

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAJUBÁ – FEPI

Curso de Engenharia Mecânica

Brenner Henrique Costa Carvalho

**IMPLANTAÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO AUTÔNOMA EM UMA INDÚSTRIA DE
AUTOPEÇAS**

ITAJUBÁ

2024

Brenner Henrique Costa Carvalho

**IMPLANTAÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO AUTÔNOMA EM UMA INDÚSTRIA
DE AUTOPEÇAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Itajubá – FEPI como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Marcos Vieira de Souza

ITAJUBÁ

2024

Ficha Catalográfica

COSTA CARVALHO, Brenner Henrique

Implantação da lubrificação autônoma em uma indústria de autopeças. Brenner Henrique Costa Carvalho. Itajubá, 2024.

60 p.

Orientador (a): Prof. Me. Marcos Vieira de Souza.

Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Mecânica. Centro Universitário de Itajubá – FEPI.

SOUZA, M, V. FEPI – Centro Universitário de Itajubá. Título Implantação da Lubrificação Autônoma em uma Indústria de Autopeças.

Ata de Apresentação do trabalho de conclusão do curso de Engenharia Mecânica

Centro universitário de Itajubá- FEPI

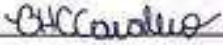
Em sessão às 18 horas do dia 04 de junho de 2024 o acadêmico **BRENNER HENRIQUE COSTA CARVALHO** apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado **"IMPLANTAÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO AUTÔNOMA EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS"** como requisito para conclusão do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Itajubá – FEPI perante a Banca Examinadora. Depois de todas as considerações feitas, o candidato foi considerado:

Aprovado


Aprovado com Restrições ()

Reprovado ()

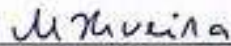
BRENNER HENRIQUE COSTA CARVALHO -
Acadêmico


Assinatura

PROF. MARCOS VIEIRA DE SOUZA
Orientador


Assinatura

Prof. Dr. MARCIO DE OLIVEIRA
Arguidor 1


Assinatura

Prof. Me Mario Vitor Pinheiro
Arguidor 2


Assinatura

AGRADECIMENTOS

É de grande alegria e satisfação que venho agradecer primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela minha saúde e a força em todos esses anos.

Agradeço meus pais, Edivaldo e Claudia, por terem me educado na fé e na vida profissional, me mostrando sempre o caminho correto para que eu fosse possível alcançar meus objetivos.

Agradeço meus irmãos Laira e Gabriel e a toda minha família por todo apoio e compreensão durante todo esse período de aprendizado e desenvolvimento, principalmente nesse último ano, pois a vida conjugada de trabalho com a faculdade sempre foi muito difícil e cansativa, mas mesmo assim, com muito incentivo e força de vontade consegui vencer todos esses desafios.

Agradeço também todos os professores, que durante esses cinco anos foram compartilhando aprendizados um a um para que fosse possível me tornar um engenheiro, principalmente a disponibilidade do coordenador Roberto Meira Junior e meu orientador Marcos Vieira de Souza que se mostraram solidários e acessíveis sempre que necessário.

E por fim agradeço ao meu orientador de estágio Luciano Pereira e a empresa em que estagiei pela oportunidade de realizar meu estágio e pelos aprendizados de manutenção durante todo esse tempo, que por sua vez foi fundamental pelo meu desenvolvimento.

“Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês”, diz o Senhor, “planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro...”

(Jeremias 29:11)

RESUMO

A concorrência no ramo automobilístico vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, sendo assim há necessidade que as demais empresas invistam em seus processos, garantindo a disponibilidade de seus equipamentos. Sendo assim, aplicam-se o método MPT que por sua vez tem como objetivo eliminar as perdas geradas ao longo do processo, alcançando quebra zero dos equipamentos e máquinas. As manutenções de lubrificação nas empresas são realizadas por terceiros, na maioria, com isso podemos destacar a manutenção autônoma, que é um dos pilares do MPT. Neste estudo, exploramos um caso de implantação de práticas de lubrificação em uma indústria multinacional que produz componentes metálicos para motores. Analisamos como uma maior colaboração entre os setores de produção e manutenção pode ser promovida por meio de uma mudança cultural entre os operadores, incentivando-os a se envolver mais com os equipamentos que operam. O objetivo é maximizar os indicadores de desempenho relacionados à manutenção. Sendo assim a empresa permite que os colaboradores tenham a autonomia de realizar algumas atividades de manutenção nos equipamentos que eles operam, que por sua vez destaca-se a lubrificação autônoma que garante que a lubrificação dos equipamentos seja realizada corretamente. A implantação do projeto iniciou-se no ano de 2012 e estendeu-se para os demais setores da indústria até os dias atuais. Foi elaborado um método de lubrificação, onde nele há o layout da máquina com os pontos de lubrificação existentes naquele equipamento, para auxiliar os colaboradores a executarem processo de lubrificação. Para o colaborador realizar um apontamento da atividade realizada de lubrificação, foi criado um checklist digital, que por si foi uma melhoria implementada, pois antigamente eram físicos e pôr fim a confecção dos armários de lubrificação, onde comporta os lubrificantes e todos os itens necessários, sendo: almotolias, bomba de engraxar, galões de óleo. Com a implantação do projeto da lubrificação autônoma, fez a empresa consequentemente obter um plano de lubrificação mais estruturado ao mesmo tempo organizado, possibilitando a redução da manutenção corretiva.

Palavras-chave: Lubrificação autônoma. Método de lubrificação. MPT

ABSTRACT

Competition in the automotive industry has been growing increasingly in recent years, so there is a need for other companies to invest in their processes, guaranteeing the availability of their equipment. This is why the MPT method is used, which aims to eliminate the losses generated throughout the process, achieving zero breakdowns of equipment and machines. Lubrication maintenance in most companies is carried out by third parties, so we can highlight autonomous maintenance, which is one of the pillars of TPM. In this study, we delve into a case of implementing lubrication practices in a multinational industry that manufactures metal components for engines. We examine how increased collaboration between production and maintenance departments can be fostered through a cultural shift among operators, encouraging them to become more engaged with the equipment they operate. The aim is to maximize maintenance-related performance indicators. As such, the company allows employees the autonomy to carry out certain maintenance activities on the equipment they operate, which in turn includes autonomous lubrication, which ensures that the equipment is lubricated correctly. Implementation of the project began in 2012 and has been extended to other sectors of the industry to this day. A lubrication method was drawn up, in which the layout of the machine is shown with the lubrication points on the equipment, to help employees carry out the lubrication process. A digital checklist was created for the employee to note the lubrication activity carried out, which was an improvement in itself, as in the past they were physical, and finally, the lubrication cabinets were made, which hold the lubricants and all the necessary items, including: oil dispensers, grease pumps and gallons of oil. With the implementation of the autonomous lubrication project, the company consequently obtained a more structured and organized lubrication plan, making it possible to reduce corrective maintenance.

Keywords: Autonomous lubrication. Lubrication method. MPT

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Tipos de manutenção.....	199
Figura 2 – Pilares da TPM.....	22
Figura 3 – Método de Lubrificação Antigo.....	39
Figura 4 – Método de Lubrificação Atual.....	40
Figura 5 – Divisões dos métodos de lubrificação.....	41
Figura 6 – Cabeçalho.....	41
Figura 7 – Procedimento do método de lubrificação.....	42
Figura 8 – Adesivos de identificação dos pontos de lubrificação.....	43
Figura 9 – Identificação dos pontos de lubrificação.....	44
Figura 10 – Postos e ferramentas disponibilizadas de lubrificação.....	45
Figura 11 – Postos antes da implantação.....	46
Figura 12 – Postos após implantação.....	47
Figura 13 – Orientação de utilização do Kamban aos colaboradores.....	48
Figura 14 – Orientação de utilização do Kamban ao lubrificador.....	49
Figura 15 – Checklist antigo.....	50
Figura 16 – Checklist atual.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidades de falhas relacionadas à lubrificação no 1º semestre de 2023 .	53
Gráfico 2 - Quantidades de falhas relacionadas à lubrificação no 1º semestre de 2024 .	54
Gráfico 3 – Comparação de quantidades de falhas relacionadas à lubrificação no 1º semestre de 2023 e 2024	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Aditivos.....	24
Tabela 2 – Identificação dos Lubrificantes.....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Justificativa	12
1.2. Objetivo Geral.....	13
1.3. Objetivo Específicos	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. Manutenção Industrial.....	14
2.2. Modalidades e estratégias de manutenção	15
2.2.1. Manutenção corretiva	15
2.2.2. Manutenção Preventiva	16
2.2.3. Manutenção Preditiva.....	17
2.2.4. Manutenção de melhorias ou Engenharia de manutenção.....	18
2.2.5. Manutenção Produtiva Total	20
2.3. Lubrificação e Lubrificantes	30
2.3.1. Tipos de lubrificantes e suas propriedades	31
2.3.2. Problemas ocasionados pela falta de lubrificação	33
3. MÉTODOLOGIA.....	35
3.1. Objeto de estudo	35
4. APLICAÇÃO	37
4.1. Implantação da Lubrificação Autônoma	37
4.2. Planos de Lubrificação.....	37
4.3. Métodos de Lubrificação	38
4.4. Posto de Lubrificação	45
4.4.1. Utilização dos Kambans	47
4.5. Checklist.....	49
4.6. Treinamento dos Colaboradores	52
4. RESULTADOS	53
5. CONCLUSÃO.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1. INTRODUÇÃO

A competitividade na indústria em geral tem aumentado cada vez mais, o que torna o mercado cada vez mais competitivo. Nas indústrias do setor automotivo não é diferente, as empresas buscam cada vez mais melhorar a eficiência e diminuir perdas por produção, sejam elas de matéria prima, de energia, de qualidade, de estoque, de mão de obra e de tempo de produção. Diante disso, as empresas buscam ferramentas e técnicas que trabalhem em prol desses objetivos. A participação da manutenção se conecta diretamente com os objetivos de diminuição das perdas e melhoria da eficiência dos processos produtivos e tem grande significância, uma vez que contribui com a redução das paradas não programadas, com o aumento da disponibilidade e por fim, com o aumento da vida útil das máquinas. Nesse sentido, uma das principais técnicas que as empresas aplicam é a TPM (*Total Productive Maintenance*) (NAKAJIMA, 1989)

A técnica TPM é uma abordagem sistemática de gestão da manutenção que visa maximizar a eficiência dos equipamentos e envolve os funcionários de uma organização. A metodologia foi desenvolvida no Japão e tem como principais aspectos a manutenção preventiva, inspeções regulares, treinamento dos operadores, melhoria contínua e envolvimento de toda a organização (NAKAJIMA, 1989).

Segundo Branco Filho (2008). A TPM é dividida em oito pilares que a sustentam. A Manutenção Autônoma é um dos principais pilares e, por isso, recebe um tratamento de maneira peculiar, uma vez que as técnicas utilizadas nesta atividade têm uma importância de grande valor na TPM. Neste pilar, parte das atividades de manutenção das máquinas são direcionadas aos operadores, que contribuem para a conservação do equipamento no melhor estado possível. Entre as atividades que, com a implantação da manutenção autônoma passam a ser atribuídas aos operadores, está a lubrificação, que tem responsabilidade direta na vida útil dos equipamentos, pois evita o desgaste dos dispositivos.

O setor de manutenção tem o papel central na implantação da técnica TPM, sendo crucial para que tal técnica tenha êxito. As atividades do setor são voltadas para o envolvimento

e capacitação dos operadores, fornecendo orientações, compartilhando conhecimentos técnicos e apoiando-os na execução adequada das atividades (KARDEC; NASCIF, 2010)

A lubrificação autônoma, como ferramenta do pilar de Manutenção Autônoma, é extremamente importante para a técnica TPM, visto que torna a conservação e desempenho dos equipamentos responsabilidade também da produção.

Neste trabalho, é abordado um estudo de caso da implantação da lubrificação em uma indústria multinacional, fabricante de componentes metálicos de motores. Discute-se a questão de uma maior colaboração entre produção, através da mudança cultural dos operadores, tornando-os mais envolvidos com os equipamentos operados e, manutenção, maximizando o indicador de desempenho.

1.1. Justificativa

Nos dias atuais, empresas de todos os setores enfrentam uma crescente pressão para aprimorar sua produtividade e reduzir custos para se manterem competitivas no mercado. Para que isso aconteça, é essencial ter um plano de manutenção, garantindo que as máquinas e equipamentos estejam em boas condições.

As boas condições do maquinário de uma empresa é um fator crítico para manter a satisfação do cliente e operações eficazes. Para garantir um desempenho consistente e evitar potenciais quebras que poderiam resultar na produtividade, é essencial uma gestão eficaz da Manutenção. Uma gestão cuidadosa da Manutenção não apenas reduz os custos relacionados a reparos, mas também fortalece a imagem da empresa, assegurando que os clientes recebam produtos ou serviços de alta qualidade de maneira confiável e consistente.

A alternativa para garantir a manutenção adequada dos equipamentos da empresa, envolve a implantação de um plano de lubrificação apropriada, prolongando a vida útil dos equipamentos. Ao estabelecer um programa de lubrificação bem gerenciado, a empresa pode minimizar o risco de falhas mecânicas e, assim, evitar paradas não planejadas na produção.

