance Indicators*” em inglês, que são uma forma direta e eficaz de medir o progresso com relação a metas e desempenho em diversas áreas do negócio. Kaizens, sendo melhorias que tem propósito, seja para melhorar a segurança e/ou qualidade daquela situação, essa ideia de melhoria é um Kaizen, desde que seja sustentável e seja possível a implementação. RCA, ou Análise da Causa Raiz, que é quando se define claramente qual o problema e então, utilizando e técnicas como os 5 Porquês ou Diagramas de Ishikawa para encontrar a causa raiz, e logo, medidas preventivas para agir sobre. Este último, portanto, é utilizado para elaboração do ciclo PDCA de 8 etapas, como visto anteriormente.

O foco desde trabalho não é envolver diretamente o *Lean manufacturing*, mas sim verificar como algumas de suas ferramentas, relacionadas a melhoria contínua, são capazes de gerar mudanças em todas as áreas de produção, com ênfase na manutenção automotiva de uma empresa sucroalcooleira.

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

O método do estudo em questão é considerado um estudo de caso, estudando acontecimento reais e cotidianas do setor de manutenção automotivo da empresa em questão. Através da hipótese que as ferramentas de melhoria contínua têm influência positiva no planejamento e controle de manutenção, serão avaliados trabalhos e projetos realizados através dessas ferramentas e seus impactos reais.

Contudo, a pesquisa tem caráter exploratório, em que outras hipóteses e conclusões serão construídas conforme apresentam-se resultados. Os resultados, porém, terão características quantitativas ao mesmo tempo que será necessário uma visão

qualitativa, tendo portanto, uma abordagem mista (NASCIMENTO, 2015).

### **3.2 Disseminação da Cultura *Lean***

Dentro da empresa, há uma cultura forte e consolidada em razão de projetos que seguem a metodologia *lean* no sentido de transformar ferramentas de melhoria contínua para implementação em vários setores da empresa, através da filosofia do Honshi Kanri. Dentro da empresa, existem pessoas treinadas que pregam e são responsáveis pelos treinamentos em atividades como o 5S, Kaizen e PDCA, e áreas divididas para que cada uma dessas pessoas sejam responsáveis por uma área.

Logo, tem-se que a cultura é muito forte, e tem acontecido inúmeros trabalhos visando acabar com os 7 desperdícios do *lean* mencionados anteriormente, além de melhorar questões de saúde, meio ambiente e segurança de todo o processo.

## 4 Resultados e Discussão

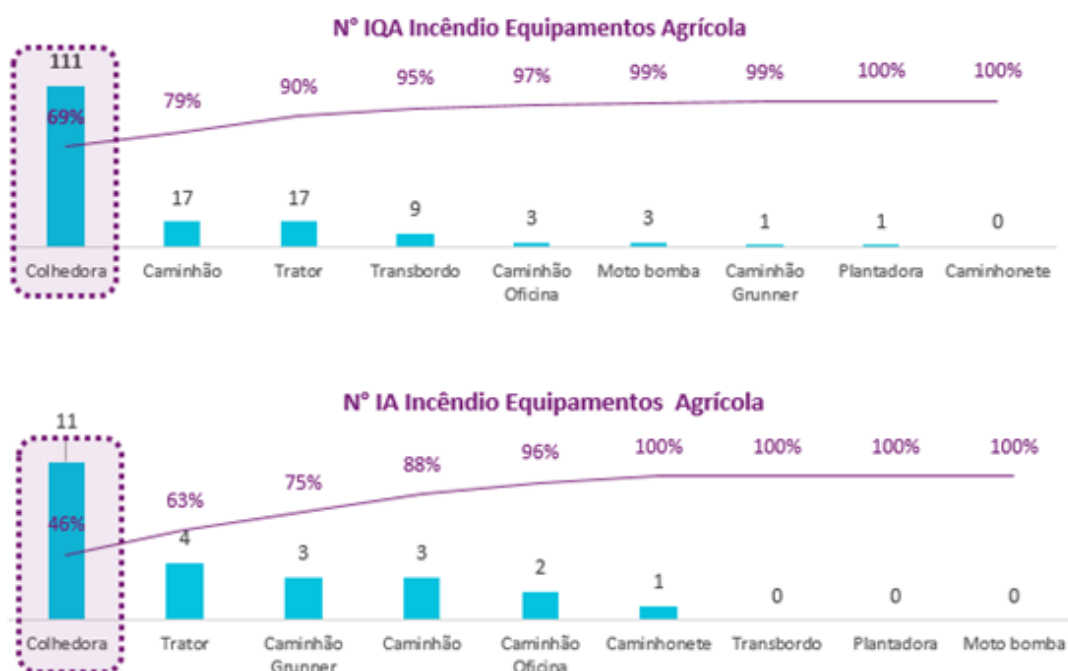
### 4.1 PDCA/A3

Os resultados serão apresentados na forma de PDCA/A3, sendo 3 projetos. O primeiro visando a melhoria em SSMA – Saúde, Segurança e Meio Ambiente, o segundo será visando redução de desperdícios na empresa, tanto em custo quanto em mão de obra e em número de paradas, já o terceiro será para a redução de desperdício.

