

ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA – FACEG
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MARIA CLARA FELICIANO JESUS

**ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO
CONSIDERANDO-SE A REDUÇÃO DE CUSTOS NA MANUTENÇÃO**

Goianésia
2021

FACEG

2021

MARIA CLARA FELICIANO JESUS

**ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO
CONSIDERANDO-SE A REDUÇÃO DE CUSTOS NA MANUTENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica.

Goianésia
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

J585a

Jesus, Maria Clara Feliciano.

A Análise de implementação de um Plano de Lubrificação considerando-se a redução de custos na manutenção / Maria Clara Feliciano Jesus – Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2021 – Faceg, 2020.

47 p.; il.

Orientador: Prof. Dr Alessandro Rodrigues Faria.

Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia: FACEG, 2021.

1. Plano de Lubrificação. 2. Manutenção. 3. Redução de Custos. 4. Maior produtividade. 5. Paradas não programadas

I. Jesus, Maria Clara Feliciano. II. A Análise de implementação de um Plano de Lubrificação considerando-se a redução de custos na manutenção;

CDU 621

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Jesus, M. C. F. **Análise de implementação de um Plano de Lubrificação considerando-se a redução de custos na manutenção.** 2021. 47 p. Monografia - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Maria Clara Feliciano Jesus

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise de implementação de um Plano de Lubrificação considerando-se a redução de custos na manutenção.

GRAU: Bacharel em Engenharia Mecânica

ANO: 2021

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação, única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.



Nome: MARIA CLARA FELICIANO JESUS

CPF: 044.609.131-60

Endereço: RUA 27, Nº 460, SETOR SUL, GOIANÉSIA - GO

Email: mariaclarafeliciano25@gmail.com

MARIA CLARA FELICIANO JESUS

**ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO
CONSIDERANDO-SE A REDUÇÃO DE CUSTOS NA MANUTENÇÃO**

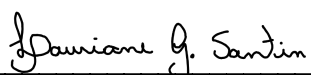
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Departamento de Engenharia
Mecânica, da Faculdade Evangélica de
Goianésia – FACEG, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de
Graduação em Engenharia Mecânica.

Goianésia, 01 de julho de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alessandro Rodrigues Faria
Faculdade Evangélica de Goianésia



Profa. Dra. Lauriane Gomes Santin
Faculdade Evangélica de Goianésia



Prof. Dr. Matheus Oliveira da Silva
Faculdade Evangélica de Goianésia

À Deus por ter me dado força nos momentos em que pensei que não conseguiria seguir. Ao meu filho, Bernardo Feliciano, por ser meu alicerce e inspiração todos os dias. À minha família por ter me guiado e apoiado pelo caminho do bem e serem compreensivos nos momentos em que precisei me ausentar para realizar meus sonhos.

A vocês dedico tudo que construo e conquisto.

Agradecimentos

À Deus, princípio de todas as coisas, agradeço por me sustentar na realização desse sonho, me permitindo ter saúde e determinação durante toda minha caminhada.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, por me incentivarem a não desistir e me apoiarem na realização de todos os meus sonhos. Ao meu filho, Bernardo, que é minha fonte de força, sem o seu amor eu nada seria. A minha irmã, por sempre me ouvir e me aconselhar pelos caminhos do bem. A minha madrinha Maria Olinta e minha tia Adelina por sempre me colocar em suas orações. Ao meu namorado, por toda paciência, compreensão e cuidado comigo.

Ao meu orientador, professores, colegas do curso e do trabalho, agradeço pelos ensinamentos, trocas de experiências e ajuda mútua, vocês são especiais.

Resumo

No presente trabalho foi realizado um estudo sobre a implementação de um Plano de Lubrificação (PL) a fim de reduzir os custos de manutenção com redutores e mancais de uma empresa de beneficiamento de sementes de milho, na cidade de Goianésia - GO. O objetivo do trabalho foi analisar se com o PL implementado a empresa obteve benefícios, a fim de explicitar a importância de um sistema estruturado de lubrificação. Para isso, foi estudado o desenvolvimento de um plano de lubrificação e mostrou-se o processo de implementação que foi feito por meio de um estudo de caso da gestão de manutenção. Através dos dados de temperatura dos redutores e mancais, da viscosidade dos óleos e da análise de vibração e ruído dentro da empresa analisada, foi possível concluir que a lubrificação correta e eficaz trouxe redução de custos na manutenção, peças e mão de obra, aumentou a produtividade evitando paradas não programadas e proporcionou maior vida útil dos retentores, coroas e rolamentos.

Palavras-chave: Plano de Lubrificação. Manutenção. Redução de Custos. Maior produtividade. Paradas não programadas.

ABSTRACT

In the present study, a Lubrication Plan (PL) was implemented with the objective of reducing maintenance costs with gearboxes and bearings of a corn seed processing company, in the city of Goianésia - GO. This work aimed to analyze whether the company obtained benefits with the PL implemented, in order to explain the importance of a structured lubrication system. For this, the development of a lubrication plan was studied and the implementation process was shown, which was carried out through a case study of maintenance management. Through the temperature data of the gearboxes and bearings, the viscosity of the oils and the vibration and noise analysis within the analyzed company, it was able to conclude that the correct and effective lubrication brought cost reduction in maintenance, parts and workforce, it also increased the productivity avoiding unscheduled downtime and provided long term life for seals, crowns and bearings.

Keywords: Lubrication Plan. Maintenance. Cost Reduction. Greater productivity. Unscheduled downtime.