1.2. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em mostrar o procedimento de implantação da lubrificação autônoma em um setor específico de uma indústria de autopeças, para reduzir o número de ocorrências de notas de manutenção relacionadas a lubrificação devido a deficiências no processo onde ocorre a lubrificação.

1.3. Objetivo Específicos

Os objetivos específicos existentes deste trabalho incluem:

- Apresentar a implantação do projeto em uma indústria de autopeças;
- Apresentar os métodos de lubrificação e como utilizá-lo;
- Descrever a utilização do *checklist* mencionado;
- Apresentar os postos de lubrificação;
- Apresentar a utilização dos Kambans dos postos de lubrificação;
- Resultados após implantação;

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Manutenção Industrial

O termo manutenção pode-se definir como "todas as ações necessárias para manter um item em um estado especificado ou para restaurá-lo a esse estado". Ou seja, a manutenção é o processo de garantir que as máquinas, equipamentos e outros itens de produção estejam em boas condições de funcionamento, a fim de garantir a produção contínua e a qualidade do produto (NAKAJIMA 1989).

Com o surgimento de novas tecnologias e mudanças na estratégia das empresas, a manutenção vem ganhando destaque no decorrer dos anos e assim se aperfeiçoando. Como resultado disso, tem-se o surgimento de ramificações dentro do setor, onde cada uma delas tem uma maneira diferente para atuar nas soluções que reduzem os problemas de máquinas paradas. Para entender como a manutenção evoluiu ao longo do tempo, é preciso compreender como era realizada em cada etapa em todas as décadas (DUFFUAA E RAOUF 2011).

No início do século XX, a manutenção era vista como uma tarefa simples de reparo, realizada quando um equipamento falhava ou quebrava. A evolução da manutenção ao longo das décadas foi marcada por diversas mudanças na maneira como as empresas gerenciam seus ativos e equipamentos. Nesta época, as empresas confiavam principalmente em trabalhadores habilidosos para consertar e manter seus equipamentos, e não havia muita ênfase em planejamento, prevenção ou gerenciamento de ativos (DUFFUAA E RAOUF 2011).

Durante a Grande Depressão nos anos 30, muitas empresas começaram a adotar uma abordagem mais estratégica para a manutenção, com o objetivo de maximizar a vida útil de seus equipamentos e minimizar os custos de manutenção. Nesta época, surgiram técnicas como a manutenção preventiva, que envolviam as realizações de inspeções regulares e manutenção programada para evitar falhas e interrupções não planejadas (KELLY; HARRIS, 2014).

Segundo Mobley (2002), nos anos 60 e 70, houve uma maior ênfase na confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, impulsionada pelo rápido crescimento da indústria de petróleo e gás. Surgiram novas técnicas de manutenção, como a manutenção centrada em confiabilidade (MCC), que se concentra em identificar e gerenciar riscos de falhas em

equipamentos, e a Manutenção Baseada em Condições (MBC), que envolve o monitoramento contínuo do desempenho do equipamento para prever falhas e programar a manutenção de forma mais eficiente. Na década de 70, foi desenvolvido o *Total Productive Maintenance* (TPM) no Japão, que é uma abordagem de manutenção que busca a participação total dos funcionários de uma empresa para aumentar a eficiência dos equipamentos, reduzir falhas e aumentar a segurança no ambiente de trabalho.

Segundo Smith (2003), nos últimos anos, a manutenção evoluiu para se tornar uma disciplina altamente estratégica e integrada, com uma ampla variedade de técnicas e abordagens para garantir a operação confiável e segura dos equipamentos. A manutenção preditiva e a manutenção prescritiva, que usam dados e análises avançadas para prever e prevenir falhas em equipamentos, tornaram-se cada vez mais populares. Além disso, a gestão de ativos se tornou uma parte fundamental da manutenção, com empresas implementando sistemas de gerenciamento de ativos para monitorar e otimizar o desempenho de seus ativos ao longo dos anos.

Outra tendência importante na evolução da manutenção é a crescente adoção de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial, para tornar a manutenção mais eficiente e previsível. Essas tecnologias permitem a coleta de grandes quantidades de dados em tempo real, que podem ser usados para prever falhas em equipamentos e automatizar processos de manutenção.

2.2. Modalidades e estratégias de manutenção

Segundo Branco Filho (2008), existem diferentes tipos de manutenção que podem ser adotados na gestão de equipamentos industriais. Cada tipo de manutenção possui uma estratégia específica que visa atender às necessidades da produção e maximizar a vida útil dos equipamentos. Os tipos de manutenção serão descritos a seguir.

2.2.1. Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é uma estratégia de manutenção reativa, ou seja, é realizada apenas após a ocorrência de uma falha no equipamento. Essa abordagem tem como objetivo principal restaurar o equipamento ao seu estado normal de funcionamento o mais

rápido possível e evitar maiores perturbações nos processos. Dentro da manutenção corretiva tem-se ainda duas subdivisões que são: não planejada e planejada. A manutenção corretiva não planejada opera de forma aleatória e inesperada na correção de uma falha que já aconteceu ou, na queda de desempenho do equipamento. Como trata-se de uma manutenção de emergência, este tipo de manutenção tem como consequência altos custos, já que, a parada de um equipamento de modo inesperado pode afetar vários processos que vêm posteriormente a ele, (KARDEC; NASCIF, 2010)

Kardec e Nascif (2010), diferente da manutenção não planejada, se referem à planejada como a que não ocorre de maneira eventual e opera de acordo com as decisões gerenciais, podendo ser diretamente na falha ou apenas nas correções devido a um desempenho inferior ao desejado.

Para Amaral Junior (2012), este tipo de manutenção permite maior qualidade e agilidade, visto que se tem um tempo entre se detectar uma falha e a sua confirmação, proporcionando um maior tempo para a realização de uma intervenção planejada. De maneira comparativa, uma manutenção corretiva planejada permite ações mais rápidas e precisas, obtendo-se assim, menores custos do que manutenções corretivas não planejadas.

2.2.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é uma estratégia de manutenção proativa, realizada de forma programada, antes que ocorram falhas. O objetivo é evitar a ocorrência de falhas nos equipamentos. A manutenção preventiva pode ser realizada de forma sistemática, com base em um cronograma pré-definido, ou de forma condicional, com base em intervalos de tempo definidos (KARDEC; NASCIF, 2010).

Os fabricantes de equipamentos nem sempre fornecem dados precisos para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além do que as condições operacionais e ambientais influenciam muito na expectativa de degradação dos equipamentos, na definição de periodicidade e na substituição segundo Kardec e Nascif (2010). Assim, deve ser estipulada para cada instalação ou processos similares operando também em condições similares. Isso leva à existência de duas situações distintas na fase inicial de operação:

- 1) Ocorrência de falhas antes das atuações programadas pelo time de manutenção;

2) Abertura do equipamento/reposição de componentes prematuramente.

Segundo Kardec e Nascif (2010), os seguintes fatores devem ser levados em consideração para adoção de uma política de manutenção preventiva:

- quando não é possível a manutenção preditiva;
- aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação, que tornam necessária a intervenção, normalmente para substituição de componentes;
- por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional;
- riscos de agressão ao meio ambiente;
- em sistemas complexos e/ou de operação contínua. Ex. petroquímica, siderúrgica, indústria automobilística, etc.

A manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição; quantos mais altos forem os custos de falhas; quanto mais falhas prejudicarem a produção; e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional (KARDEC; NASCIF, 2010).

Entretanto, a manutenção preventiva proporciona a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução dos serviços programados, afirma Kardec e Nascif (2010). Assim, possíveis questionamentos à política de manutenção preventiva são levantados em equipamentos, sistemas ou plantas onde o conjunto de fatores não seja suficientemente forte ou claro em prol dessa política. Outro ponto negativo em relação à manutenção preventiva é a introdução de defeitos não existentes no equipamento devido a:

- 1) falha humana;
- 2) falha de sobressalentes;
- 3) contaminações introduzidas no sistema de óleo;
- 4) danos durante partidas e paradas;
- 5) falhas dos Procedimentos de Manutenção.

2.2.3. Manutenção Preditiva

Branco Filho, (2008) afirma que a manutenção preditiva tem como objetivo de realizar um monitoramento e/ou acompanhamento das condições de um sistema, de seus parâmetros operacionais e de seu eventual desgaste, sendo realizada através de medições ou inspeções que não venham a interferir na operação do sistema, destaca que as empresas tratam este tipo de

manutenção como uma “ciência avançada”, com equipes multidisciplinares específicas para cuidar apenas da manutenção preditiva, também afirma (XENOS 1998).

Ainda segundo Branco Filho (2008) o monitoramento realizado pela manutenção preditiva é uma grande estratégia nas empresas que possuem altos custos para ocorrência de falhas. Entretanto, é importante ressaltar o alto investimento de implementação deste tipo de monitoramento e, dessa forma, as empresas devem se atentar aos equipamentos para os quais serão utilizados no processo da manutenção, uma vez que se torna inviável a aplicação em toda a planta fabril (Rodrigues, Ferrarin e Olesko, 2013). Portanto, os equipamentos devem ser escolhidos conforme seu impacto para a produção, além de seu desempenho para a empresa (ALMEIDA, 2008).

Kardec e Nascif (2010) citam que para que a manutenção preditiva seja realizada, há algumas condições básicas:

- o equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- as falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

2.2.4. Manutenção de melhorias ou Engenharia de manutenção

Para Kardec e Nascif (2010), a “Engenharia de Manutenção é a segunda quebra de paradigma na manutenção e a sua prática significa uma mudança cultural no setor”, sendo uma estratégia de manutenção proativa que visa aperfeiçoar o desempenho dos equipamentos por meio de implementação de melhorias contínuas e mudanças na rotina das atividades da área de manutenção.

A aplicação da engenharia de manutenção implica na análise e proposta de melhorias, utilizando os dados que o sistema de preditiva colhe e armazena, ou seja, a engenharia de manutenção utiliza dados adquiridos pela manutenção. A partir disso, consegue aumentar a confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar a capacitação pessoal e gerir materiais e

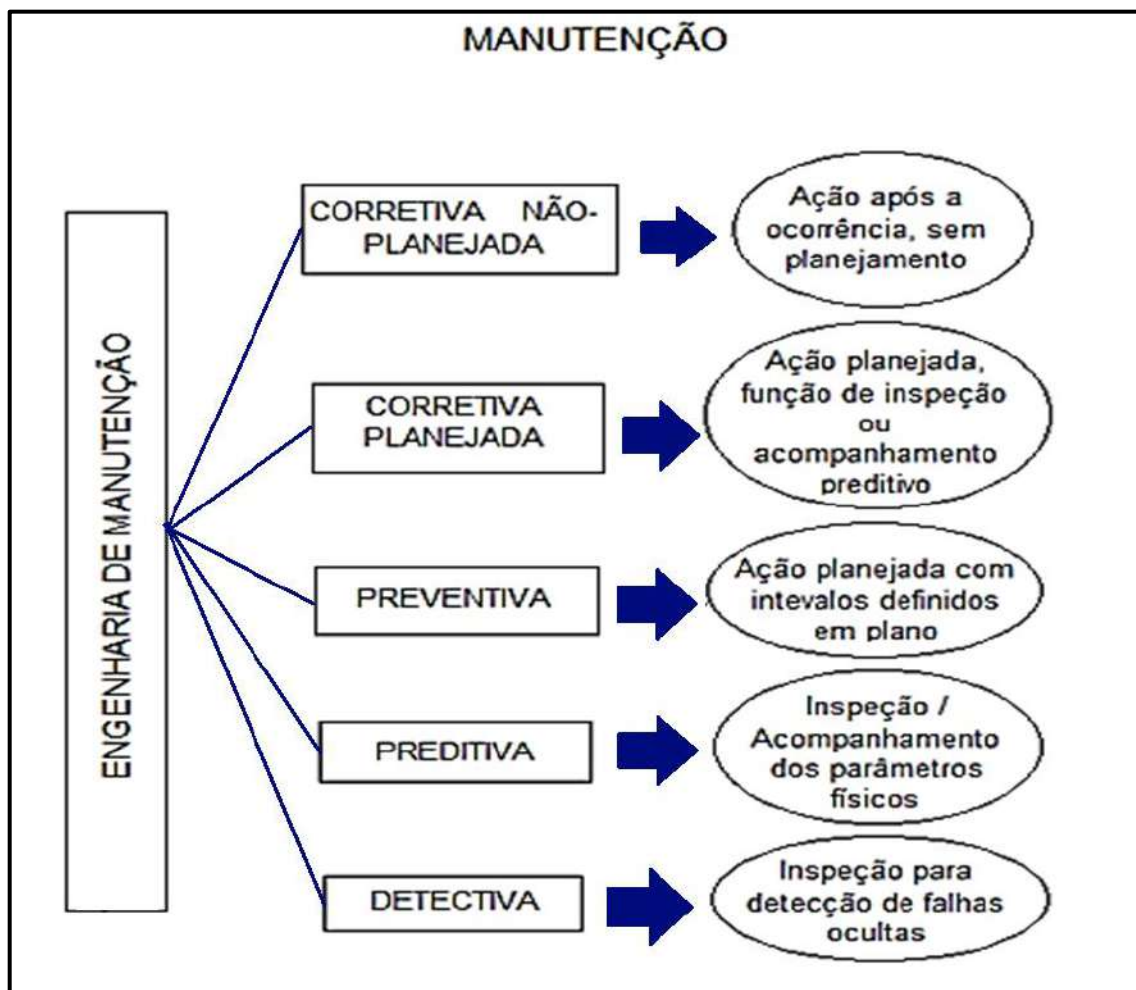
sobressalentes; dar suporte à execução e fazer análise de falhas; elaborar planos de manutenção, acompanhar indicadores e zelar pela documentação técnica. (KARDEC E NASCIF 2010)

Conforme Lima (2000), a manutenção por melhoria é aplicada nos seguintes casos:

- i. Quando a vida útil do equipamento é curta, com alta frequência de falhas e alto custo de manutenção;
- ii. Quando o tempo de reparo é elevado e há possibilidade de propagação da falha.