Como diz Rodriguez; et al. (2017), o ciclo PDCA se revela uma ferramenta valiosa para a identificação e consolidação de melhorias. A aplicação da metodologia teve resultados na identificação das causas subjacentes dos problemas relacionados à manutenção e possibilita a implantação de melhorias significativas, evidenciando seu impacto positivo na eficiência operacional.

#### 4.1.1 SSMA

Figura 14: Identificação do problema através de indicadores de IQA e IA de incêndio em máquinas agrícolas.

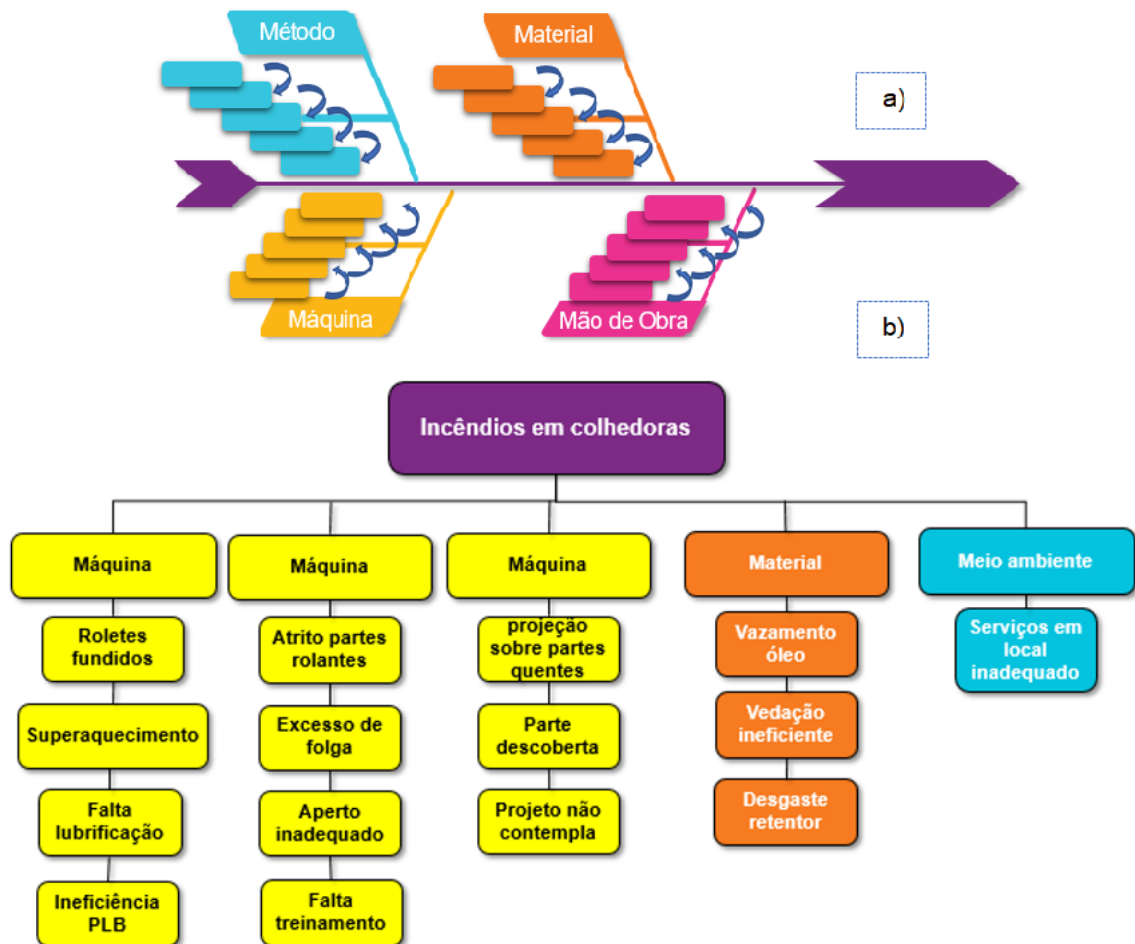


Fonte: Elaborado pelo autor.

O problema apresentado é de incêndio em equipamentos móveis (agrícolas), que afeta significativamente a segurança dos operadores, brigadistas e mecânicos, assim como demonstra perigo ao meio ambiente com o risco da propagação do fogo.

A partir da Figura 14 pode-se observar os números de IQA (Investigação de Quase Acidentes) e de IA (Investigação de Acidente) foram altos para as colhedoras, logo, a etapa 1 foi realizada identificando o problema que é incêndio em colhedoras.

Figura 15: Estratificação do problema utilizando o método do diagrama de Ishikawa em (a) e uma adaptação em (b).



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A segunda etapa do PDCA/A3 busca estratificar o problema e identificar o maior agravante desse problema principal, como visto na Figura 14, as colhedoras apresen-

tam o maior número de incêndios e quase incêndios. Define-se a meta de 5 IA de incêndios para o próximo semestre.

A Figura 15, utiliza ferramentas apresentadas anteriormente como o Diagrama de Ishikawa e o método dos “5 Por Quês?” de maneira modificada. Através da transformação do diagrama espinha de peixe para uma tabela, visto na Figura 15 (b), e apresentando perguntas para cada componente, conseguimos ainda separar os problemas entre Método, Material, Máquina e Mão de Obra. Ainda se pergunta “por que?” esse problema ocorre, colocando a resposta embaixo até que encontre a causa raiz.