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução das Técnicas de Manutenção.....	15
Figura 2 - Posições das diferentes Manutenções Corretivas na Curva PF	21
Figura 3 - Diagrama das diferentes atribuições da Engenharia de Manutenção	25
Figura 4 - Coleta de temperatura	31
Figura 5 - Vasilhame de coleta de óleo	32
Figura 6 - PL.....	45

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Análise de viscosidade nos redutores. **Erro! Indicador não definido.**

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Temperatura média Calandra 2.....	35
Gráfico 2 - Temperatura média Flap direito despalhadeira 01	35
Gráfico 3 - Temperatura média TAG 2-120.....	36
Gráfico 4 - Temperatura média TAG 2-126.....	36
Gráfico 5 - Temperatura média TAG 3-100.....	36
Gráfico 6 - Temperatura média TAG 3-114.....	37
Gráfico 7 - Temperatura média TAG 4-206.....	37
Gráfico 8 - Temperatura média TAG 4-300.....	37
Gráfico 9 - Temperatura média TAG 5-108.....	38
Gráfico 10 - Temperatura média TAG 6-026.....	38
Gráfico 11 - Análise das falhas ocasionadas nos redutores antes da implementação do PL.....	39
Gráfico 12 - Análise das falhas ocasionadas nos redutores depois da implementação do PL.....	39
Gráfico 13 - Despesas com manutenção nos redutores, divididas pelo ano fiscal da empresa estudada.....	41
Gráfico 14 - Comparativo toneladas X custos.	42
Gráfico 15 - Custos com lubrificantes, usinagem, análises preventivas.....	43
Gráfico 16 - Custos com lubrificantes, usinagem, análises preventivas.....	44

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

FMEA – Análise dos Modos e Efeitos da Falha (do inglês “*Failure Modes and Effects Analysis*”)

RCFA – Análise de Falhas e Causa Raiz (do inglês “*Root Cause Failure Analysis*”)

NBR – Norma Brasileira

PL – Plano de Lubrificação

UCL – Limite superior de controle (do inglês “*Upper Control Limit*”)

LCL – Limite inferior de controle (do inglês “*Lower Control Limit*”)

\bar{X} - Média da amostra

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO GERAL	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3	JUSTIFICATIVA	17
1.4	PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.5	HIPÓTESE	18
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO	19
2.2	CONCEITO DE MANUTENÇÃO	20
2.3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	20
2.3.1	Manutenção corretiva emergencial (não-programada)	22
2.3.2	Manutenção corretiva programada	22
2.4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	22
2.5	MANUTENÇÃO PREDITIVA	23
2.6	MANUTENÇÃO DETECTIVA	24
2.7	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	24
2.8	GESTÃO DE MANUTENÇÃO	25
2.9	O PAPEL, FUNÇÕES E REQUISITOS DE UM LUBRIFICANTE	26
3	METODOLOGIA	29
3.1	METODOLOGIA APLICADA	29
3.2	METODOLOGIA PARA COLETA DE DADOS	30
3.3	ELABORAÇÃO DO PL	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	DADOS DAS ANÁLISES DE TEMPERATURA	35
4.2	DADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÃO E RUÍDO	38
4.3	ANÁLISE DE VISCOSIDADE DO ÓLEO DOS REDUTORES SELECIONADOS	40
4.4	DESPESAS COM REDUTORES	41
4.5	COMPARATIVO CUSTOS COM A MANUTENÇÃO X TONELADAS PRODUZIDAS	42
4.6	CUSTOS ANALISADOS DURANTE A IMPLEMENTAÇÃO DO PL	42
4.7	DOCUMENTAÇÃO DO PL	44

5	CONCLUSÃO.....	46
6	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas está cada vez maior, e para o bom desempenho da produção é necessário que sejam eficientes a disponibilidade e produtividade dos equipamentos. Com a globalização, a manutenção sofreu várias modernizações e a forma com que é executada mudou, gerando objetivos mais táticos e tendo gradualmente mais interação nos efeitos. De acordo com a Figura 1, o setor de manutenção já atravessou quatro grandes revoluções, que foram chamadas de “Gerações da Manutenção” (TELES, 2018).

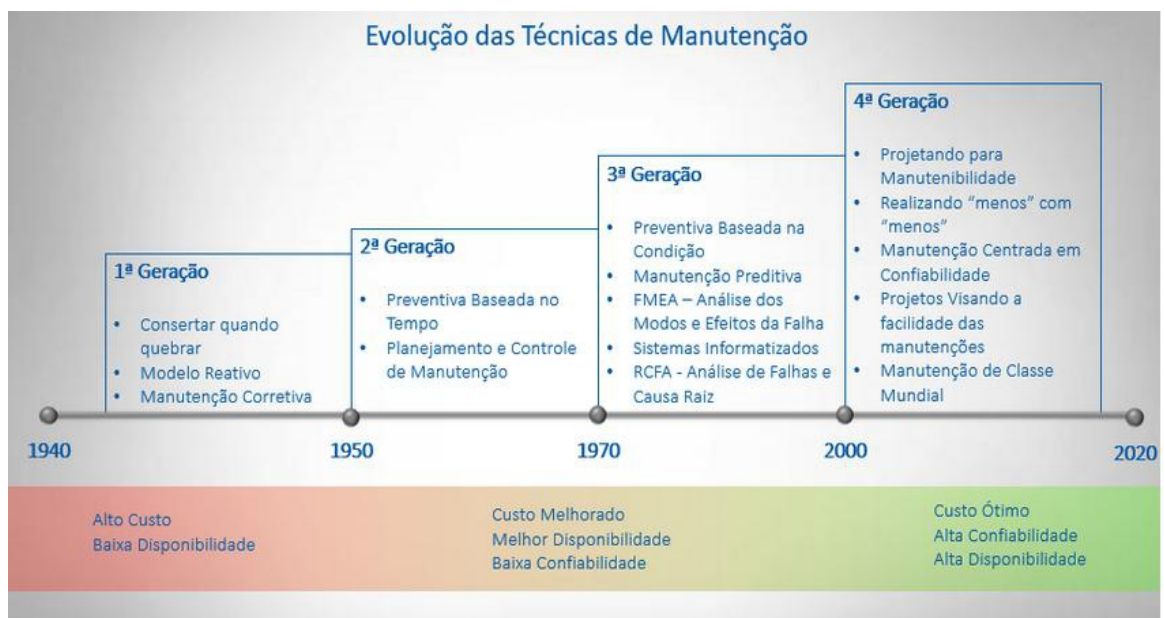


Figura 1 - Evolução das Técnicas de Manutenção.