A Figura 1 nos mostra a diferença dos tipos de manutenção existentes e como a engenharia de manutenção se posiciona em meio a elas.

Figura 1 – Tipos de manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2010)

2.2.5. Origem da TPM

Segundo Kardec, Nascif (2010) a TPM teve origem no Japão, nas décadas de 1950 e 1960. Foi desenvolvida por Seiichi Nakajima na empresa Nippondenso, que mais tarde se tornou parte do Grupo Toyota. O objetivo inicial da TPM era enfrentar os desafios de manutenção que surgiram durante a implementação do Sistema Toyota de Produção e viabilizar o sistema *Just in Time*, através da melhoria da confiabilidade dos equipamentos (JIPM, 2008). Nakajima percebeu que a manutenção tradicional, que enfatizava reparos e manutenção corretiva, não era adequada para atingir os altos níveis de produtividade e qualidade exigidos pela filosofia *Lean* da Toyota.

O conceito de TPM foi apresentado pela primeira vez em um simpósio em 1961, organizado pelo Instituto de Manutenção do Japão, e a partir desse momento ganhou reconhecimento e se espalhou rapidamente no país, sendo adotado por várias indústrias. Nos anos seguintes, a TPM foi aprimorada e refinada, e sua implementação bem-sucedida em empresas japonesas serviu como exemplo para organizações ao redor do mundo, a partir de 1980, de acordo com (KARDEC; NASCIF, 2010).

Conforme Branco Filho (2008), a TPM é considerada uma das principais abordagens de gestão da manutenção e continua a evoluir para se adaptar aos novos desafios e demandas da indústria. Sua origem no Japão e sua ampla aplicação em diferentes setores evidenciam a importância e os benefícios que a TPM oferece para a maximização do desempenho operacional e a busca pela excelência na produção. Uma das principais evoluções é a integração com outras abordagens e conceitos de gestão, como por exemplo o *Lean Manufacturing*, onde busca eliminar desperdícios e reduzir tempos de parada, integrando os princípios *Lean* à gestão da manutenção e também ao *Six Sigma*, visando a melhoria contínua e a redução de defeitos e variações nos processos.

2.2.6. Manutenção Produtiva Total

Muito além de uma iniciativa da manutenção e um programa de melhorias, a TPM pode ser considerada uma abordagem operacional estratégica e que envolve toda organização de uma empresa, em toda escala hierárquica.

Para Branco Filho (2008), a TPM é um sistema de organização de trabalho onde o operador do equipamento ou máquina é de total responsabilidade por parte das atividades de

manutenção, que podem ser: (i) limpezas, (ii) lubrificações, (iii) ajuste e troca de ferramentas; (iv) pequenos reparos; e (v) verificações e inspeções visuais.

A letra “T” (*Total*) apresenta três significados. (i) Refere-se ao rendimento total das máquinas, proveniente da maximização do rendimento operacional das mesmas; (ii) sistema total, proveniente do enfoque global dos envolvidos, ou seja, engenharia, produção e manutenção e; (iii) participação de todos. De forma geral, o objetivo é criar uma cultura organizacional em que todos estejam comprometidos com a excelência operacional e a maximização do valor agregado (NAKAJIMA, 1989).

A letra “P” (*Productive*) destaca o objetivo principal da TPM, que é aumentar a produtividade dos equipamentos e processos de produção. Isso é alcançado por meio da eliminação de perdas, redução de tempos de paradas não planejadas, melhoria da eficiência geral dos equipamentos e maximização do tempo de atividade.

Por fim, “M” (*Maintenance*) reflete alteração e ampliação do conceito de manutenção com o objetivo de consertar o que quebrou para o conceito de conservar os equipamentos como novos; assim como, conservar o nível máximo do volume de produção. No contexto da TPM, a manutenção vai além da simples correção de falhas, abrangendo ações preventivas e proativas para evitar falhas e melhorar a confiabilidade dos equipamentos (BARBOSA, 2018).

Dentro dessa abordagem, reconhece-se o papel fundamental e central dos operadores. A TPM, que busca a eficiência e melhoria contínua, deve contar com o comprometimento dos operadores para o atingimento desses objetivos, que, por sua vez, contam com incentivos para tal. Eles são encorajados a adotar uma mentalidade de trabalho em equipe, resiliência e responsabilidade na busca desses objetivos. O advento da TPM trouxe consigo a expressão “da minha máquina cuidado eu”. Essa afirmação sugere que os funcionários terão maior autonomia ao desempenharem suas atividades (VERRI 1995).

Segundo Silva *et al.* (2013), o trabalho de manutenção dos processos produtivos se torna uma responsabilidade de todos os colaboradores, independentemente de sua posição hierárquica dentro da empresa e a participação dos operadores é particularmente enfatizada, pois ninguém melhor que eles para desvendar os detalhes que não são percebidos pelos mantenedores. A chave para o sucesso dessa abordagem está em incutir nas pessoas o sentimento de propriedade e responsabilidade, desde o operador do equipamento até a alta direção da empresa. Isso implica

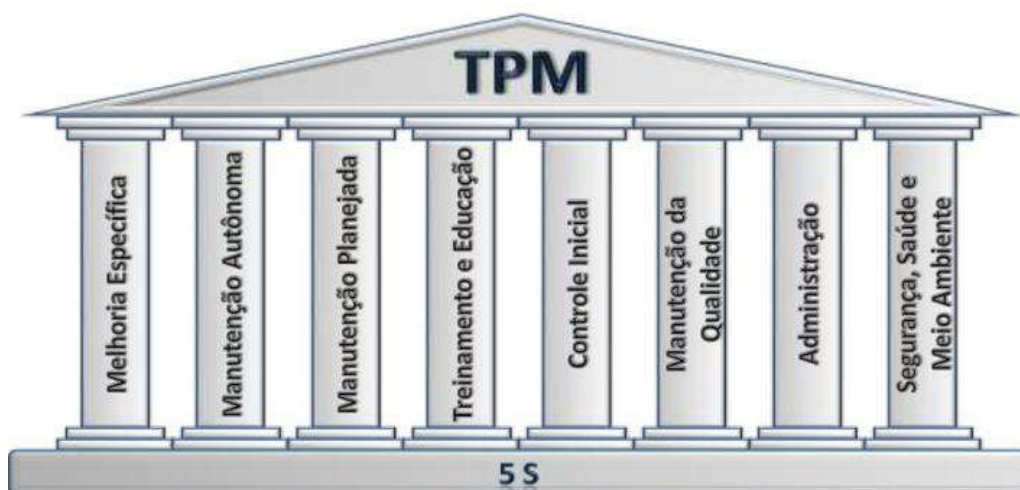
em evitar falhas por meio da qualificação e fornecimento de recursos adequados aos colaboradores (BARBOSA, 2018).

De forma geral, o objetivo da TPM é a maximização da eficiência dos equipamentos e dos processos de produção, garantindo a disponibilidade, confiabilidade e desempenho adequados dos ativos físicos da organização. A TPM busca o envolvimento de todos os colaboradores a fim de eliminar perdas e melhorar continuamente o desempenho operacional. Ao atingir esses objetivos, as organizações podem alcançar maior produtividade, qualidade e competitividade no mercado.

2.2.6.1. Os Pilares da TPM

Segundo Nakajima (1989), a TPM estruturou-se em cinco pilares, estabelecidos como básicos para sustentação ao desenvolvimento da abordagem. O Instituto Japonês de Manutenção de Plantas ou *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) introduziu mais três pilares aos cinco anteriormente estabelecidos por Nakajima (1989), com o objetivo de alavancar a TPM nas empresas, conforme Souza (2004). A Figura 2 representa os 8 pilares da TPM.

Figura 2 – Pilares da TPM



Fonte – adaptado de Ribeiro (2010)

Os pilares da TPM são elementos-chave que sustentam a implementação bem-sucedida dessa abordagem. Todos estes pilares estão interligados e são complementares e cada um deles desempenha um papel importante diante dos objetivos da TPM.

Embora não seja oficialmente um pilar da TPM, o 5S é frequentemente associado a essa abordagem e é amplamente adotado como parte de seu processo de implantação. A filosofia 5S é considerada uma etapa preliminar e uma base importante para a implementação bem-sucedida dos oito pilares da TPM (BARBOSA 2018).

A seguir serão descritos os oito pilares do TPM, com maior ênfase no pilar de manutenção autônoma.

1) Melhoria Específica

Nakajima (1989), descreve que o pilar de Melhoria Específica tem como objetivo dentro da TPM melhorar continuamente os processos, equipamentos e métodos de trabalho. A TPM se baseia na filosofia japonesa de melhoria contínua, que busca eliminar desperdícios, otimizar o desempenho e aumentar a eficiência operacional. O conceito de Melhoria Específica utiliza ferramentas e técnicas de melhoria contínua, como *Kaizen*, Ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), análise de causa-raiz, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e outros para identificar oportunidades de aprimoramento e implementar soluções efetivas. O pilar de Melhoria Específica incentiva a participação de todos os colaboradores pela busca constante por eficiência e qualidade através do compartilhamento de conhecimento.

Além dos ganhos relacionados à produtividade e custos, a implementação deste pilar pode promover uma maior flexibilidade dos processos e também uma maior satisfação dos funcionários.

2) Manutenção Autônoma

A Manutenção Autônoma é um dos pilares mais importantes da TPM e de melhor aplicação, além de ser um dos pilares mais complexos da filosofia de melhoria contínua aplicada na manutenção. Este pilar implica na participação de todas as áreas envolvidas no processo produtivo nas atividades da manutenção, abrangendo todos os colaboradores da empresa em busca da melhoria contínua. Sua eficácia depende de outros pilares da TPM, como

da Manutenção Planejada, possuindo alta sinergia com práticas da manufatura enxuta, como o *Kaizen*, 5S e trabalho padronizado (TONDATO, 2004).

O pilar da Manutenção Autônoma se concentra na transferência gradual da responsabilidade pela manutenção dos equipamentos, dos departamentos de manutenção para os operadores que utilizam esses equipamentos diariamente, através da capacitação deles para realizar atividades básicas de manutenção, como inspeção, limpeza, lubrificação e aperto de parafusos. O objetivo é criar um ambiente em que os operadores possam detectar problemas em seus equipamentos e tomar medidas imediatas para prevenir a ocorrência de falhas, aumentando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos. Os principais objetivos da manutenção autônoma são: restaurar as condições básicas dos equipamentos; evitar a degradação acelerada; definir e realizar os ciclos de manutenção (SUZUKI 1993).

A Manutenção Autônoma carrega o conceito de que o operador é quem mais conhece o processo, tornando-se responsável pelo equipamento, como afirma a emblemática frase da manutenção autônoma “Da minha máquina cuidado eu!” (TONDATO, 2004).

Para Nakajima (1989), a consolidação da Manutenção Voluntária ou Autônoma passa por sete passos, que devem ser dominados perfeitamente. São eles:

1) Primeiro Passo – Limpeza inicial - A limpeza inicial proporciona uma maior solidez para o desenvolvimento de rotinas de manutenção autônoma. Ela tem como objetivo eliminar a sujeira, detritos e resíduos acumulados nos equipamentos, proporcionando um ambiente limpo e adequado para a realização das atividades de manutenção. Através da limpeza, o operador passará a conhecer melhor os detalhes da máquina.

2) Segundo Passo – Eliminação de locais de difícil acesso - Busca identificar e tomar medidas para eliminar ou minimizar obstáculos que dificultam a execução das atividades de manutenção autônoma e eliminar fontes de sujeitas que dificultem a limpeza e exijam menores intervalos de lubrificação. Ao se cumprir esse passo, os operadores poderão realizar suas atividades com um menor tempo e maior segurança.

3) Terceiro Passo – Elaboração de padrões de limpeza e de lubrificação - Os padrões são diretrizes estabelecidas para garantir que as atividades de limpeza e lubrificação sejam realizadas de maneira consistente, eficaz e que garantam a qualidade de lubrificação dos equipamentos.

4) Quarto Passo – Inspeção geral - Neste passo, os colaboradores são treinados a fim de executar inspeções nos equipamentos que identifiquem eventuais anomalias. Com a identificação de problemas de forma precoce, é possível tomar medidas para evitar avarias graves.

5) Quinto Passo – Inspeção voluntária ou autônoma - Os colaboradores realizam inspeções de rotina com padrões definidos pela equipe, considerando pontos de inspeção, critérios a serem seguidos, substituição, normas para desmontagens etc. Com as inspeções realizadas, são identificados eventuais desvios e criadas ações para solução dos respectivos desvios.