Através desse método, se encontra as causas raízes, que seriam o desgaste do retentor do mancal do rolo, a ineficácia do processo de programação, a falta de treinamento, o projeto da máquina não contemplar a proteção das turbinas, a falta de um procedimento de inspeção e por fim, a falta de limpeza e organização adequada. Essa é a terceira etapa do PDCA/A3. A quarta etapa será analisar a causa raiz.

A partir da análise da causa raiz, são definidas contramedidas (5ª etapa) que posteriormente serão implementadas (6ª etapa) para cada uma das causas raízes encontradas.

A 7ª etapa é a obtenção de dados para monitorar se as contramedidas foram bem sucedidas ou não, e caso sim, os resultados são padronizados e compartilhados finalizando a 8ª etapa.

A implementação será feita por um cronograma e avaliado mensalmente os índices de IAs e IQAs.

Dessa maneira, há a necessidade de acompanhamento desse processo para obtenção de resultados quantitativos para avaliar quanto de impacto esse ciclo PDCA terá, porém, já é possível determinar qualitativamente que houve um impacto positivo na empresa pois foi determinado o ponto focal de um problema que envolve segurança dos colaboradores e do meio ambiente e foram traçados diretrizes para eliminar e reduzir o problema em suas causas raízes.

Foi utilizado o diagrama de Ishikawa na etapa 4 do ciclo PDCA, foi-se determinado um problema de material, quatro da máquina e um do meio ambiente. Dessa forma, de

acordo com a Figura 15.(b), utilizando o método dos 5 Porquês, para o Problema de Material se tem:

1. Por quê? Vazamento de óleo. 2. Por quê? Vedação ineficiente. 3. Por quê? Desgaste do retentor

Logo, traça-se um plano para monitorar a vida útil do retentor e evitar que o mesmo desgaste até o ponto de vazamento de óleo.

Já perguntando para as causas de Máquina têm-se:

(1) 1. Por quê? Roletes fundidos. 2. Por quê? Superaquecimento durante operação. 3. Por quê? Falta de lubrificação. 4. Por quê? Ineficácia de planos de lubrificação (PLB)

(2) 1. Por quê? Atrito de partes rolantes. 2. Por quê? Excesso de folga. 3. Por quê? Aperto inadequado. 4. Por quê? Falta de treinamento.

(3) 1. Por quê? Projeção de óleo sobre partes quentes. 2. Por quê? Parte quente descoberta. 3. Por quê? Projeto da máquina não contempla proteção de turbina, escapamento e coletor.

Portanto, contramedidas foram tomadas para minimizar e reduzir a ineficácia de programação de manutenção, a falta de treinamento do pessoal envolvido e modificações que contemplem a proteção de turbina, escapamento e coletor.

Agora quanto ao meio ambiente, tem-se apenas:

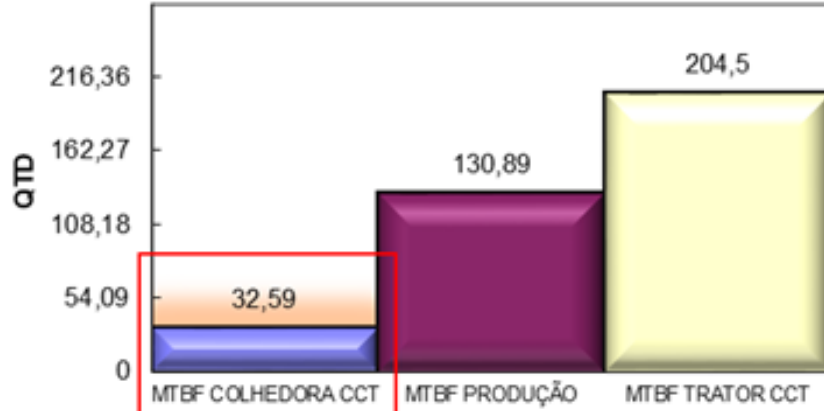
1. Por quê? Serviços a quente em local inadequado.

Desta forma, foi-se feita a adequação das ferramentas, equipamentos e adequação do local para que os serviços a quente.

Após resultados, foi indicado que o IA de incêndios em colhedoras teve uma redução em frequência. Porém, constata-se que o maior impacto foi a melhoria nas condições de trabalho que as contramedidas proporcionaram. Esse resultado é positivo pois reflete que os planos de ação desenhados, promoveram melhoria no ambiente operacional, aumentando qualitativamente o trabalho. Assim como é visto resultado quantitativo, com a redução desses IAs e IQAs.