Fonte: Planejamento e controle da Manutenção (TELES, 2018).

Há aproximadamente 70 anos a manutenção deixou de ser vista como um setor que só gerava despesas, e no cenário atual, a manutenção traz alta disponibilidade, confiabilidade dos ativos e é vista como um setor que gera resultados, com um custo pouco expressivo (TELES, 2018).

De acordo com a Norma 5462, manutenção é a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado que possa desempenhar uma função requerida” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p. 06).

Existem três tipos principais de manutenção, sendo estas a preditiva, preventiva e a corretiva, e é necessário em cada uma desenvolver uma estratégia de atuação de manutenção diferente.

Segundo Teles (2018), no plano de lubrificação (PL) deve estar contido todas as atividades que se fazem necessárias, tais como o lubrificante que deve ser utilizado, a quantidade a ser aplicada, a periodicidade correta, a periodicidade de relubrificação, entre outras informações. O acompanhamento dos equipamentos deve ter uma constância para que sejam analisados os fatores que influenciam na manutenção dos mesmos e se encontre um resultado satisfatório criando metodologias eficazes.

Sabe-se que a falta de lubrificação correta e eficaz traz danos, muitas vezes irreparáveis, para os equipamentos, afetando não somente a manutenção, como também a produção que depende do bom funcionamento dos dispositivos. Parâmetros como temperatura, viscosidade, análise de vibração e ruído são de grande importância para o acompanhamento dos equipamentos, e na manutenção preventiva é analisado o estado dos componentes, tais como rolamentos, retentores, coroas, engrenagens (NEMBHARD *et al.*, 2013)

Utilizar a lubrificação como ferramenta para redução de gastos na manutenção (especialmente com mão de obra e materiais qualificados) é fundamental para se manter o nível adequado da manutenção no chão da fábrica e maximização da produção (redução de falhas na operação), sendo essencial para a saúde financeira da empresa e vida útil do maquinário (GOMES; LIMA; SILVA, 2012).

O PL deve atender às necessidades da empresa e ser aplicável. O controle da realização do mesmo deve ser avaliado por meio da gestão da manutenção, verificando se os resultados obtidos são satisfatórios ao se fazer comparações com os gastos.

A manutenção é toda ação realizada para que o equipamento se mantenha em funcionamento, isto é, esteja disponível e seja confiável. As intervenções podem ser realizadas diretamente nos equipamentos, por meio dos técnicos, ou envolver um planejamento para que sejam feitas da melhor forma possível, impactando a produção de forma amena (TELES, 2018, p. 08).

Não existe um modelo pronto para um plano de manutenção. Cada empresa deve adequá-lo à sua realidade e particularidades, formulando um passo a passo

efetivo e que traga bons resultados. Com o PL não é diferente, pois é necessário analisar a fundo as estratégias de gestão e a literatura para que seja possível gerar um modelo de resultados satisfatórios.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar a implementação de um PL em uma empresa de beneficiamento de sementes de milho, determinando se houveram melhorias obtidas com o mesmo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer as etapas da implementação, acompanhar e analisar a gestão do PL implementado.
- Verificar se houve redução de custos com manutenção, principalmente a corretiva não programada.
- Avaliar quais os possíveis benefícios obtidos com a implementação do PL.

1.3 JUSTIFICATIVA

A crescente competitividade de mercado entre as indústrias faz com que seja necessário alcançar melhorias que tragam impactos positivos em relação ao aumento de produção e redução de gastos. Os avanços tecnológicos ajudam as empresas a saírem na frente quando comparadas àquelas que não possuem tal recurso, sendo de grande importância quando atrelado à manutenção. A engenharia de manutenção deve contar com pessoas que tenham facilidade em lidar com tal domínio e que sejam dispostas a se desenvolverem.

Observando este cenário, este trabalho se justifica pela importância de se estudar o desenvolvimento de um PL em uma empresa de beneficiamento de sementes de milho, visto que, espera-se que o mesmo ajude a reduzir custos de manutenção e aumente a disponibilidade das máquinas, diminuindo as paradas não programadas através, principalmente, das inspeções realizadas nos equipamentos.

No âmbito acadêmico, servirá como material para pesquisa sobre essa temática, e no âmbito social outras empresas que não tenham um PL poderão usar esse estudo para viabilizar a implementação em sua corporação, analisando sempre as particularidades de cada uma.

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho aborda como problema de pesquisa a pergunta: A implementação de um PL traz benefícios para a empresa?

1.5 HIPÓTESE

Com a implementação de um PL, espera-se que uma empresa obtenha benefícios na manutenção e redução das paradas não programadas.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em 05 capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, trazendo um breve aspecto do problema, definindo alguns conceitos de manutenção e expondo a ideia principal e os objetivos que foram traçados.

No segundo capítulo tem-se o embasamento teórico utilizado, através da revisão bibliográfica, sendo muito útil para a contextualização e desenvolvimento deste trabalho.

No terceiro capítulo, é descrita a metodologia, mostrando os materiais e métodos empregados, com um estudo mais técnico acerca da manutenção e do PL.