6) Sexto Passo – Organização e gerenciamento do local de trabalho - Busca-se criar um ambiente de trabalho limpo, seguro e eficiente, que facilite as atividades de manutenção do operador. Além disso, a conduta do colaborador quanto ao apontamento de situações e necessidades de aprimoramento devem ser discutidas.

7) Sétimo Passo – Consolidação e autocontrole - Busca-se consolidar as práticas de manutenção autônoma implementadas até o momento e desenvolver a capacidade de autocontrole por parte dos operadores, através de capacitação e desenvolvimento intelectual que proporcionem a continuidade e eficácia das atividades, além dos sentimentos de dono e do espírito de melhoria contínua.

3) Manutenção Planejada

A Manutenção Planejada envolve a gestão proativa e sistemática das atividades relacionada a manutenção e desempenha um papel crucial na otimização da eficiência e confiabilidade dos equipamentos, conforme (NAKAJIMA 1989).

Segundo Kardec, Nascif (2010) a partir de análises de falhas, histórico de equipamentos e dados de desempenho, a Manutenção Planejada estabelece e implementa planos de manutenção, sendo preventiva e preditiva, a fim de maximizar a disponibilidade dos equipamentos, minimizando paradas não programadas e evitando falhas, além de otimizar a programação das atividades de manutenção e garantir a disponibilidade dos recursos necessários. Esse pilar requer uma forte colaboração entre as equipes de produção e manutenção, a fim de identificar as prioridades e otimizar os recursos disponíveis. De forma

simplificada, o objetivo é substituir a manutenção corretiva emergencial (reativa) por uma abordagem mais proativa.

Nakajima (1989) propõe que para uma implementação eficaz da Manutenção Planejada, é importante o envolvimento e o cumprimento de todas etapas, a seguir descritas:

- Identificar os equipamentos mais importantes e críticos para o processo de produção. Estes equipamentos requerem uma atenção especial em termos de manutenção;
- Coletar e analisar dados históricos de manutenção, como histórico de falhas, tempo de atividade, tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF), tempo médio de reparo (*Mean Time To Repair* - MTTR), entre outros. Esses dados ajudam a identificar padrões e tendências de falhas e orientam na elaboração de planos de manutenção;
- Elaborar planos de manutenção preditiva e por fim preventivo para cada equipamento crítico. Esses planos podem incluir atividades como inspeções periódicas, lubrificação, ajustes, trocas de peças, monitoramento de condições, entre outros;
- Programar e agendar as atividades de manutenção planejada enfatizando a disponibilidade de recursos, minimizando o impacto na produção. Nesta etapa, é importante a sinergia entre manutenção e produção;
- Realizar o acompanhamento contínuo das atividades de manutenção planejada, registrar os resultados e analisar os dados coletados. Isso permite a identificação de melhorias nos planos de manutenção, ajustes nos intervalos de manutenção e otimização das atividades.

Com a implementação corretamente estruturada deste pilar, é possível, além de reduzir o tempo de paradas não planejadas e aumentar a disponibilidade dos equipamentos, prolongar a vida útil dos ativos e melhorar a eficiência global da produção, segundo (NAKAJIMA 1989).

4) Educação e Treinamento

O pilar da Educação e Treinamento, de acordo com Carrijo Lima (2008), reconhece a importância do conhecimento e da capacitação dos colaboradores na implementação bem-sucedida da TPM, enfatizando a necessidade de oferecer treinamento adequado para todos os níveis da organização, de forma que sejam desenvolvidas competências técnicas e comportamentais dos colaboradores como um meio de alcançar os objetivos de melhoria contínua. Ele se baseia na ideia de que a educação e o treinamento adequados são essenciais

para criar uma equipe qualificada e motivada, capaz de identificar problemas, implementar soluções eficazes e operar os equipamentos de forma eficiente.

Suzuki (1994) afirma que para uma implementação efetiva do pilar, é importante o cumprimento de algumas etapas, começando pela identificação das necessidades de treinamento, por meio de uma análise das habilidades, conhecimentos e competências necessárias para cada função e atividade na organização, e quais necessitam de aprimoramento. Com as necessidades identificadas, inicia-se a etapa de desenvolvimento através de programas de treinamento que abordem essas competências já identificadas. Os treinamentos podem ser de habilidades técnicas, específicos para as tarefas e atividades desempenhadas pelos colaboradores, como por exemplo a manutenção de equipamentos, operação de máquinas, leitura de diagramas elétricos, análise de falhas, entre outras, ou de habilidades comportamentais, onde são desenvolvidos habilidades como trabalho em equipe, comunicação eficaz, resolução de problemas, liderança, gestão do tempo, entre outras competências que ajudam os colaboradores a desempenhar suas funções de forma eficiente e contribuir para a melhoria contínua. Ao fim dos treinamentos e também de forma periódica, é importante a avaliação de resultados para medir a eficácia dos treinamentos oferecidos, com o objetivo de verificar a aplicação dos conhecimentos adquiridos no trabalho e identificar áreas que necessitam de mais aprimoramento. Essas avaliações ajudam a garantir que os treinamentos estejam atendendo às necessidades da organização e dos colaboradores.

Carrijo Lima (2008) ressalta neste pilar que o treinamento deve ser contínuo, ou seja, não deve ser considerado uma atividade pontual. Portanto, deve-se oferecer oportunidades de aprendizagem ao longo do tempo, por meio de programas de treinamento periódicos, reciclagens, atualizações técnicas e acompanhamento individualizado para garantir que os funcionários mantenham suas habilidades atualizadas e estejam preparados para enfrentar novos desafios.

5) Controle Inicial

Nakajima (1989), define o pilar de Controle Inicial tem como objetivo estabelecer padrões e procedimentos claros para a operação dos equipamentos, visando garantir uma partida suave, estável e eficiente. Dessa forma, é necessários processos de operação bem definidos, com instruções precisas, treinamento adequado e monitoramento constante.

Prado Filho e Ribeiro (2013) destacam no processo de implementação do Controle Inicial a eficácia e envolvimento, definindo procedimentos detalhados para a partida, operação e parada dos equipamentos, aliado aos procedimentos de segurança necessários. Em muitos casos são desenvolvidas as instruções de trabalho, que descrevem concisamente os passos necessários para a operação adequada dos equipamentos. Com os procedimentos elaborados, é necessário a realização, quando necessário, de treinamentos adequados aos operadores, capacitando-os a entender e seguir os procedimentos de operação. Por fim, tem-se o monitoramento e auditoria de forma regular, que busca verificar a conformidade com os procedimentos estabelecidos, além de identificar não conformidades em relação aos padrões estabelecidos e fornecer *feedback* aos operadores e realizar melhorias contínuas.

Segundo Pereira (2009) ao implementar o pilar de Controle Inicial, a empresa busca garantir que os equipamentos sejam operados de forma correta desde o início, evitando desgaste excessivo, falhas prematuras e perdas de desempenho, dando um passo a mais para a busca da excelência operacional.

6) Manutenção da Qualidade

O pilar de Manutenção da Qualidade, para Carrijo Lima (2008), tem como principal objetivo a garantia da qualidade dos produtos ou serviços por meio da prevenção de defeitos e falhas nos equipamentos e processos. Neste pilar é reconhecida a importância da qualidade para a satisfação dos clientes, competitividade da empresa e eficiência dos processos. Ele busca estabelecer práticas e procedimentos que assegurem a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos, evitando a ocorrência de defeitos, retrabalhos e desperdícios.

Entre as etapas englobadas neste pilar segundo Prado Filho e Ribeiro (2013) estão, inicialmente, a definição de padrões de qualidade que atendam as especificações dos produtos ou serviços, considerando as expectativas e requisitos dos clientes. Estes padrões são referências para o desenvolvimento dos produtos e avaliação da qualidade dos mesmos. Praticase também a etapa de prevenção de defeitos, por meio da implementação de medidas preventivas que evitam a ocorrência de defeitos nos produtos ou serviços. Isso pode envolver a análise de falhas passadas, a identificação das causas-raiz dos problemas e a implementação de ações corretivas para eliminar as fontes de defeitos, além de técnicas estatísticas que monitoram e controlam a variabilidade dos processos e monitoramento e inspeções.

Para que seja garantida a qualidade em todas etapas, são realizados treinamentos aos colaboradores em conceitos de qualidade, técnicas de inspeção, métodos de controle de qualidade e resolução de problemas, que agregam ao conceito de cultura com foco em qualidade, onde os funcionários passam a ter consciência da importância dos padrões necessários.

Ao implementar práticas e procedimentos voltados para a prevenção de defeitos, Carrijo Lima (2008) afirma que a empresa é capaz de entregar produtos de alta qualidade, aumentar a satisfação do cliente e obter vantagem competitiva no mercado.

7) Administração

Segundo Nakajima (1989) este pilar tem como foco o fornecimento, suporte e estruturação organizacional necessária para o sucesso da implementação e sustentação da TPM em toda a empresa. Para isto, este pilar busca o estabelecimento de metas e objetivos claros para a implementação da abordagem, a definição de estratégias e planos de ação, alocação de recursos adequados, criação de equipes multidisciplinares e a definição de responsabilidades e papéis dentro da organização. Para que se tenha sucesso, são desenvolvidos os sistemas de medição, relatórios e análises que permitam monitorar o desempenho do TPM e identificar áreas de melhoria, através de análises críticas, avaliações de desempenho e ajustes nos planos e estratégias conforme necessários.

Para Nakajima (1989) é de responsabilidade da Administração da TPM a participação na mudança significativa na cultura e nas práticas de trabalho da organização, quando implementado a TPM, promovendo a conscientização, o engajamento e a participação de todos os funcionários através da disseminação de informações de forma eficaz, além de treinamentos adequados para os funcionários em todos os níveis, de forma a capacitar e desenvolver as habilidades necessárias para a implementação e prática efetiva do projeto.

8) Segurança, Saúde e Meio Ambiente

Este pilar, segundo Carrijo (2008), se concentra na promoção de um ambiente de trabalho seguro, saudável e ambientalmente responsável, garantindo a proteção dos funcionários, a preservação do meio ambiente e o cumprimento das regulamentações legais aplicáveis.

Neste pilar, conforme Carrijo Lima (2008), são abrangidas as áreas de segurança ocupacional, que visa a promoção de um ambiente de trabalho seguro, que garanta a proteção dos funcionários, bem como a preservação do meio ambiente e o cumprimento das regulamentações legais aplicáveis, e ainda a saúde ocupacional, onde o foco é garantir que os funcionários estejam protegidos contra riscos à saúde relacionados ao ambiente de trabalho, como exposição a produtos químicos, ruído excessivo, poeira, entre outros. Além disso, é importante oferecer programas de saúde preventiva, exames médicos regulares e promover a conscientização sobre boas práticas de saúde. Por fim, tem-se a responsabilidade com a minimização do impacto ambiental das operações da empresa, através da adoção de práticas sustentáveis. Isso inclui a redução do consumo de energia e recursos naturais, a gestão adequada de resíduos, a prevenção da poluição, a conformidade com as leis ambientais e a promoção da conscientização ambiental entre os funcionários.

Suzuki (1994) enfatiza a importância da busca constante pela promoção e a integração das práticas de SSMA (Saúde, Segurança e Meio Ambiente) nas operações diárias, incentivando a participação ativa de todos os colaboradores na criação de um ambiente de trabalho saudável, seguro e ecologicamente consciente. Isso envolve a realização de treinamentos, campanhas de sensibilização, comunicação regular sobre práticas seguras, estabelecimento de comitês de SSMA e a criação de uma cultura de responsabilidade compartilhada.

2.3. Lubrificação e Lubrificantes

De acordo com o Carreteiro e Belmiro (2008), A lubrificação é o processo de aplicação de um lubrificante entre duas superfícies em contato, reduzindo o atrito e o desgaste das máquinas e equipamentos. Para Belinelli (2011), esse método previne danos prematuros, aumentando a durabilidade dos componentes mecânicos, e é uma prática de manutenção antiga e eficaz.

A lubrificação também deve ser executada de forma a garantir a limpeza dos fluidos utilizados, evitando a presença de impurezas que possam causar danos aos componentes do sistema. Essa precaução é essencial para evitar gastos e atrasos desnecessários na manutenção, além de preservar o funcionamento adequado dos equipamentos, conforme mencionado por (LLEWELLYN 2011).

Os sistemas ou mecanismos de lubrificação são selecionados de acordo com as necessidades de cada equipamento. Podem ser escolhidos com base em critérios como aumento de eficiência, extensão da vida útil, quantidade adequada de lubrificante e aplicação correta para evitar excessos, sempre visando a operação eficaz e a redução de falhas. Alguns exemplos comuns de dispositivos de lubrificação incluem sistemas de lubrificação a óleo, sistemas de lubrificação a graxa, lubrificadores mecânicos, lubrificadores hidrostáticos e sistemas centralizados de lubrificação por névoa, de acordo com (CARRETEIRO E BELMIRO 2008).

Ao selecionar o tipo de lubrificante, é essencial levar em conta as características específicas de cada mecanismo. Isso se deve à existência de lubrificantes líquidos e sólidos, e em algumas situações, um dos tipos pode não proporcionar o desempenho desejado conforme a aplicação, como é mencionado, segundo (CARRETEIRO E BELMIRO 2008).