#### 4.1.2 Diminuição de Defeitos

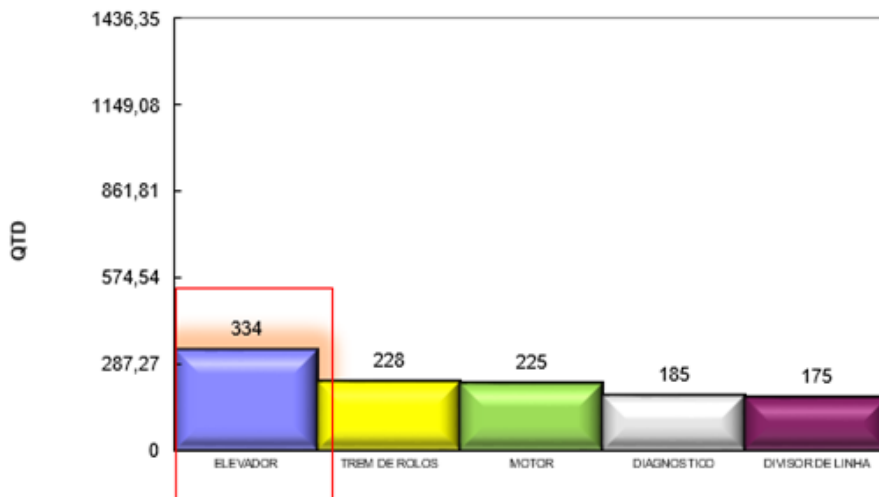
Figura 16: Indicador MTBF para CCT (colhedoras e tratores) e produção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse segundo PDCA/A3 indica um problema de baixo MTBF, indicador que representa o tempo médio que ocorrerá alguma falha novamente no equipamento, ou seja, é interessante que o MTBF seja elevado, pois será necessário que a máquina opere por mais tempo sem quebrar. Quando o MTBF é baixo, quer dizer que essa máquina terá mais gastos com reparos, peças, horas de mão de obra, o que resulta em uma menor produção, e por fim, menor lucro para a empresa.

Figura 17: Foi identificado que o maior número de paradas é devido ao reparo do elevador.



Fonte: Elaborado pelo autor.



A 1ª etapa então é a identificação do indicador MTBF baixo.

A 2ª etapa do PDCA/A3 é estratificar o problema, como demonstrado pela Figura 17, que indica que as paradas para manutenção das colhedoras acontecem em maior número para o concerto do elevador, mais especificamente a esteira rolante que apresenta defeito precoce.

A 3ª etapa, estabelece meta de aumentar o MTBF para pelo menos 35, após implementação das contramedidas.

Em seguida, pelos métodos apresentados, identifica-se as causas raízes apresentadas na Figura 18. Sendo elas: (1) Problemas de máquina: Falta de inspeção; (2) Problemas de método: Falta de aderência ao plano de manutenção e um método padronizado; (3) Problema de mão de obra: Falta colaborador capacitado; (4) Problema de Material: Falta de lavagem da máquina para facilitar que se note o problema e padrão para reparos elétricos.

Figura 18: Identificação das causas raízes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

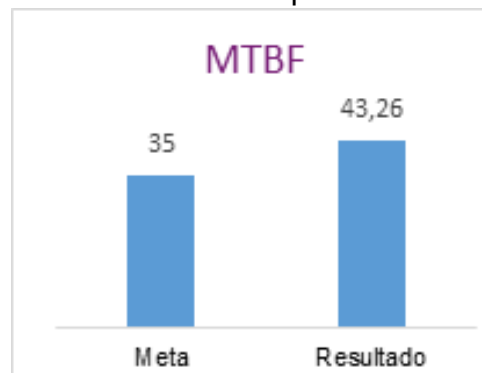
A partir das causas raízes, foi pensado em contramedidas a serem implementadas,

de forma que o resultado final apresenta um MTBF de 43,26 enquanto a meta era apenas 35. Logo, prova-se que as contramedidas foram efetivas, como explícito na Figura 19.

O problema proposto foi, portanto, resolvido e a meta foi superada. Esse PDCA aponta uma abordagem quantitativa, uma vez que foi possível calcular o aumento do indicador de MTBF, como visto anteriormente.

O MTBF é o tempo médio entre falhas, portanto, observa-se que o indicador apresentou um aumento, sugerindo uma melhoria na confiabilidade operacional dos equipamentos. Esse aumento no MTBF indica que a razão entre horas trabalhadas e o número de paradas corretivas cresceu, o que significa que, mantendo-se constante a quantidade de horas trabalhadas, o número de falhas ou paradas para manutenção corretiva diminuiu.

Figura 19: Resultado final comparado à meta estipulada.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Esse resultado é positivo pois reflete diretamente as melhorias implementadas para atuar nas causas-raízes dos problemas previamente identificados, isto é, as colhedoras passaram a operar de forma mais eficiente, com menor incidência de interrupções imprevistas.

A redução das paradas para manutenção corretiva sinaliza que as medidas adotadas — que podem incluir aprimoramentos nos processos de inspeção, em procedimentos de manutenção preventiva e em treinamentos especializados. De qualquer forma, têm contribuído significativamente para a estabilidade e o desempenho dos

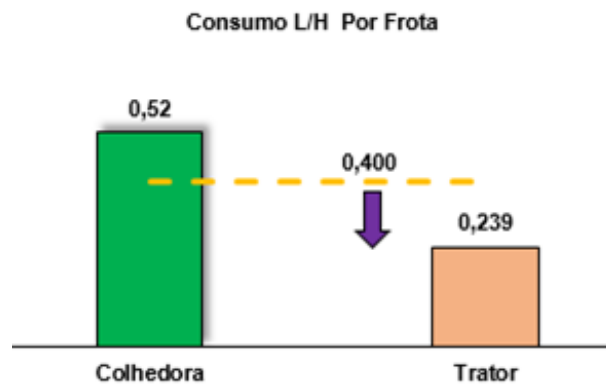
equipamentos.