No quarto capítulo são apresentados os dados obtidos e a análise e discussão dos resultados.

No quinto capítulo discorre-se a conclusão obtida com a realização do presente trabalho, e sugestões de pontos que poderão ser abordados pelos próximos trabalhos envolvendo a mesma problemática.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trabalho de Silva, Santos e Maciel (2017), apresenta um estudo sobre a implementação de um PL em um frigorífico, onde foi observada uma redução de cerca de 50% nas ordens de serviços para manutenção corretiva dos equipamentos. O estudo abordou 5 máquinas distintas em um período de 3 meses, e constatou o benefício que a implantação do PL trouxe para a empresa em forma de redução de paradas não programadas.

2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

O surgimento da manutenção se deu no século XVI, quando a produção industrial começou a tomar uma proporção maior e se tornou necessário manter as máquinas em pleno funcionamento. Durante a Segunda Guerra Mundial, no ano de 1939, a manutenção ganhou ainda mais destaque, pois se desenvolveram técnicas para que fosse planejada, organizada e controlada (PINTO E XAVIER 2001).

Conforme Kardec e Nascif (2009), a manutenção passou por quatro evoluções, sendo elas:

- 1ª Geração: Caracterizada pela manutenção corretiva não programada. Engloba o período anterior a Primeira Guerra Mundial, onde a manutenção não era prioridade, com equipamentos que eram simples, os reparos eram realizados apenas após a quebra. O custo era alto e a disponibilidade baixa.
- 2ª Geração: No período entre os anos de 1950 e 1970, iniciou-se o surgimento da manutenção preventiva baseada no tempo. Houve um aumento da mecanização e com isso a necessidade de uma disponibilidade e confiabilidade melhor, e os custos começaram a se elevar.
- 3ª Geração: A partir de 1970, surgiu a manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. O sistema *just in time* melhorou o monitoramento das condições dos equipamentos, fazendo com que pequenas falhas não paralisassem a fábrica. Houve também desenvolvimento de *softwares* e, com isso, o surgimento da Análise dos Modos e Efeitos da Falha (FMEA), e da Análise de Falhas e Causa Raiz (RCFA).

- 4ª Geração: Começou a partir dos anos 2000, onde o foco é projetar para manutenibilidade. Se refere a facilidade de manter um equipamento, realizando menos manutenção com menos custos. A manutenção é focada na confiabilidade e alta disponibilidade, e a manutenção preditiva ganha destaque.

Empresas que não possuem um setor de manutenção implantado, e principalmente, que não controlam suas estratégias, estão há cerca de 70 anos atrasadas em relação ao mundo.

2.2 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Manutenção é uma palavra muito antiga, que deriva do latim e significa: “manter o que se tem”. O termo manutenção industrial surgiu por volta do século XVI quando a produção artesanal começou a cair e dar espaço para a produção industrial.

Pela norma NBR 5462, manutenção é toda ação para manter ou recolocar um item a desenvolver sua atividade requerida, envolvendo intervenções técnicas, administrativas ou de supervisão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Ainda de acordo com a Norma, existem três tipos de manutenção industrial: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. Em alguns casos existem também a manutenção detectiva e Engenharia de Manutenção.

Adicionalmente, segundo Waeyenberg e Pintelon (2004), existem quatro políticas básicas de manutenção: manutenção baseada em falhas, manutenção baseada em uso, manutenção baseada em condições e manutenção baseada em detecção. O plano de manutenção final para os ativos de uma empresa será uma combinação dessas alternativas e, muitas vezes, todas elas podem ser usadas em uma mesma máquina.

2.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção corretiva é aquela que ocorre após uma falha ou pane do equipamento, com a intenção de colocá-lo para executar sua função o mais rápido possível tendo em vista impactar o quanto menos a produção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

De acordo com dados coletados por Teles (2018), esse tipo de manutenção é considerado o mais caro, chegando a ser até sete vezes mais caro que outros tipos de manutenção. Mesmo assim, 69% das empresas brasileiras aplicam somente esse tipo de manutenção em seus ativos.

Para que a manutenção corretiva aconteça, é necessário que ocorra uma falha no equipamento. Existem dois tipos de falhas aos quais os equipamentos estão suscetíveis, sendo elas falha potencial e falha funcional (TELES, 2018).

A falha potencial é aquela que, quando ocorre, não acarreta a parada do equipamento. É necessário ser corrigida o quanto antes para não evoluir em uma falha funcional, ocasionando a interrupção do processo de produção.

Já a falha funcional é aquela que, quando ocorre, interrompe o processo de produção, uma vez que o equipamento não consegue mais desempenhar sua função.

De acordo com a Figura 2, existem dois tipos de manutenção para tratar esses tipos de falhas, a corretiva programada e a corretiva emergencial. A diferença está no momento de execução: após a falha potencial ou após a falha funcional.