2.3.1. Tipos de lubrificantes e suas propriedades

Afirma-se Carreteiro e Belmiro (2008), que diversos fluidos e até certos sólidos podem funcionar como lubrificantes. No entanto, a eficácia de um lubrificante só é comprovada quando demonstra bom desempenho em diferentes aplicações de campo. Em diferentes contextos, para Laranja, Aguiar e Sobrinho (2012), os lubrificantes geralmente são utilizados na forma de graxas e óleos derivados do petróleo. A viscosidade desses lubrificantes varia conforme a temperatura em que são aplicados.

As graxas são materiais sólidos e semi-sólidos providos de óleo juntamente com um espessante, no caso sabão, que dá a consistência necessária (TEXACO, 1994).

Para Hissa (1991), a graxa trata-se de um lubrificante mais complexo que o óleo, pois envolve fatores e considerações de aplicação, para que se obtenha de uma forma satisfatória o resultado na aplicação determinada. Além disso “os lubrificantes sólidos devem possuir forte aderência a metais, pequena resistência ao cisalhamento, estabilidade em altas temperaturas, ser quimicamente inertes e ter elevado coeficiente de transmissão de calor” (CARRETEIRO E BELMIRO 2008).

Para selecionar graxas para um rolamento, por exemplo, alguns fatores devem ser analisados, como: velocidade de rotação, temperatura de serviço, coeficiente de carga e condição do lubrificante. Já os óleos lubrificantes são fluídos que tem a função de lubrificar componentes e sistemas mecânicos e podem ser dos tipos: minerais, graxos, compostos e sintéticos (PEREIRA; BRITO, 2002).

Segundo Carreteiro e Belmiro (2008), os óleos dependem de uma propriedade fundamental para sua escolha, a viscosidade, de acordo com. O fator de viscosidade de um óleo deve ser adequado ao seu trabalho específico, fazendo com que o lubrificante escolhido tenha um bom rendimento na sua aplicação, conforme Hissa (1991).

Shigley, Mischke e Budynas (2005) indica que a viscosidade de um fluido é a propriedade que determina a sua resistência ao cisalhamento. Além disso, afirmam que a escolha adequada do fluido por essa propriedade fará com que o rendimento final seja satisfatório ou não. Para medir essa propriedade usa-se o instrumento recomendado pela norma ASME (American Society of Mechanical Engineers), o viscosímetro.

Para promover o rendimento funcional dos lubrificantes, tanto as graxas como os óleos podem ter adicionados na sua composição química aditivos de variadas características, dependendo do fator a ser controlado conforme (LARANJA, AGUIAR E SOBRINHO 2012).

A tabela 1 a seguir mostra os tipos de aditivos existentes e suas funções:

Tabela 1– Tipos de Aditivos

TABELA DE TIPOS DE ADITIVOS		
Tipo de Aditivo	Funções	Substâncias Usadas
Antioxidantes	retardar a oxidação dos óleos lubrificantes, que tendem a sofrer esse tipo de deterioração quando em contato com o ar, mesmo dentro do motor.	ditiofosfatos, fenóis, aminas
Detergentes Dispersantes	impedir a formação de depósitos de produtos de combustão e oxidação, mantendo-os em suspensão no próprio óleo e permitindo que sejam retirados pelos filtros ou na troca do lubrificante.	sulfonatos, fosfonatos, fenolatos
Anticorrosivos	neutralizar os ácidos que se formam durante a oxidação e que provocam a corrosão de superfícies metálicas	ditiofosfatos de zinco e bário, sulfonatos
Antiespumante	minimizar a formação de espumas que tendem a se formar devido a agitação dos óleos lubrificantes e prejudicam a eficiência do produto.	siliconas, polímeros sintéticos
Rebaixadores de ponto de fluidez	impedir que os óleos "engrossem" ou congelem, mantendo sua fluidez sob baixas temperaturas	
Melhoradores de índice de viscosidade	reduzir a tendência de variação da viscosidade com a variação de temperatura	

Fonte: Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte, 2005

2.3.2. Problemas ocasionados pela falta de lubrificação

Segundo Cozza, Tanaka e Souza (2009), o tipo de desgaste desempenha um papel fundamental no comportamento tribológico dos materiais. Nesse contexto, é de extrema importância estabelecer uma conexão entre os efeitos do desgaste e o estudo das superfícies, visando desenvolver componentes mais resistentes a esse fenômeno.

Afirma Carreteiro e Belmiro (2008) que o desgaste pode levar à ocorrência de fadiga, uma vez que expõe os materiais a esforços repetitivos, resultando em esfoliação, conforme afirmado por. Fadiga, é a falha que ocorre em um componente submetido a cargas cíclicas ao longo de sua vida útil conforme definido por (LIMA E BATISTA 2012).

Quando o limite de ciclos de carga é atingido, o componente desenvolve trincas, perde sua capacidade estrutural e, por fim, falha. Além disso, o dano a um componente ocorre quando há perda parcial de sua funcionalidade, tornando-se irreversível após um determinado número de ciclos de trabalho. O dano é causado por variações de carregamento que podem ser representadas por sequências equivalentes de picos e vales de tensões (LIMA E BATISTA 2012).

Outros fenômenos agravantes estão relacionados à redução da vida útil e ao aumento da necessidade de substituição de componentes metálicos sem lubrificação adequada. Esses fenômenos podem ocorrer em sistemas em movimento que não são lubrificados adequadamente.

Segundo Callister (2012), a corrosão e a oxidação são dois fenômenos que podem ocorrer nessas circunstâncias, e são particularmente suscetíveis às condições climáticas, sendo que a corrosão de um metal é o ataque eletroquímico e não intencional que ocorre principalmente em sua superfície. A corrosão é a deterioração de um material metálico causada pelos agentes químicos e eletroquímicos presentes no ambiente, juntamente com esforços mecânicos ou outros fatores. Além disso, a corrosão é responsável por 5% dos gastos totais da indústria, incluindo custos de manutenção, reparo e substituição de componentes afetados, bem como medidas preventivas para evitar danos (GENTIL 2011).

Em geral, aceita-se que a taxa de penetração da corrosão nos materiais seja de 0,05 mm/ano e também destaca que o ambiente ao qual os materiais metálicos de um componente são expostos desempenha um papel crucial em sua resistência à corrosão, uma vez que tanto a

atmosfera como a água, assim como o corpo humano e o solo, contêm agentes que podem causar danos químicos às superfícies dos metais. Por outro lado, a oxidação de um material metálico refere-se à formação de uma camada de óxido em sua superfície, devido a fatores ambientais aos quais o material está exposto, como mencionado por (CALLISTER 2012).

Não apenas a falta de lubrificação pode promover falhas em um determinado equipamento, mas também a lubrificação excessiva. Sendo assim, a lubrificação incorreta em si, trazem várias ocorrências de quebra de máquinas dentro de um ambiente fabril.

3. MÉTODOLOGIA

O método de pesquisa escolhido foi o estudo de caso, do ponto de vista técnico. Sendo assim o estudo se propõe a produzir conhecimentos que possam ser aplicados em situações práticas, ao relatar o contexto em que a investigação está sendo conduzida. Além, disso, ela se concentra no estudo minucioso e na descrição detalhada dos objetos investigados em situações reais, como é defendido por (GIL 2010).

Conforme Gil (2010) delinea, o estudo de caso é uma forma de investigação amplamente empregada nas ciências, caracterizada por uma análise minuciosa e intensiva de um número limitado de casos. Esta abordagem busca proporcionar uma compreensão abrangente e detalhada, uma tarefa que muitas vezes é difícil de alcançar através de outras metodologias. Por outro lado, a pesquisa descritiva, conforme discutida por Ribas e Fonseca (2008), concentra-se na representação fiel da realidade como ela se manifesta, utilizando observação, registro e análise dos fatos ou fenômenos em questão.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa qualitativa frequentemente busca uma análise minuciosa dos significados e características dos fenômenos estudados, concentrando-se em aspectos da realidade que não são facilmente quantificáveis. Essa abordagem investiga o universo de significados, motivos, crenças, valores e atitudes, adotando um plano de pesquisa aberto e flexível.

O estudo de caso será apresentado primeiramente o objeto de estudo, a implantação da lubrificação autônoma e por fim análise e resultados.

3.1. Objeto de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa multinacional presente em 4 continentes e que conta com aproximadamente 72.000 colaboradores. O grupo é um dos maiores fornecedores mundiais para a indústria automotiva. Atualmente, a multinacional produz todos os componentes necessários para montagem completa de motores e de veículos de forma geral, dentre eles: pistões, anéis de pistões, biela, buchas, cilindros, sistemas de gerenciamento térmico e compressores. Além disso, produz produtos inovadores que são usados em aplicações estacionárias, maquinário móvel e também em aplicações ferroviárias, marítimas e aeroespaciais.

O objeto de estudo escolhido para o presente trabalho foi a unidade responsável pela produção de autopeças composta por sete linhas de produção, obtendo máquinas de conformação e usinagem, além de uma central de conformação que antecede as linhas de produção e uma central de usinagem que precede o processo em linha, totalizando assim um total de 72 máquinas. Esses grupos de máquinas possuem operadores dedicados para cada máquina, e se dividem em 2 turnos. Além da equipe operacional, a unidade ainda conta com uma equipe de manutenção dedicada, composta por cinco mecânicos, dois eletricitas, um serralheiro e um lubrificador.

Os principais motivos que levaram à escolha desse objeto de estudo são a identificação da necessidade de se introduzir um programa de TPM eficaz na planta, envolvendo mais os operadores com atividades de manutenção, além da oportunidade de melhorar os indicadores de disponibilidades das máquinas.

Desse modo, a proposta do projeto é aplicar alguns dos conceitos da implementação do pilar de manutenção autônoma, da TPM, com foco na lubrificação autônoma para envolver de modo inicial os operadores com atividades da rotina da manutenção, juntamente com a contribuição para uma melhoria contínua e a busca pela excelência operacional.

4. APLICAÇÃO

A aplicação oferece uma análise detalhada da implantação do sistema de lubrificação autônoma em um dos setores de uma empresa do ramo automotivo.

4.1. Implantação da Lubrificação Autônoma

A reintegração da lubrificação autônoma em uma seção da empresa teve início em 2012, com o propósito de minimizar as falhas das máquinas e manter sua disponibilidade e confiabilidade operacional.

Em resumo, o projeto teve início com uma fase piloto em uma área crítica da empresa, onde as máquinas frequentemente enfrentavam problemas devido à falta de lubrificação. Após identificar os lubrificantes necessários para cada máquina, foi desenvolvido um método de lubrificação, um checklist correspondente e estabeleceu-se postos de lubrificação para garantir o acesso aos lubrificantes necessários.

4.2. Planos de Lubrificação

Com o propósito de melhorar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos, foi desenvolvido um plano de lubrificação para assegurar sua execução adequada e prevenir falhas que poderiam causar prejuízos à produção, como a quebra dos equipamentos.

Para iniciar o desenvolvimento do plano de lubrificação, foi conduzida uma pesquisa nos manuais das máquinas para identificar os tipos de lubrificantes requeridos por cada uma, assegurando que a lubrificação fosse realizada de maneira precisa e utilizando os produtos adequados.

Posteriormente, foram instalados quatro postos de lubrificação, todos identificados com o tipo de lubrificante, com intuito de abastecer oito linhas. Por fim foram desenvolvidos métodos de lubrificação, onde possibilita auxiliar o colaborador a realizar a tarefa de lubrificação correta dos equipamentos existentes.

4.2.1. Lubrificantes Utilizados

Durante esta etapa do processo de planejamento, serão definidos os tipos e quantidades de lubrificantes a serem utilizados nos equipamentos, bem como a identificação dos lubrificantes apropriados. Essas decisões serão embasadas em consultas aos manuais dos fabricantes dos equipamentos e aos fornecedores de lubrificantes, conforme mostra a Tabela 2 a seguir que nos permite identificar os tipos de lubrificantes utilizados:

Tabela 2 – Identificação dos Lubrificantes

TABELA DE IDENTIFICAÇÃO DOS LUBRIFICANTES		
NOMENCLATURA DO	SIMBOLOGIA	APLICAÇÕES
RENOLIN CLP 150	CC-150	Óleo lubrificante para redutores
RENOLIN B 10	HM-32	Óleo lubrificante para comando hidráulico
RENOLIN TAC 432	G-68	Óleo lubrificante para guias e barramentos
RENOLIN B 20	HM-68	Óleo lubrificante para comando hidráulico
RENOLIT 2	KP2K	Graxa a base de sabão de lítio para rolamentos

Fonte: Elaborada pelo autor

4.3. Métodos de Lubrificação

O método de lubrificação permite que os colaboradores tenham a total autonomia para executarem as atividades de lubrificação, da máquina, uma vez que as orientações presentes são claras e objetivas.

O procedimento foi criado com base nas informações específicas, de cada equipamento necessário para a utilização do método, nos pontos críticos a serem inspecionados e se necessário, lubrificados.