Como consequência, além de uma operação mais confiável, a produtividade das colhedoras aumenta, reduzindo o tempo de inatividade e os custos operacionais associados à manutenção corretiva. A continuidade dessa estratégia de melhoria contínua pode ainda trazer benefícios futuros, prolongando a vida útil dos equipamentos e elevando a segurança e a qualidade no trabalho.

#### 4.1.3 Redução de Desperdícios

O problema apontado pelo PDCA/A3 de redução de desperdício trata-se do consumo elevado de óleo hidráulico destinado às colhedoras. Pela Figura 20 é possível identificar que o consumo de óleo em litros por horas por máquina é de 0,52, enquanto para tratores é de 0,239. Dessa forma, traça-se uma meta de abaixar o consumo de óleo para 0,4 ao final do trimestre.

Figura 20: Identificação do problema e meta estipulada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir disso, estratifica-se o problema para se obterem as causas raízes, e é identificado 3 em Máquina, 1 em Material e 1 em Método. O problema de máquina é que não existia controle sobre os componentes hidráulicos em relação a sua vida útil. Dois problemas de máquina levam para uma causa raiz de mão de obra: Falta de capacitação. O problema de material leva uma causa raiz de material: dificuldade em reparar as mangueiras e componentes hidráulicos. E o problema de Método leva para

uma causa raiz de método: Falta de procedimento de reutilização do óleo.

Figura 21: Estratificação para encontrar as causas raízes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das causas raízes é elaborado contramedidas que serão implementadas em um cronograma ao longo de três meses, como mostra na Figura 22, em que é possível notar quais contramedidas serão adotadas (Itens de Ação) e se foram cumpridas semanalmente.

Ao final dos três meses, foi feita uma reunião e verificação se o problema foi resolvido, isto é, se o consumo L/H por frota abaixou para menos do que 0,4 como indicaria a Figura 20. A partir disso será criada uma padronização do processo e compartilhado a solução, garantindo a redução do consumo de óleo na unidade e em outros setores/unidades da empresa.

Assim, qualitativamente, houve uma melhora no monitoramento e ações tomadas para evitar o desperdício e o uso elevado de óleo hidráulico utilizado nas colhedoras. Enquanto que quantitativamente houve uma redução na quantidade de óleo utilizado para abaixo da meta determinada. Logo, o PDCA teve impacto positivo, uma vez que o menor consumo de óleo significa menos gastos para a empresa, menos desperdícios como vazamentos e menos dificuldades para reparar mangueiras e componentes hidráulicos, o que influencia diretamente com o meio ambiente uma vez que o óleo hidráulico pode causar danos sérios se não for descartado adequadamente.

Figura 22: Cronograma de implementação das contramedidas.

ITEM	PROJETO	ITENS DE AÇÃO	jun				jul				ago			
			1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
1	Não existe definição do ciclo de vida de componentes	Realizar levantamento/estudo de ciclo de vida dos principais componentes hidráulicos e mangueiras												
		Inserir no controle do mapa de 52 semanas												
2	Não há procedimento para reutilização do óleo	Elaborar procedimento para reutilização do óleo hidráulico												
3	Falta de capacitação na montagem de mangueiras no equipamento	Providenciar capacitação/treinamento para os colaboradores												
4	Dificuldade no acesso ao procedimento de montagem de mangueiras (manual de montagem de mangueiras)	Disponibilizar catálogo com especificações de terminais e mangueiras												
		Elaborar procedimento de montagem de mangueiras.												
		Elaborar/realizar treinamento de montagem												

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 Kaizen e Yokoten

Figura 23: Foto de uma colhedora John Deere antes do kaizen.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Figura 24: Foto de uma colhedora John Deere após kaizen.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Outro fator de melhoria contínua na empresa é o Kaizen. Através de um IQA em que o pistão do elevador de uma colhedora rompeu e o elevador ficou solto em movimento

e quase acertou o trator em meio a operação, colaboradores da manutenção tiveram a ideia e aplicaram um Kaizen de segurança para evitar acidentes caso o pistão de qualquer outra colhedora voltasse a romper.

Essa ideia trata-se da fixação de correntes que segurariam o elevador ao corpo da colhedora. Esse projeto foi aplicado a uma colhedora, e posteriormente foi padronizado e repetido em outras colhedoras através da filosofia do Yokoten, de copiar Kaizen sucedidos e aplica-los. Através da análise da Figura 23 nota-se o momento antes do Kaizen e na Figura 24 após a melhoria.

No contexto da prática de Yokoten, foi aplicado pelo time de manutenção uma ideia já utilizada em outra unidade que fizeram desta ideia um Kaizen. Foi adicionado um pino para facilitar o dreno de um bujão pneumático. Esse processo demoraria em torno de 15 minutos, com essa melhoria aplicada (Figura 26), o tempo passou para 5 minutos, logo economizando 10 minutos.