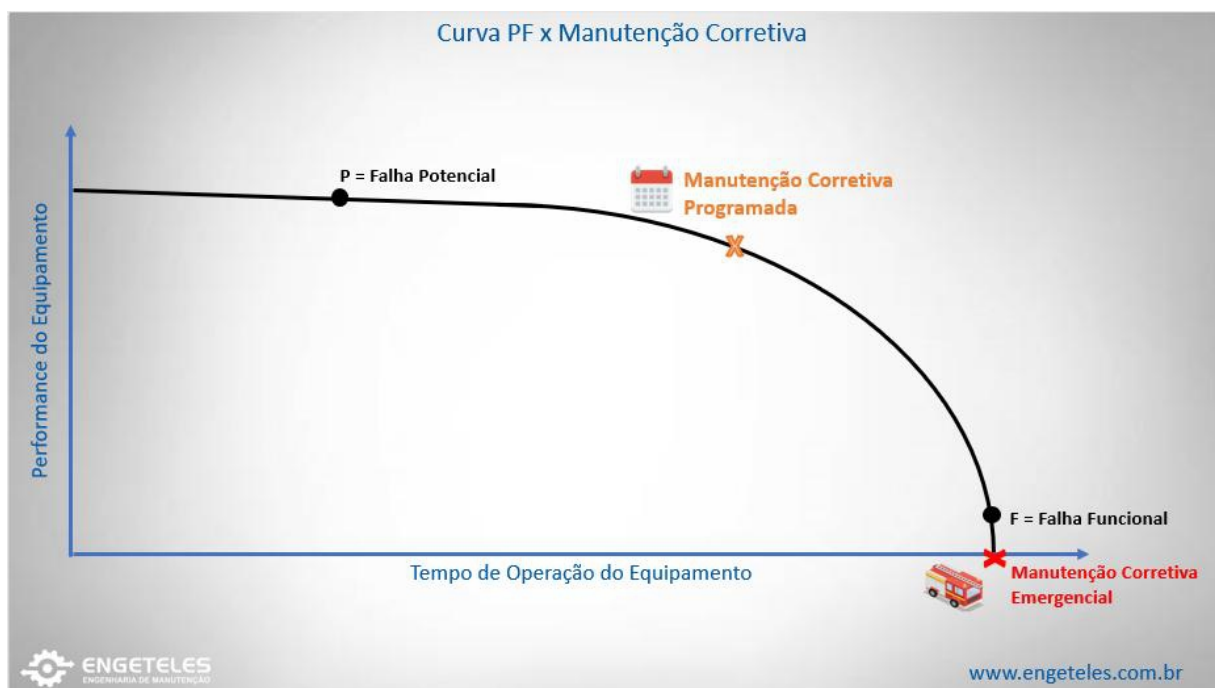


Figura 2 - Posições das diferentes Manutenções Corretivas na Curva PF

Fonte: Planejamento e controle da Manutenção. Teles, 2018.

2.3.1 Manutenção corretiva emergencial (não-programada)

É aquela que ocorre após a falha funcional do equipamento, devendo ser realizada com urgência pois a empresa está deixando de produzir enquanto esse equipamento está parado. Assim, esse tipo de manutenção é considerado o mais perigoso, demorado e caro para a empresa (TELES, 2018).

2.3.2 Manutenção corretiva programada

É a manutenção com o intuito de eliminar a falha potencial para que ela não se torne uma falha funcional. Mas é necessário que se analise se a falha funcional não interferirá na segurança ou qualidade, para que assim possa ser programada a manutenção no momento mais oportuno, seja pela disponibilidade de mão de obra ou materiais, custo ou produção (TELES, 2018).

2.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Contrária a manutenção corretiva, a manutenção preventiva procura prevenir a falha antes que ela ocorra. Esse tipo de manutenção segue um cronograma que é previamente elaborado, obedecendo um intervalo de tempo com o intuito de reduzir ou evitar quedas no desempenho dos equipamentos ou falhas nos itens.

Segundo Teles (2018), a manutenção preventiva ainda não é considerada a melhor economicamente. Tem um custo, em média, três vezes maior que a manutenção preditiva, e sua aplicabilidade é restrita a apenas 11% dos equipamentos.

Este tipo de manutenção é ineficiente em 88% dos equipamentos em que as falhas são relacionadas com condições de operação, sendo efetiva nas falhas relacionadas à vida útil.

Segundo Teles (2018), existem quatro tipos de gatilhos que são condições que irão determinar o momento em que o equipamento deverá passar por manutenção, sendo eles:

- Tempo
- Horas de funcionamento
- Produtividade
- Gatilho Misto.

O objetivo da manutenção preventiva é reduzir as falhas potenciais, restabelecendo assim as condições originais de funcionamento dos equipamentos.

2.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

De acordo com Kardec e Nascif (2009, p. 44), a manutenção preditiva é aquela que é realizada com base no estado ou condição do equipamento. Através de dados coletados durante um período este tipo de manutenção age na tentativa de definir o estado de um sistema ou equipamento no futuro, analisando a tendência das variáveis.

Seu principal objetivo é permitir a operação do equipamento de forma contínua pelo maior período possível, através do acompanhamento de diversos parâmetros e dados coletados, tais como:

- Medições de temperatura;
- Análise de vibração e ruído;
- Análise físico-química de óleos;
- Ultrassom;
- Termografia.

A manutenção preditiva trata-se de um método com a finalidade de mostrar as reais condições de funcionamento dos equipamentos e/ou máquinas, que mostrarão o desgaste ou processo de degradação dos mesmos, predizendo o tempo de vida útil dos componentes, para que sejam bem aproveitados (NEMBHARD *et al.*, 2013).

2.6 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Segundo Kardec e Nascif (2009, p. 47), a manutenção detectiva se caracteriza por detectar falhas ocultas, aquelas que não são perceptíveis para as equipes da manutenção e produção, atuando nos sistemas de controle, de comando e de proteção, sendo primordial para garantir a confiabilidade do equipamento.

2.7 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Empresas que atuam nessa área de conhecimento da engenharia são consideradas como aquelas que praticam uma quebra de paradigma, após a manutenção preditiva. A engenharia de manutenção tem como objetivo a implementação de melhorias contínuas e consolidação de uma rotina.

A engenharia de manutenção, esquematizada na figura 03, tem diversas atribuições para contribuir com o processo, sendo algumas delas: aumentar a disponibilidade e confiabilidade, melhorar a manutenibilidade, dar suporte à execução, aumentar a segurança, gerir indicadores de desempenho, fazer análise de falhas e estudos, elaborar planos de atuação da manutenção e participar de novos projetos, entre vários outros (KARDEC; NASCIF, 2009).