Os primeiros métodos criados tinham apenas algumas informações ilustrativas como: foto dos postos de lubrificação, pontos de lubrificação com a ausência do layout do equipamento, conforme mostra a Figura 3:

Após a implantação nos demais setores da indústria, houve alterações significativas aos métodos de lubrificação. Assim apresentado na Figura 4:

Figura 4 – Método de Lubrificação Atual

MPS - TPM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO AUTÔNOMA		Documento nr. MLUBRPV001		21/11/2023 Brenner Carvalho 00-Emissão	
		BP:	CC:	Realizar a Lubrificação Autônoma Conforme Cronograma de Check List	
Máquina: Retífica RE-81					
<p>ATENÇÃO! Respeitar as regras de segurança desta área. Obrigatório o uso de creme protetivo antes de realizar as atividades de manutenção.</p>		<p>Quem faz o que?</p>		<p>Frequência</p>	
Nr.	Operador	Lubrificante	Como?		
	Manutenção				
	Empresa externa				
1	Guia do Estágio de Estampar Pressato	KP2K	Lubrificar 2 pontos (2 bombas por ponto)	Diário	
2	Lubrifi	HM32	Verificar e completar nível (caso necessário)	Semanal	
3	Unidade Hidráulica	HM32	Verificar e completar nível (caso necessário)	Bimestral	
				Trimestral	
				Semestral	
				Anual	

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3.2. Procedimento para lubrificação

O procedimento apresenta todas as informações técnicas necessárias para a realização da lubrificação de cada máquina, informandonos a parte que devem ser enfatizados para assegurar a execução eficiente da lubrificação pelo operador.

As cores indicadas definem quem será responsável de realizar a atividade de lubrificação, sendo:

- 1) Verde - Operador;
- 2) Amarelo - Manutenção;
- 3) Azul - Empresa externa;

As linhas indicadas pelos números (1,2 e 3), definem os pontos de lubrificação da máquina, onde será lubrificado. Sequencialmente na mesma linha, serão definidos os tipos de lubrificantes, informando quantos pontos e como executar a lubrificação e em seguida a periodicidade das atividades como mostra a Figura 7:

Figura 7 – Procedimento do método de lubrificação

Máquina: Retifica RE-81				BP:								
				CC:								
ATENÇÃO! Respeitar as regras de segurança desta área. Obrigatório o uso de creme protetivo antes de realizar as atividades de manutenção.												
Nr.	Quem faz o que?		Frequência			Diário	Semanal	Mensal	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual
	Operador	Manutenção	Empresa externa	Lubrificante	Como?							
1	Guia do Estágio de Estampar Ressalto			KP2K	Lubrificar 2 pontos (2 bombadas por ponto)							
2	Lubrífil			HM32	Verificar e completar nível (caso necessário)							
3	Unidade Hidráulica			HM32	Verificar e completar nível (caso necessário)							

Fonte: Elaborada pelo autor.

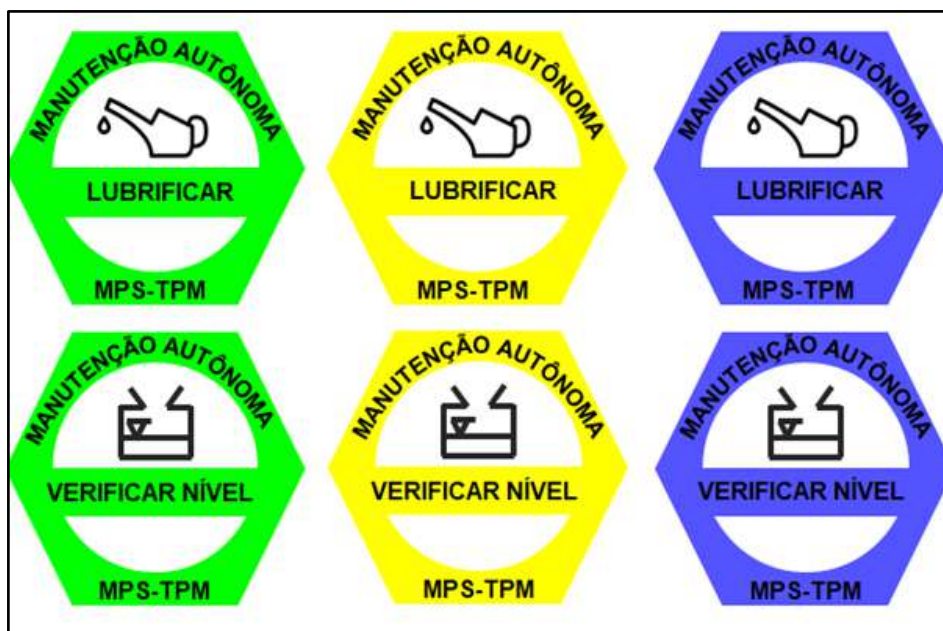
4.3.3. Identificação dos Pontos

Nesta etapa, o equipamento é representado em um layout, permitindo que o operador identifique os pontos a serem lubrificados:

- 1) Cada ponto está associado diretamente as etiquetas de cores específicas (verde, amarelo ou azul) conforme mencionado anteriormente, facilitando a identificação dos pontos e dos tipos de lubrificantes a serem utilizados;
- 2) Cada método possui a vista superior do desenho da máquina;
- 3) A posição de cada ponto da máquina listada no procedimento é identificada com um círculo de mesmo número sobre o desenho;
- 4) Cada parte é identificada por meio de fotos, contendo círculos vermelhos indicando o local dos pontos.

Os pontos de lubrificação também são identificados fisicamente por etiquetas verde, azul e amarelo, que define o responsável a estar realizando a lubrificação como já mencionado. Sendo assim, as identificações informam também o tipo de lubrificante a ser utilizado (graxa ou óleo), como mostra a Figura 8:

Figura 8 – Adesivos de identificação dos pontos de lubrificação

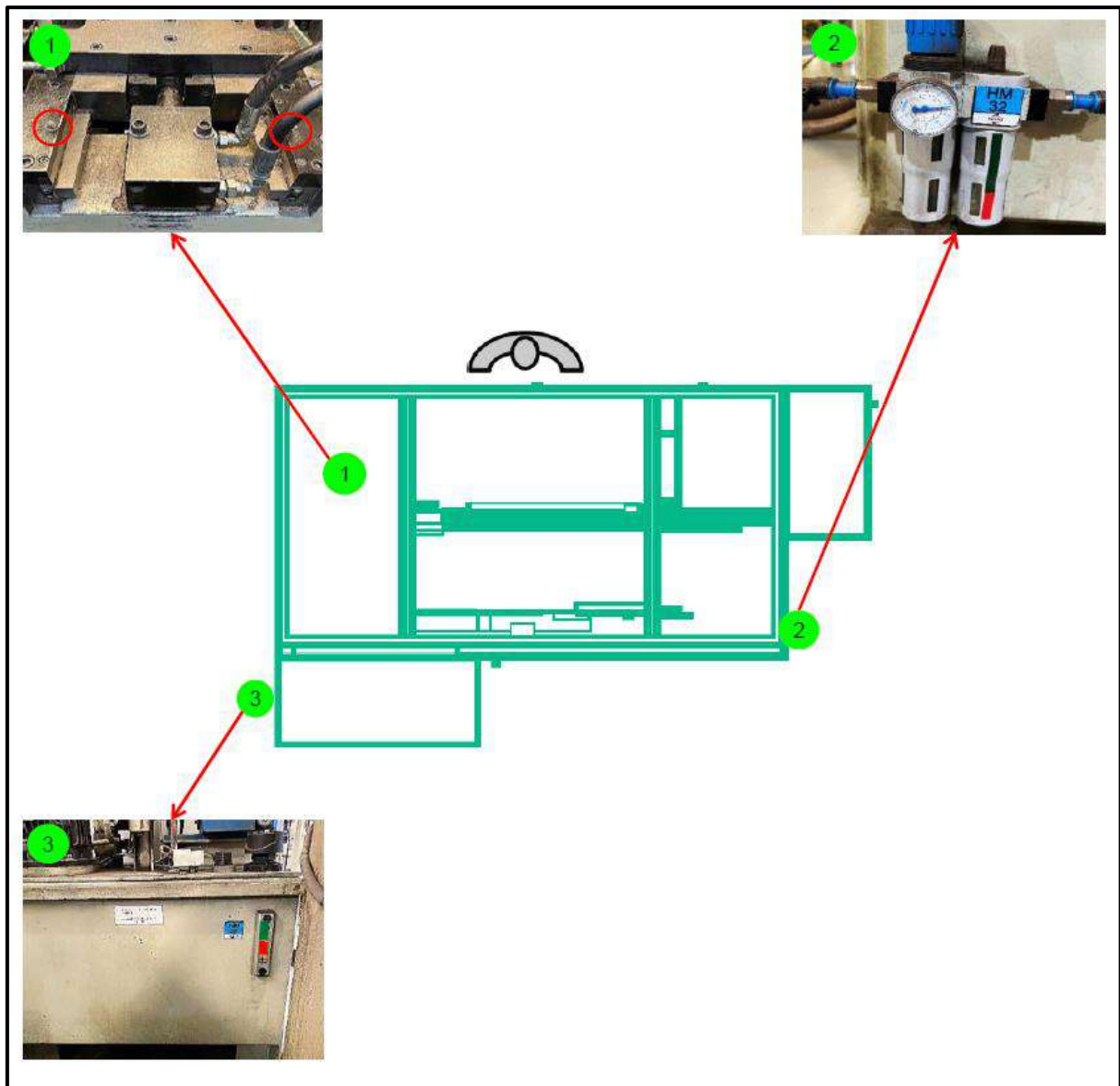


Fonte: Elaborada pelo autor.

- 5) Os adesivos foram colocados nos locais onde a lubrificação ou verificação devem ser realizadas;
- 6) São identificados de acordo com a cor do responsável em realizar o serviço;
- 7) Possuem numeração referente ao ponto no método.

A figura 9, mostra claramente a identificação de cada ponto a ser lubrificado nos equipamentos:

Figura 9 – Identificação dos pontos de lubrificação.



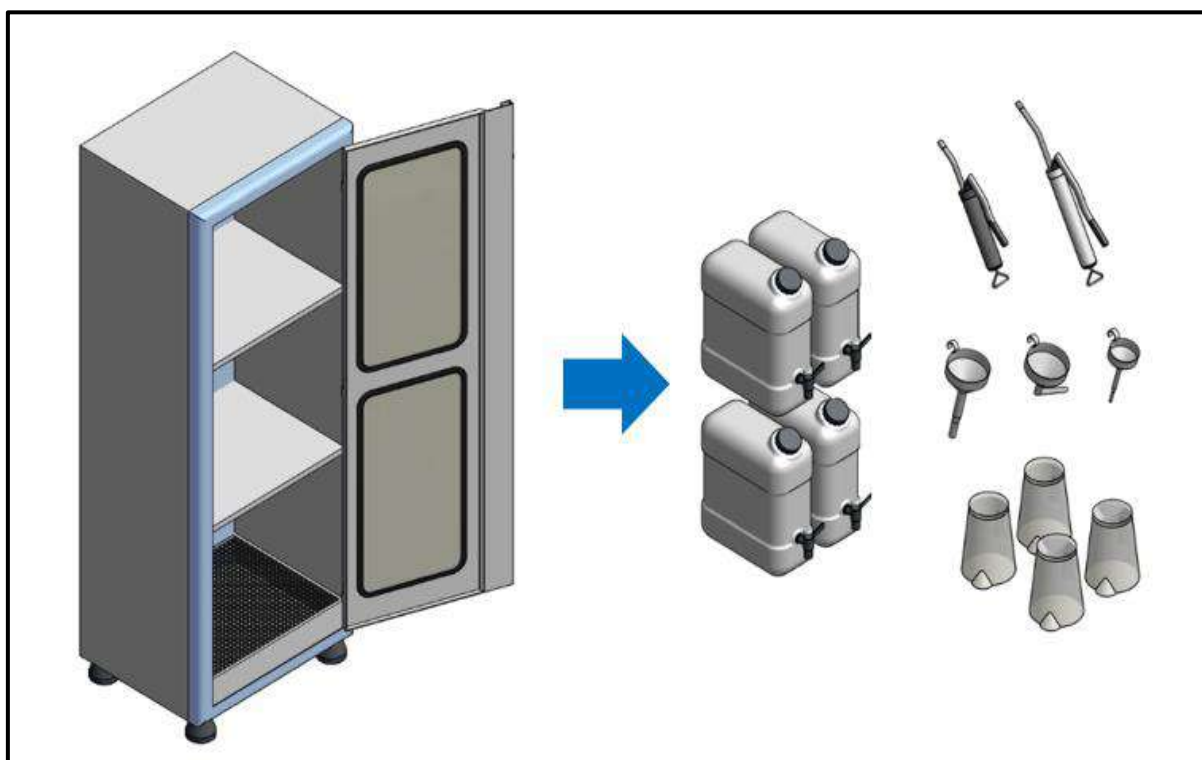
Fonte: Elaborada pelo autor

4.4. Posto de Lubrificação

Os postos de lubrificação foram dedicados a um grupo de máquinas específicos de acordo com a necessidade, sendo o tipo de lubrificante utilizado para aquela linha. Cada armário está equipado com os lubrificantes exigidos para a lubrificação das máquinas e equipamentos, armazenados em recipientes padronizados (15 litros) e etiquetados conforme as normas de segurança e ambientais.