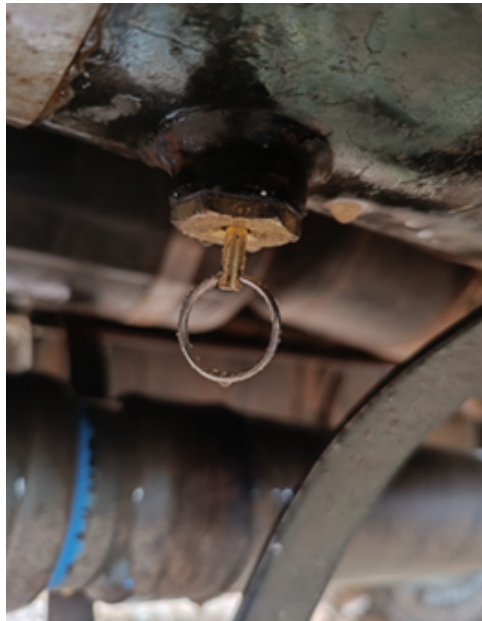
A soma de pequenas mudanças, com impacto positivo, é o que torna diferencial o processo de manutenção da empresa. A melhoria contínua não é realizada por grandes mudanças, mas sim pelos princípios do *Lean* de colaboração de todos, pequenas mudanças que juntas fazem a diferença.

Figura 25: Foto da válvula de dreno de um bujão pneumático.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Figura 26: Foto da válvula de dreno de um bujão pneumático após implementação de Yokoten.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 4.3 Benefícios Alcançados

Por meio do que foi verificado através dos três PDCA/A3, nota-se que ao final da implementação das contramedidas, houve uma diminuição dos IA e IQA de incêndio, houve uma redução do consumo de óleo hidráulico e um aumento do MTBF nas colhedoras da empresa.

A gestão eficiente dos recursos é essencial para o sucesso de qualquer empresa, especialmente na engenharia. A implementação de um programa de melhoria contínua pode levar a uma redução significativa de custos, otimização de processos e soluções eficazes para problemas existentes. O trabalho demonstra que, ao mudar a mentalidade e os processos organizacionais, é possível alcançar resultados expressivos sem a necessidade de grandes investimentos financeiros.

O trabalho analisou como a metodologia PDCA pode melhorar a gestão da manutenção, a etapa do *Plan* é feita pela identificação do problema e seus principais agravadores, já o *Do* é o estabelecimento de metas e analisar a causa raiz. *Check* é



definir e implementar contramedidas. Por fim o *Act* é o monitoramento de resultados e a padronização de métodos bem sucedidos.

Ao se tratar de uma usina sucroalcooleira, em que as colhedoras são "criticidade máxima" visto que representam a colheita de cana a ser moída e transformada em etanol, açúcar e energia, o que está diretamente relacionado com o lucro da empresa. Com isso, pode-se concluir que ao utilizar ferramentas de melhoria contínua, foi possível impactar positivamente a empresa como um todo, através de três pequenas mudanças, que foram notadas através dos indicadores.

O estudo aponta que a aplicação da metodologia *Lean* no setor de manutenção automotivo de uma usina sucroalcooleira teve impacto positivo. Pode-se concluir que os impactos se estendem por toda empresa devido ao Hoshin Kanri, que aplica a todos os níveis da empresa os mesmos padrões de excelência. Dessa forma, as ferramentas de melhorias contínuas, interligam entre si e identificam causas raízes de problemas diários, implementando contramedidas eficazes que são padronizadas e difundidas.

O modelo de melhoria contínua na manutenção não necessariamente é funcional apenas para o estudo de caso apresentado, e pode funcionar em outros ramos como visto por Campos (2024) em que a implementação de ferramentas de melhoria contínua teve efeito positivo na Disponibilidade física, performance e qualidade de uma empresa de lubrificantes.

Ou como aponta Baratela (2021), que o procedimento padrão e o treinamento funcionários podem criar rotinas de manutenção, quantificar problemas e monitorar indicadores de desempenho, de forma que a melhoria contínua não apenas organiza a produção, mas também fortalece a competitividade e a sustentabilidade da empresa no mercado.

Os Ciclos PDCA's apresentados, somados com a cultura da empresa que une todas as ferramentas de melhoria contínua de processos apresentados nesse trabalho, apontam para um impacto positivo na manutenção agrícola da presente empresa. Ao comparar os resultados com os presentes trabalhos citados nos parágrafos anteriores, nota-se um padrão em que os resultados após as mudanças são positivos. Todos

tiveram uma mudança quantitativa nítida.

Os PDCA's apresentados nesse trabalho também seguem os pontos apresentados na literatura vistos na Fundamentação Teórica e segundo os autores a padronização das atividades é crucial para a análise detalhada de cada etapa do processo, permitindo intervenções mais precisas e eficazes. Essa abordagem não só melhora a eficiência operacional, mas também facilita a identificação de áreas que requerem ajustes, promovendo uma cultura de melhoria contínua dentro da organização.

Como visto na Fundamentação Teórica, o PCM é responsável por gerir as funções da execução da manutenção. Através das ferramentas de melhoria contínua inseridas nos meios estudados nesse trabalho, PDCA/A3, Kaizen e Yokoten, é possível notar que há várias oportunidades de melhorias no cotidiano que passam despercebidas.

É principalmente nesse quesito que a visão macro dos indicadores de manutenção se torna importantes, pois através do comparativo entre eles, nota-se padrões que podem apontar comportamentos fora do padrão ou para outros indicadores como IA/IQAs e consumo de óleo, visto nos resultados.