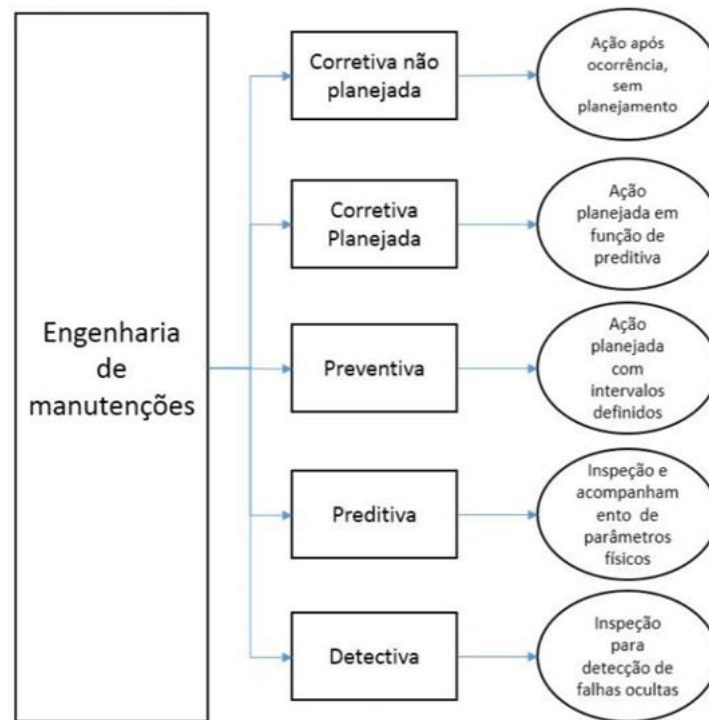


Figura 3 - Diagrama das diferentes atribuições da Engenharia de Manutenção

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

2.8 GESTÃO DE MANUTENÇÃO

No atual cenário de globalização que a economia e a competitividade vêm passando, a atividade de manutenção precisa ocorrer de forma estratégica e a gestão precisa ser um agente ativo. Atualmente, a manutenção existe para que não haja falhas funcionais, exigindo disponibilidade e confiabilidade dos ativos. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Kardec e Nascif (2009) reforçam o fato de que na manutenção estratégica, os resultados são basicamente aumento de disponibilidade, faturamento e lucro, segurança, redução de custos, demanda de serviços, e principalmente, preservação ambiental. A manutenção precisa ser voltada para os resultados, sendo executada da melhor maneira possível, com o menor desperdício de tempo, esforço e recursos.

Para que ocorra a otimização de custos na manutenção, é preciso adotar práticas estratégicas, principalmente aquelas ligadas à Engenharia de Manutenção aplicada aos novos projetos (KARDEC; NASCIF, 2009).

Portanto, o mais importante para as corporações é que a manutenção deixe de ser vista apenas como uma atividade que traz gastos e passe a ser um setor que ajuda a alcançar as metas do negócio.

2.9 O PAPEL, FUNÇÕES E REQUISITOS DE UM LUBRIFICANTE

Um lubrificante é um material usado para facilitar o movimento relativo de corpos sólidos, minimizando o atrito e o desgaste entre as superfícies de interação. Em sua maioria os lubrificantes são líquidos não aquosos (que não se dissolvem ou se misturam facilmente com água). Os óleos lubrificantes são usados em uma ampla gama de equipamentos, em escalas que vão desde laminadores de metais industriais, passando por motores de automóveis e caixas de engrenagens a drives de disco de computador. Também existem fluidos funcionais usados em aplicações onde seu objetivo principal não é a redução de atrito e desgaste, embora algum grau de lubrificação possa ser necessário. Exemplos de tais aplicações incluem fluidos hidráulicos, fluidos de transformadores elétricos, fluidos de transferência de calor e refrigerantes para trabalho em metal (KLAMANN, 1984).

Além dos objetivos principais de reduzir o atrito e o desgaste, os óleos lubrificantes também são necessários para realizar uma série de outras funções, incluindo remoção de calor, prevenção de corrosão, transferência de energia, fornecimento de vedação líquida nos contatos móveis e suspensão e remoção de partículas de desgaste. Para desempenhar essas funções, os óleos lubrificantes devem ter características físicas e químicas específicas (RUDNICK, 2010).

Talvez o requisito fundamental seja que um óleo lubrificante esteja no estado líquido em uma ampla faixa de temperatura. Na prática, a faixa de líquido utilizável é limitada pelo ponto de fluidez em baixas temperaturas e o ponto de fulgor (a menor temperatura na qual os vapores de um determinado combustível se inflamam na presença de uma fonte externa de calor) em altas temperaturas. O ponto de fluidez deve ser baixo para garantir que o lubrificante possa ser bombeado quando o equipamento for ligado em temperaturas extremamente baixas. O ponto de fulgor deve ser alto para permitir uma operação segura, com volatilização mínima, na temperatura máxima de operação. Para as aplicações mais exigentes, como

lubrificantes para motores a jato de aviação, pode ser necessária uma faixa de temperatura de mais de 300 °C (KLAMANN, 1984).