Adicionalmente, são fornecidas ferramentas para facilitar os operadores na realização da atividade, tais como funis, jarras, e bombas de graxas como mostra a Figura 10:

Figura 10 – Posto e ferramentas disponibilizadas de lubrificação



Fonte: Elaborada pelo autor

Após a lubrificação, os postos permanecem sempre fechados, impedindo a entrada de impurezas, contendo o risco de contaminação dos recipientes como mostra a Figura 11:

Figura 11 - Postos antes da implantação



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 12 apresenta o posto de lubrificação após a implantação da lubrificação autônoma no setor:

Figura 12 – Postos após implantação



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.1. Utilização dos Kambans

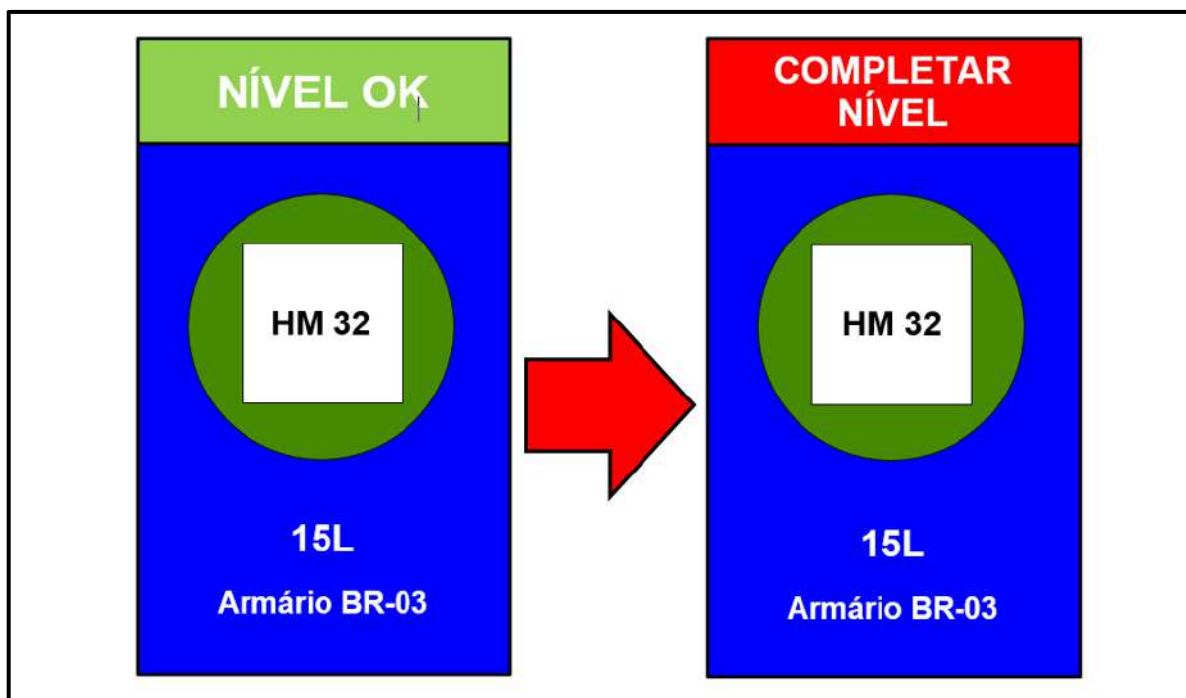
Foram utilizados seis Kambans em cada posto de lubrificação, que tem por finalidade identificar o tipo de óleo presente em cada galão e as condições do mesmo, se está necessitando de abastecimento ou não e seis Kambans onde o lubrificador é responsável por inserir no posto, durante o processo de abatecimento dos galões.

4.4.1.1. Colaboradores

Quando o óleo do galão estiver no nível mínimo o colaborador deve mudar a identificação (Kamban) que está na porta do armário de lubrificação de verde “Nível Ok” ou “Bomba Ok” para vermelho “Completar Nível” ou “Completar”

Esta troca de identificação, informará ao lubrificador responsável que o galão identificado precisa ser reabastecido como mostra a Figura 13:

Figura 13 – Orientação de utilização do Kamban aos colaboradores



Fonte: Elaborada pelo autor.

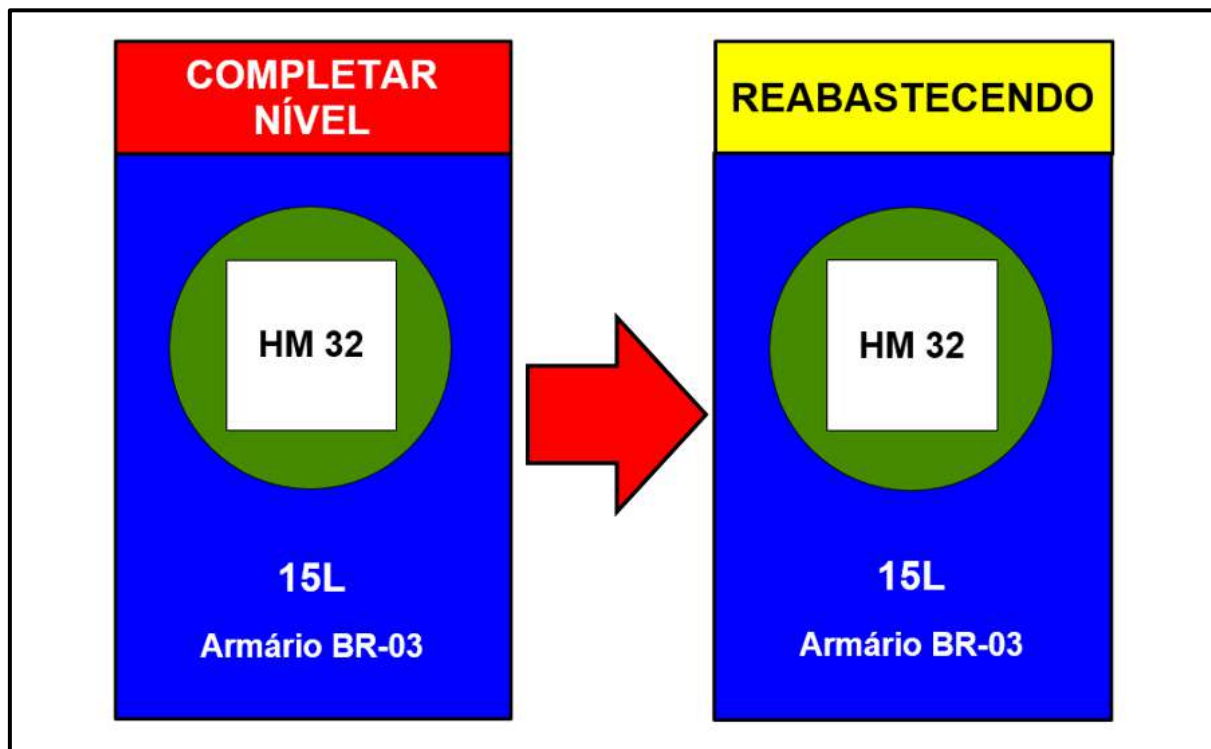
4.4.1.2. Lubrificador

Ao verificar que o cartão de identificação é de cor vermelha “Completar Nível” ou “Completar”, o lubrificador deverá levar consigo o cartão e o galão para reabastecer.

No armário ficará a identificação amarela “Reabastecendo”.

Ao abastecer o galão de óleo, o lubrificador deverá colocar de novo o cartão no devido local, com o lado verde “Nível Ok” ou “Bomba Ok” visível como mostra a Figura 14:

Figura 14 – Orientação de utilização do Kamban ao lubrificador



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para as bombas e as almotolias seguiu-se mesmo processo quando o colaborador perceber que a graxa ou óleo está acabando.

4.5. Checklist

O *checklist* é utilizado para garantir que as máquinas recebam a lubrificação, ou seja, é o registro da realização do processo de lubrificação.

Os colaboradores preenchem os campos do *checklist*, após a realização da atividade de lubrificação, que antigamente se localizavam fisicamente impressos, ao lado do equipamento, preenchidos semanalmente, como mostra a Figura 15:

Figura 15 – Checklist antigo

Máquina:		Checklist do Plano de Lubrificação									Centro de custo:				
Responsável:											Inventário: BP				
Diário				Semanal						Mensal			1/6A,1/4A,1/2A, Anual		
Dia	Assinatura	Dia	Assinatura	Sem.	Data	Assinatura	Sem.	Data	Assinatura	Mês	Data	Assinatura		Data	Assinatura
1		16		1			27			1			1B		
2		17		2			28			2			2B		
3		18		3			29			3			3B		
4		19		4			30			4			4B		
5		20		5			31			5			5B		
6		21		6			32			6			6B		
7		22		7			33			7					
8		23		8			34			8					
9		24		9			35			9			1T		
10		25		10			36			10			2T		
11		26		11			37			11			3T		
12		27		12			38			12			4T		
13		28		13			39								
14		29		14			40								
15		30		15			41								
		31		16			42								
				17			43								
				18			44						1S		
				19			45						2S		
				20			46								
				21			47								
				22			48								
				23			49								
				24			50								
				25			51								
				26			52						20_		

Legenda

Sem. Semana
B Bimestre
T Trimestre
S Semestre
A Ano

Fonte: Arquivos da empresa.

Atualmente o *checklist* são realizados diariamente, no início do turno, que se localiza ao lado da máquina, que por sua vez são preenchidos digitalmente, informando a frequência, que está mencionado no método de lubrificação.

Após a inspeção se o colaborador encontrar algum dispositivo de lubrificação danificado, é importante que ele solicite a manutenção o serviço, caso necessário. Além disso, se o nível dos reservatórios de graxa ou óleo estiverem baixa, é dever do colaborador completá-los, sendo assim é preenchido o *checklist*, como mostra o campo de preenchimento na Figura 16:

Figura 16 – Checklist atual

The image shows a software dialog box titled "Checklist" with a close button (X) in the top right corner. The dialog has a dark blue background and white text. It contains the following elements:

- Re:** A text input field.
- Turno:** A dropdown menu.
- BP:** A dropdown menu.
- Frequência:** A list of radio button options: Diária, Semanal, Mensal, Bimestral, Trimestral, Semestral, and Anual.
- OK** and **CANCELAR** buttons at the bottom.

Fonte: Arquivos da empresa.

4.6. Treinamento dos Colaboradores

O treinamento sobre o projeto foi conduzido pelo assistente técnico da manutenção, juntamente ao estagiário de engenharia e o lubrificador sendo a empresa externa, para fins de ensinamentos práticos de manuseios das ferramentas de lubrificação.

Foram abordados conceitos essenciais sobre lubrificantes, sua aplicação adequada e a importância de se estar realizando a lubrificação correta nos equipamentos. Enfatizando os colaboradores na correta utilização dos métodos de lubrificação e registro no *checklist*.

5. RESULTADOS

A implantação da lubrificação autônoma na empresa trouxe importantes melhorias em relação à organização dos lubrificantes, sua localização e à identificação dos pontos a serem lubrificados, além dos produtos a serem utilizados. Essa medida também aprimorou o método e o *checklist* de lubrificação, que antes presenciavam-se físico nas linhas e atualmente são digitais.

A análise iniciou-se de ocorrências de falhas relacionadas à lubrificação incorreta dos equipamentos, onde foi realizado um levantamento dos dados referentes às falhas decorrentes de problemas de lubrificação no primeiro semestre do ano de 2023 (janeiro a junho).