As pequenas melhorias de Kaizens e Yokotens geram grande valor a empresa, em 2 anos de cultura, identificou-se ganhos milionários e notou-se que problemas comuns, deixaram de se repetir entre setores/unidades. Em comparação entre antes e depois das mudanças na empresa para a cultura atual, a organização em questão apresenta algumas diferenças notáveis, tanto positivas quanto negativas. Como visto pelas reportagens das páginas dos Sites Nova Cana, Portal Cana e Portal do Agronegócio, a empresa conseguiu ganhos milionários com dois anos de implementação de ferramentas de melhoria contínua em todos os setores. Dessa forma, a cultura da empresa demonstra um forte compromisso com a melhoria contínua, promovendo um ambiente que incentiva a inovação e a colaboração entre equipes. Há um foco significativo em capacitar os colaboradores, o que resulta em uma equipe mais qualificada e engajada além de que a integração entre diferentes setores é bem estruturada, facilitando a comunicação e a eficiência operacional.

De acordo com as matérias, em dois anos de atividade, o programa de Kaizen/PDCA

contribuiu com mais de 8,9 mil melhorias implementadas na área, resultando em uma economia superior a R\$ 16 milhões e na eliminação de 1,1 mil horas de trabalho não produtivo.

Este estudo analisa cinco atividades de Kaizen/PDCA de forma isolada, bem como as metodologias utilizadas, fundamentando-se nas filosofias lean. O objetivo é buscar um embasamento teórico que valide os resultados obtidos, afastando a ideia de que estes ocorreram por acaso. Assim, pretende-se demonstrar que as melhorias são o resultado de procedimentos sistemáticos e embasados em pesquisa.

Portanto, os resultados obtidos não apenas corroboram a literatura existente, mas também destacam a importância da integração de ferramentas de melhoria contínua na manutenção agrícola, sugerindo que a adoção dessas práticas pode ser um caminho promissor para outras empresas do setor.

#### **4.4 Desafios Encontrados**

Os resultados não apareceram diretamente, foi necessário um planejamento e controle do que estava sendo realizado, assim como estabelecimento de metas a curto e longo prazo. Assim como mencionado por Leonel (2008), houveram dificuldades em treinamento de funcionários nas ferramentas de melhoria contínuas, em análise dos dados coletados e na falta de familiaridade com os processos. Ainda assim, como evidenciado por Vicente (2021), a falta de controle é um dos desafios encontrados e uma oportunidade para melhoramento.

Em alguns momentos, medidas foram tomadas para alterar o processo das atividades que os colaboradores exercem. Essas mudanças foram resistidas em maior parte devido a eles estarem acostumados com métodos mais tradicionais. Entretanto, através da comunicação clara sobre os benefícios que a mudança traria consigo, os funcionários exerceram as funções conforme as mudanças.

Atrelado a isso existiu a falta de capacitação que levou a aplicação imatura das ferramentas de melhoria contínua. Para resolver isso, foi oferecido treinamentos já existentes na empresa, mas de forma a adaptar-se às necessidades dos funcionários

e utilizando formatos variados, para atender diferentes estilos de aprendizaje.

## 5 Conclusões

As ferramentas de melhoria contínua impactaram de forma positiva na Empresa e no PCM.

Por meio das ferramentas de melhoria contínua, PDCA/A3, Kaizen e Yokoten, verificou-se que várias oportunidades de melhorias no cotidiano passavam despercebidas.

A visão macro de indicadores desempenha papel importante para identificar e estratificar os problemas.

A Metodologia Lean contribui com a gestão e implementação de contramedidas, enquanto as ferramentas de melhoria contínua exercem papel principal em encontrar as causas raízes e resolvê-las.

A cultura da empresa, aplicando as ferramentas de melhoria, permitiu uma contribuição de todos, viabilizando um crescimento contínuo.

## 6 Sugestões Para Trabalhos Futuros

O estudo desse trabalho avalia apenas o aspecto da melhoria contínua do *Lean*, no setor automotivo da empresa., entretanto, há outros aspectos não estudados e outros setores que as metodologias estão em uso. Logo, sugere-se que em trabalhos futuros, o procedimento seja feito levando-as em consideração.

Ademais, recomenda-se em trabalhos futuros, a quantificação monetária e de tempo economizada pelos Kaizens e Yokotens, assim como apresentação dos indicadores relacionando o tempo antes comparado ao tempo depois da implementação das modificações, dessa forma, acrescentando um aspecto mensurável às modificações.

Por fim, os resultados dos três PDCA/A3 apresentados foram padronizados e serão difundidos pelas unidades/setores. Recomenda-se buscar os resultados que os mesmos processos geram em outros ambientes e sob condições diferentes.

## 7 Referências

ARREDONDO-SOTO, Karina Cecilia et al. A Plan-Do-Check-Act Based Process Improvement Intervention for Quality Improvement. *IEEE Access*, v. 9, p. 132779-132790, 2021.

BARATELA, R. M. PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA E MANUTENÇÃO PRODUTIVA. TOTAL NA FABRICAÇÃO DE CARRETAS E ENGATES: UM ESTUDO DE CASO. 2021. Bacharelado em Engenharia Mecatrônica – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2021.

BARBOSA, Bruno F. F. Proposta de melhoria na elaboração de planos de manutenção preventiva em máquinas florestais de colheita mecanizada de eucalipto. 2023. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2023.