A eficiência de um óleo lubrificante na redução do atrito e do desgaste é muito influenciada por sua viscosidade. Em alta velocidade, alta viscosidade ou baixa carga, é gerada pressão hidrodinâmica suficiente para que as superfícies sólidas sejam totalmente separadas por uma película fina de lubrificante. Essa condição é conhecida como lubrificação hidrodinâmica. Em velocidades e viscosidades mais baixas, ou cargas mais altas, a pressão hidrodinâmica gerada é insuficiente para separar totalmente as superfícies e as asperezas nas superfícies opostas entram em contato. Essa condição é conhecida como lubrificação de limite. Para minimizar o atrito e o desgaste, o equipamento é projetado para lubrificação hidrodinâmica sempre que possível. Para qualquer sistema lubrificado, a viscosidade ideal do lubrificante depende das velocidades relativas das superfícies e da carga a ser suportada. Uma vez que as velocidades e cargas variam enormemente entre diferentes tipos de máquina, e até mesmo entre diferentes locais na mesma máquina, uma faixa correspondentemente ampla de viscosidades de lubrificante é necessária (RUDNICK, 2010).

Para uma determinada carga e velocidade, uma viscosidade muito alta significa que o filme lubrificante hidrodinâmico é mais espesso do que o necessário e energia é desperdiçada no cisalhamento do filme lubrificante espesso. O excesso de energia é convertido em calor, o que aumenta a temperatura local e a temperatura total do lubrificante. Isso acelera as reações de decomposição do lubrificante e falha mecânica das superfícies, levando à redução da vida útil do lubrificante e do equipamento (NEALE, 1987).

Uma viscosidade muito baixa significa que o sistema operará no regime de lubrificação de limite. Os coeficientes de atrito são muito mais altos na fronteira do que na lubrificação hidrodinâmica, porque a energia é necessária para a deformação da superfície e para superar a adesão. Energia é desperdiçada na superação das forças de atrito mais altas. O desgaste dos componentes de metal também ocorre, novamente levando à redução da vida útil do equipamento (SPIKES, 1993).

A viscosidade de um fluido é uma função da temperatura, pressão e, em alguns casos, da taxa de cisalhamento. É geralmente desejável que a viscosidade de um óleo lubrificante mude o menos possível ao longo da faixa de temperatura de operação. A

dependência da viscosidade dos lubrificantes com a temperatura varia significativamente e é normalmente expressa em termos de um parâmetro empírico conhecido como Índice de Viscosidade (IV), onde um IV mais alto implica uma taxa mais baixa de mudança de viscosidade com a temperatura (RUDNICK, 2010).

A dependência da viscosidade com a pressão também é um parâmetro crítico na seleção de lubrificantes. A pressão hidrodinâmica em alguns contatos lubrificados pode exceder 1 GPa. Sob essas pressões, as viscosidades dos fluidos podem apresentar várias ordens de magnitude maiores do que seus valores de pressão ambiente. Alguns fluidos solidificam efetivamente sob essas altas pressões. Para muitas aplicações, esse aumento da viscosidade com a pressão é essencial para manter um filme líquido no contato e evitar a falha dos componentes. Em outras aplicações, um baixo aumento de viscosidade é preferível para minimizar o atrito e o consumo de energia (SPIKES, 1993).

O lubrificante deve manter suas propriedades físicas ao longo de uma extensa vida útil, durante a qual é exposto a altas temperaturas na presença de oxigênio atmosférico. A degradação térmica e a auto-oxidação afetam as propriedades físicas do fluido, de modo que um lubrificante deve ter estabilidade térmica e oxidativa extremamente boa para manter o desempenho. Ele também deve ser inerte a quaisquer outros reagentes químicos potenciais aos quais possa ser exposto, por exemplo água, combustíveis e gases de processo. Um lubrificante também deve ser estável sob as taxas de cisalhamento extremamente altas características dos contatos lubrificados, que são capazes de fragmentar mecanicamente grandes moléculas (KLAMANN, 1984).

3 METODOLOGIA

Conforme descrito nas seções de objetivos deste trabalho, esse estudo foi feito através da observação da realidade da empresa estudada, analisando a implementação do PL.

3.1 METODOLOGIA APLICADA

O estudo foi realizado em uma empresa de beneficiamento de sementes de milho, de Goianésia – Goiás. Ao avaliar as necessidades da empresa, foram traçados planos e metas que fossem aplicáveis e trouxessem resultados satisfatórios.

Estudou-se a elaboração de um PL na empresa e foram feitas análises, antes e depois da implementação, dos custos da manutenção, coleta de amostras de óleo e medição de temperatura, análise de vibração e ruído em 10 redutores selecionados como amostra para verificação da efetividade do PL.

A pesquisa trata de um estudo de caso, onde foram coletados dados em campo, tabulados e analisados, e uma investigação empírica no local que dispõe de elementos para explicar, incluindo testes realizados, tendo caráter de profundidade e detalhamento (VERGARA, 1998).

A escolha se deveu ao fato de que é um método de estudo aplicado em contexto contemporâneo que possibilita conhecimento amplo e detalhado de algo presente na teoria. A escolha também se ateve ao fato de que sua abordagem vem crescendo ao longo dos anos com notável sucesso. Os fatores que estimulam o Estudo de caso são o esclarecimento do motivo que levou a uma tomada de decisão, assim como a sua implementação e seus resultados atingidos (YIN, 2001).

Esse método permite a elaboração de novas teorias ou aumento do entendimento de eventos reais e contemporâneos, sendo este último mais aplicado ao presente trabalho. O estudo de caso permite a análise histórica de um determinado acontecimento, baseando-se em múltiplas fontes de evidências quando são considerados dados potenciais, todos os que forem relevantes ao evento estudado (MIGUEL, 2012).

Esse trabalho é um estudo de caso no setor de manutenção industrial, onde analisou-se, tanto antes como depois da implementação do PL, os redutores e

mancais da empresa, com coleta de dados em campo, análises em laboratório e informações técnicas dos fabricantes.

Segundo Gil (1991), as pesquisas exploratórias, têm como finalidade propiciar maior estreiteza com o problema, tornando-o mais evidente ou construindo possibilidades. Sua elaboração tende a ser categoricamente flexível, pois considera-se os mais diversificados aspectos relativos ao fato ou estudo.