As informações são apresentadas no Gráfico 1:

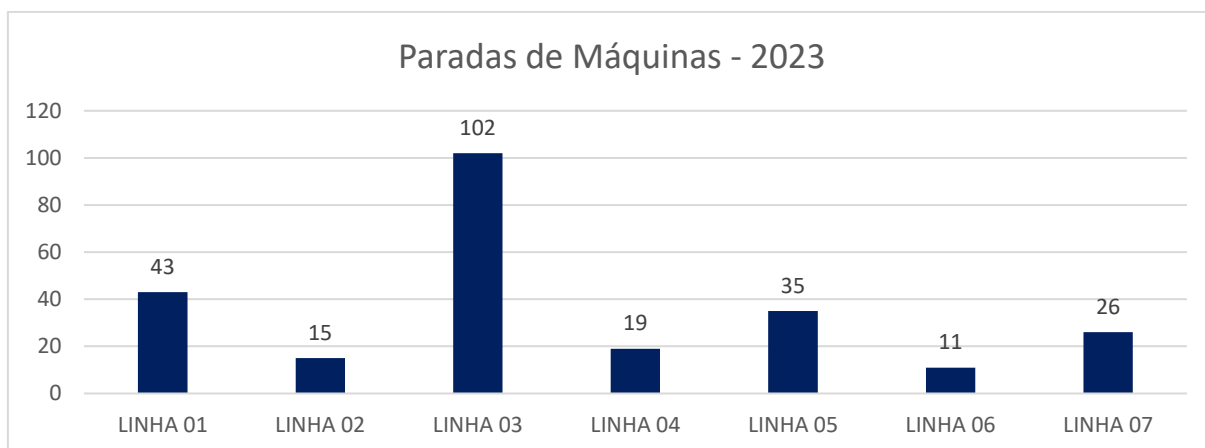


Gráfico 1 - Quantidades de falhas relacionadas à lubrificação no 1º semestre de 2023

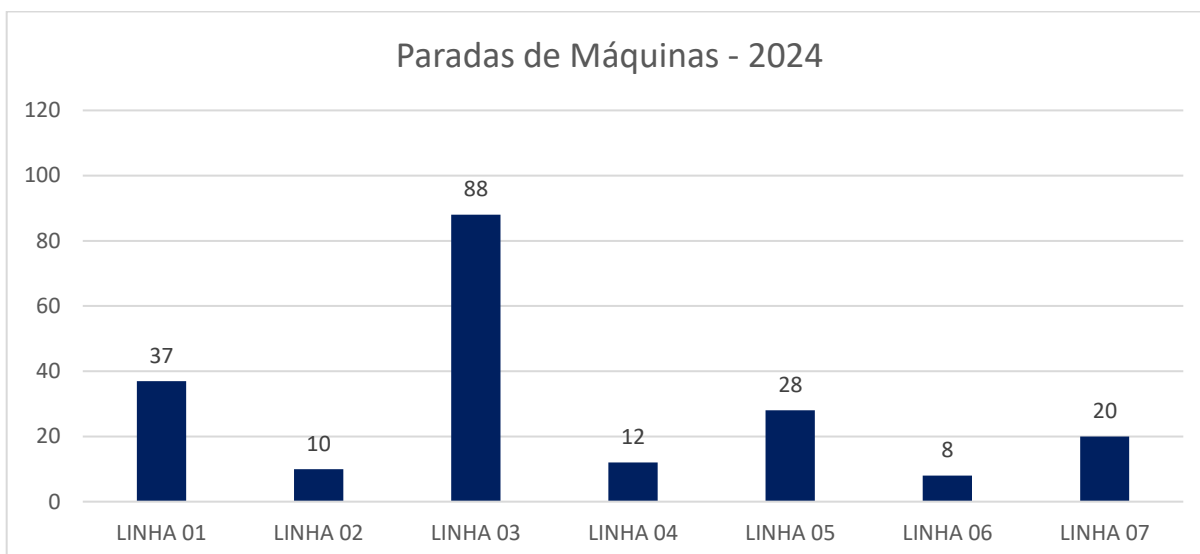


Gráfico 2 - Quantidades de falhas relacionadas à lubrificação no 1º semestre de 2023

Como observado no Gráfico 2, as linhas de produção ainda apresentam elevado número de ocorrências, mesmo após a implantação, ou seja, equipamentos parados para manutenção.

Como consequência, os dados coletados sugerem que a implementação da lubrificação autônoma na mini fábrica, resulta em diminuição de aproximadamente 19,92% das ordens relacionadas a lubrificação, em comparação a 2023 (251 ocorrências) e 2024 (203 ocorrências), como mostra o Gráfico 3:

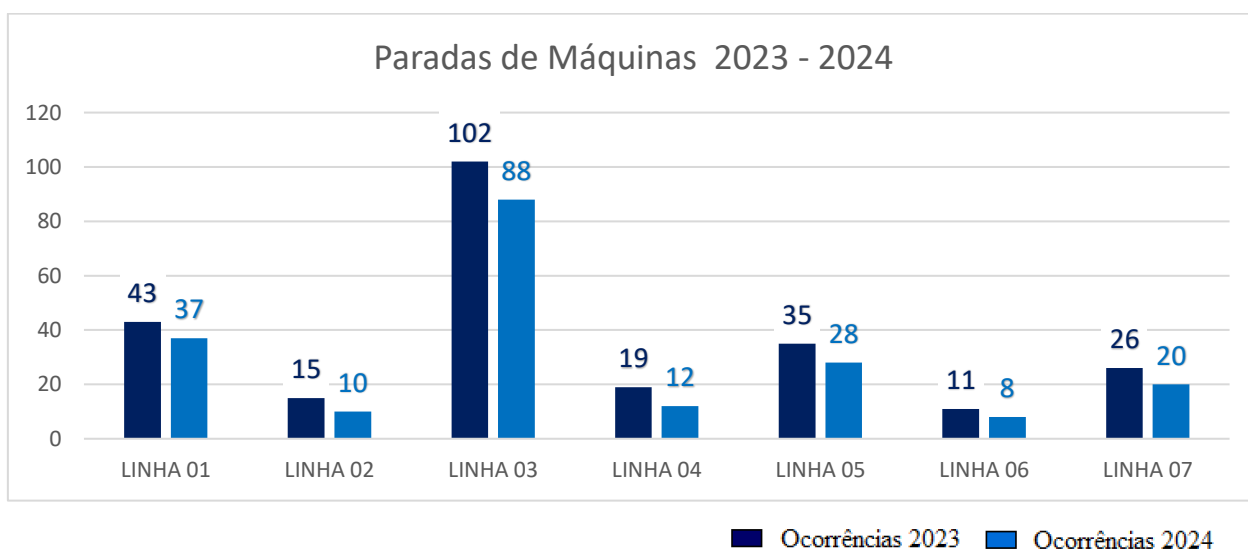


Gráfico 3 – Comparação de quantidades de falhas relacionadas à lubrificação no 1º semestre de 2023 e 2024

Portanto é necessário considerar que esses resultados podem melhorar, devido à fase inicial do projeto e à sua contínua adaptação.

O foco do projeto é diminuir as ocorrências das linhas de produção, implementando a lubrificação nos equipamentos onde será possível otimizar as falhas devido à problemas de lubrificação, elevando o tempo de funcionamento dos equipamentos. Além dos números de ocorrências após a implantação do projeto, tem-se os ganhos considerados com o projeto, tais como a satisfação dos operadores em executaram novas atividades e assim se sentirem mais “donos de seus equipamentos” e também uma melhora do rendimento das máquinas.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu o estudo dos conceitos teóricos e práticos relacionados à metodologia TPM e seus pilares, em específico, o pilar de manutenção autônoma, levando a entender e aprofundar com base na aplicação prática a relação entre operadores e manutenção. Esse estudo, baseou-se no método de estudo de caso, aplicando os conceitos de Gil (2010). O objetivo de geral do trabalho de diminuir o número de ocorrências relacionado a lubrificação dos equipamentos, promover uma melhor interação entre manutenção e produção foi alcançado, com redução de número de ocorrências de 19,92%, e por fim promover a melhoria contínua na fábrica está em andamento, visto através da leve evolução dos gráficos apresentados, satisfação e a interação dos colaboradores durante o processo de implementação.

Foram elaborados métodos padrões de lubrificação, sendo que, em paralelo, foram aplicadas melhorias como a eliminação de locais de difícil acesso, eliminação de fontes de sujeira e melhorias pontuais. Por fim, realizou-se um treinamento teórico e prático com os times de operação dos dois turnos, sobre os procedimentos e conceitos de lubrificação.

Com a implantação do projeto, conseguiu-se uma evolução na redução de ordens programadas de lubrificação, o que por ocasionou na maior disponibilidade dos lubrificadores, sendo possível atuarem em ações de melhorias no sistema de lubrificação. Pode-se destacar também os ganhos intangíveis obtidos, uma vez que pode se observar ao longo do projeto um ganho no sentimento de dono por parte dos operadores, que passaram a interagir mais com o equipamento de trabalho. Deve-se ressaltar ainda o ganho no visual da fábrica, devido ao estabelecimento de padrões de identificação e organização dos postos de trabalho.

Por fim, conclui-se que a aplicação da metodologia TPM se faz eficaz, uma vez que, por meio das medidas tomadas. Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a continuação da implementação da manutenção autônoma, estabelecendo-se padrões de limpeza dos equipamentos e desenvolvendo os operadores através de treinamentos para então realizarem procedimentos de inspeção, atingindo-se, dessa forma, a excelência do pilar de manutenção autônoma do TPM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Marcio Tadeu. **Manutenção preditiva: Confiabilidade e Confiabilidade**, 2008.
- AMARAL JUNIOR, Renato Saens. **Implantação do pilar manutenção autônoma em equipamentos de carga de gás de uma indústria de bens de consumo**. 2012. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- APROMAC - Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte. **Relatório de gestão no conselho nacional de meio ambiente - CONAMA: justificativa da opção pelo rerrefino**. Cianorte: APROMAC, 2005
- BARBOSA, Ingo. **Implantação do passo um do pilar de manutenção autônoma em uma linha de produção de uma fábrica de biscoitos**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 28-30, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/40753>. Acesso em: 20 out. 2023.
- BELINELLI, Marjore. **Desenvolvimento de um sistema informatizado aplicado à gestão de planos preventivos de lubrificação industrial**. 2011. 173 f. Dissertação (Título de Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.
- BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção**. 1º ed .Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- BRITTO, R.; PEREIRA, M. A. **Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas**. In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS DE ADMINISTRAÇÃO - SEMEAD DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, 7., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo; 2003
- CALLISTER, W. D. (2012). **Fundamentals of Materials Science and Engineering**. John Wiley & Sons

CARRETEIRO, Ronald Pinto; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. Rio de Janeiro: Interciência: Petrol, 2008.

CARRIJO, José R. S. **Adaptações do modelo de referência do Total Productive Maintenance para empresas brasileiras**. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara do Oeste, 2008.

CARRIJO, José Ricardo Scareli; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Disseminação TPM - Manutenção Produtiva Total nas Indústrias brasileiras e no mundo: uma abordagem construtiva. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - a integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**. Rio de Janeiro, 2008.

COZZA, R. C., TANAKA, D. K., SOUZA, R. M. **O tipo de desgaste e seu efeito global no comportamento tribológico de materiais**. Revista de Engenharia e Tecnologia, 3(2), 45-56, 2009.

DUFFUAA, S. O.; RAOUF, A.; **“Planning and control of maintenance systems modelling and analysis”**, 2nd ed: Springer International Publishing Switzerland, 2015.

GENTIL, V. (2011). **Corrosão**. LTC Editora.

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

HISSA, Roberto. **Tecnologia de graxas lubrificantes fundamentos**. Rio de Janeiro: Texaco Brasil, 1991.

JIPM – **Japan Institute Productive Management**. TPM Awards. Disponível em: <<https://www.jipm.or.jp/en/>> Acesso em 19 de setembro de 2023.

KARDEC, Alan.; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2010.

KELLY, A., & HARRIS, C. (2014). **Maintenance management: an overview**. In Maintenance Planning and Scheduling Handbook (pp. 1-24). McGraw-Hill Education.

LARANJA, Rafael Antônio Comparsi; AGUIAR, Felipe Gregory Cardozo; SOBRINHO, Mário Roland Sobczyk. **Verificação do efeito de lubrificação em um sistema de transmissão por corrente**. 7º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, São Luís 31 de julho a 3 de agosto de 2012.

LIMA, F. P., BATISTA, M. A. (2012). **Fadiga em componentes metálicos: Conceitos e mecanismos**. Revista Brasileira de Engenharia Mecânica, 27(1), 1-12.

LLEWELLYN, Paul. **Even I can understand that! equipment lubrication**. Uptime the magazine for maintenance reliability professionals, 33-35. (2011).

MOBLEY, R. K. (2002). **An introduction to predictive maintenance**. Butterworth-Heinemann.

NAKAJIMA, S. **La maintenance productive totale (TPM)**. Traduzido do japonês por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez, Afnor, Paris, France, 1989.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção – Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. RIBEIRO, Haroldo. **Total productive maintenance (TPM), manutenção produtiva total**. Banas Qualidade Report. Editora: Epse. 2013.

RIBEIRO, Haroldo – **Desmistificando o TPM, Como implantar o TPM em empresas fora do Japão?** – São Caetano do Sul: PDCA Editora, 2010

RODRIGUES, A. F.; FERRARIN, F. V.; OLESKO, P. G. M. **Implementação de indicador de desempenho OEE em máquina de abastecimento de ar condicionado automotivo**. 2013. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard Gordon. **Projeto de engenharia mecânica**. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.

SMITH, R. (2003). **Strategic maintenance planning**. Industrial Press.

SILVA, Mário Lucas Santana; CONCEIÇÃO, Isac Leite de; FRANÇA, Wallace Azevedo; LOPES, Lucas Azevedo da Silva. **A importância da manutenção em motores diesel**. Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.

SOUZA, Fábio Januário. **Melhoria do pilar manutenção planejada da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de manutenção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Mestrado profissionalizante em engenharia. Porto Alegre, 2004

SUZUKI, T. **TPM – Manutenção produtiva total**. São Paulo: JIPM & IMC, 1993.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM em indústrias de processos**. Nova York: Productivity Press, 1994.

TEXACO. **Fundamentos de lubrificação**. [S.l.]: [s.n.], [19--]. 67 p

TONDATO, R. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. (Trabalho de conclusão de curso de mestrado profissionalizante em engenharia) UFRGS: Porto Alegre, 2004.

VERRI, L, A. **Gerenciamento pela qualidade total na manutenção industrial: aplicação prática**. Dissertação apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, UNICAMP, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Qualidade, 1995

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva: O Caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

RIBAS, C. C. C.; FONSECA, R. C. V. DA. **Manual de Metodologia**, 2008. RIBEIRO, J. B.; GOMES, M. C. **Manutenção Preditiva Em Motores De Combustão Interna Por Análise Do Óleo Lubrificante**. 2016. 76 p. Monografia (Graduação em Tecnologia em Manutenção Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campo dos Goytacazes, 2016.