CAMPOS, Matheus; CAMPOS, Luiz Claudio Rego. Melhoria contínua e manutenção preditiva: estudo de caso de fábrica de óleo lubrificante. *TEC-USU*, Rio de Janeiro, p. 73-84, 2024.

Com programa de melhoria contínua, Raízen obtém R 58 milhões em ganhos de produtividade e eficiência. Portal do agronegócio, 2023. Disponível em: <https://www.portal-doagronegocio.com.br/gestao-rural/analise-de-mercado/noticias/com-programa-de-melhoria-continua-raizen-obtem-r-58-milhoes-em-ganhos-de-produtividade-e-eficiencia>. Acesso em: 19 out. 2024.

DAUCH, Karina Ahlemeyer; DA SILVA, João Eduardo Azevedo Ramos; DE SOUZA JABBOUR, Ana Beatriz Lopes. Avaliação da implantação da metodologia 5S em uma empresa manufatureira: análise de etapas, benefícios e barreiras. *Exacta*, 2016.

DENNIS, Pascal. Produção lean simplificada. Porto Alegre: Grupo A, 2011. E-book.

ISBN 9788577802913. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/>. Acesso em: 26 jul. 2024.

EBEID, Akram A.; EL-KHOULY, Ingy A.; EL-SAYED, Aziz E. Lean maintenance excellence in the container handling industry: A case study. In: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2016, Bali, Indonesia, p. 1646-1650

FORD, H. My Life and Work. 1. ed. New York: Doubleday, 1922.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. Engenharia de manutenção. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/>. Acesso em: 28 set. 2024.

IMAI, Masaaki. Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua. 2nd ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. E-book. p.119. ISBN 9788582602386. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582602386/>. Acesso em: 19 out. 2024.

KARDEC, Alan; NASCIFI, Júlio. Manutenção: Função Estratégica. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KIRCHNER, Arndt. Gestão da qualidade. São Paulo: Editora Blucher, 2010. E-book. ISBN 9788521215615. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/>. Acesso em: 26 jul. 2024.

LEONEL, Paulo Henrique. Aplicação Prática da Técnica do PDCA e das Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos Industriais para Melhoria e Manutenção de Resultados, Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, v.



2, n.2, p. 19-41, 2019.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. O Modelo Toyota: Manual de Aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MENDES, Angélica Alebrant; DUARTE RIBEIRO, José Luis. A study of the quantitative methods that support RCM operation. In: 2015 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS). 2015.

MILL, J. S. Princípios de Economia Política. 1. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1986.

MOBLEY, R. Keith. Maintenance Engineering Handbook. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

MULLER, Cláudio J. A Evolução dos Sistemas de Manufatura e a Necessidade de Mudanças no Sistema de Controle e Custeio. 1996. Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

NAKAJIMA, Seiichi. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. New York: Productivity Press, 1988.

NASCIMENTO, Francisco P.; SOUZA, Flávio L. L. Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC. 1.ed. Brasília: Thesaurus, 2015.

NEPOMUCENO, Lauro X. Técnicas de manutenção preditiva, vol. 1. Editora Blucher, 1989. E-book. ISBN 9788521217466. Disponível em:  
<https://app.minhabiblioteca.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2024.

NEPOMUCENO, Lauro X. Técnicas de manutenção preditiva, vol. 2. Editora Blucher,

1989. E-book. ISBN 9788521217473. Disponível em:

<https://app.minhabiblioteca.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2024.

OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PALMER, Richard. Maintenance Planning and Scheduling Handbook. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

Programa SER+ de excelência da Raízen já apresenta resultados. Jornal Cana, 2022. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/mercado/usinas/programa-ser-de-excelencia-da-raizen-ja-apresenta-resultados/>. Acesso em: 19 out. 2024.

Raízen relata ganhos de R\$ 58 milhões com programa de melhoria contínua. Nova Cana, 2023. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/raizen-relata-ganhos-r-58-milhoes-programa-melhoria-continua-100423>. Acesso em: 19 out. 2024.

RODRIGUES, A. D. L. P., SANTOS, M. S., SERRA, M. C., PINHEIRO, E. M. (2017). A utilização do ciclo PDCA para melhoria da qualidade na manutenção de shuts. *iberamerican journal of industrial engineering*, 9(18), 48–70. recuperado de <https://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/v9n1803>

SILVA, João Pedro Morelli da. Implementação da ideologia e ferramentas lean na cultura do setor de manutenção automotiva, em uma empresa produtora de açúcar, etanol e bioenergia. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2022.

SOUZA, José Barrozo de. Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da pro-

dução (PCP): uma abordagem analítica. 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

TAVARES, Lourival. Administração Moderna da Manutenção. 1. ed. São Paulo:Novo Polo, 1999.

VIANA, Herbert. Manual de Gestão da Manutenção. 1. ed. Brasília: Engeteles, 2020.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: Planejamento e Controle da Manutenção. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 2002.

VICENTE, Pedro Teixeira. Aplicação da metodologia PDCA na gestão da manutenção de equipamentos móveis de uma empresa de mineração. 2021. 85 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

WITCHER, B. J.; CHAU, V. S. Balanced scorecard and Hoshin Kanri: dynamic capabilities for managing strategic fit. 2007.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas. 6.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

XENOS, H. Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar produtividade. 2. ed. Falconi, 2004.