As pesquisas quantitativas têm ênfase na objetividade, com coletas e análises de dados. Seus resultados podem ser quantificados, e o quadro teórico e as hipóteses são definidas (FONSECA, 2002).

Este trabalho pode ser definido como uma pesquisa exploratória e quantitativa, levando em consideração que investiga os resultados da implementação do PL a partir de dados levantados pelo setor de manutenção da empresa estudada, possibilitando a elaboração de várias melhorias na área. Portanto, a pesquisa nega que o pesquisador domine as variáveis do conjunto, caracterizando como experimentação.

3.2 METODOLOGIA PARA COLETA DE DADOS

A empresa estudada dispôs todos os dados referentes à gestão da manutenção, incluindo informações sobre custos, relatórios técnicos e os dados coletados para análises em laboratório. Outras informações complementares foram levantadas através de buscas na literatura atual.

Os parâmetros utilizados pela empresa foram analisados com os redutores ligados por pelo menos 15 minutos.

- **Temperatura:** foi medida por meio de termômetro infravermelho e o ponto de coleta foi acima do eixo de um dos redutores, conforme ilustrado na Figura 4. As medições foram realizadas às sextas-feiras, começando às 9 horas da manhã durante 07 meses.



Figura 4 – Medida da temperatura

Fonte: a autora.

- **Viscosidade do óleo:** foram feitas duas análises pelo viscosímetro cinemático de uma empresa parceira em Goiânia, uma em junho e outra em dezembro de 2019, e os resultados foram enviados por meio de laudo técnico. As amostras de óleo foram coletadas nos redutores após os mesmos terem funcionado por no mínimo 15 minutos, e estarem em repouso por pelo menos 10 minutos, para efeito de padronização das amostras. As amostras foram acondicionadas em vasilhames específicos, conforme Figura 5, identificados e posteriormente enviados para análise.

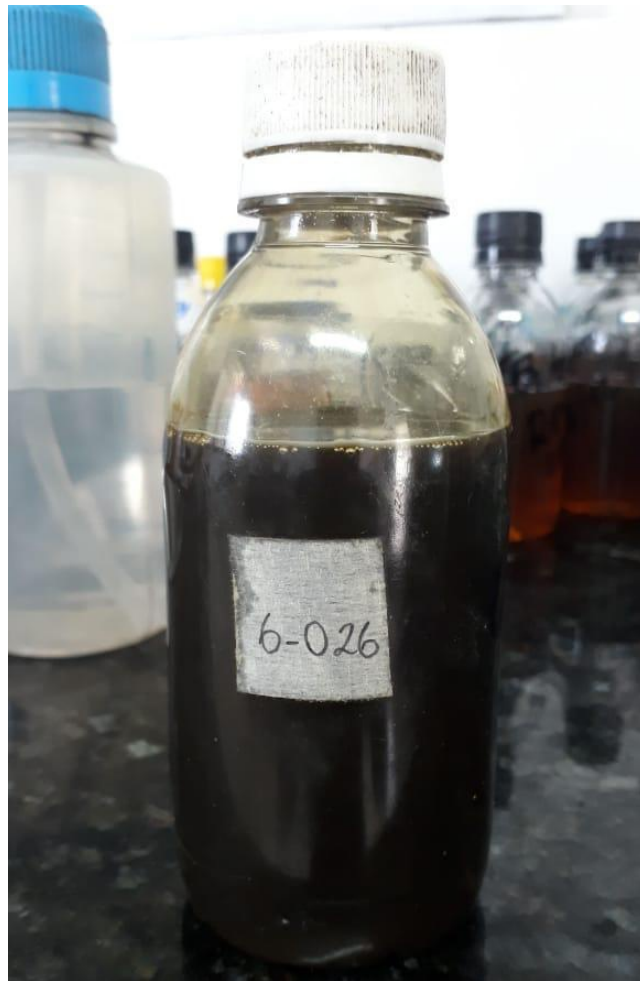


Figura 5 – Vasilhame com óleo coletado

Fonte: a autora.

- **Análise de vibração e ruído:** foi realizada por uma empresa contratada a cada 8 meses, uma em junho e outra em dezembro de 2019, e os resultados foram enviados por meio de laudo técnico. As análises foram executadas pelo técnico e acompanhadas pela estagiária da manutenção.

Os dados foram coletados de 10 redutores selecionados pela empresa para servir de amostra representativa, através de visitas em campo onde foram medidas as temperaturas dos redutores nos dias e horário definidos, e coletadas as amostras de óleo para teste de viscosidade acompanhado pelo técnico na análise de vibrações e ruídos, durante o período de junho a dezembro de 2019.

Foram acompanhados 2 redutores de cada área da empresa, totalizando 10 redutores identificados com as seguintes tags:

- Calandra 2
- Despilhadeira 1 – FLAP Direito
- 2-120
- 2-126
- 3-100
- 3-114
- 4-206
- 4-300
- 5-108
- 6-026

Foi desenvolvido um PL como sugestão pela empresa revendedora dos óleos e posteriormente apresentado à empresa em questão, sendo adequado para atender melhor às necessidades da empresa.

A execução do PL foi acompanhada por meio da realização das Solicitações de Serviço preventivas e visitas em campo.

Para avaliação de custos com a manutenção, foi feita a comparação de gastos entre as safras considerando as toneladas produzidas.

3.3 ELABORAÇÃO DO PL

Para a elaboração do PL da empresa estudada, levantou-se alguns pontos a serem considerados:

- Quantidade de mão-de-obra na equipe de lubrificação;
- Tipos de lubrificantes a serem utilizados;
- Controle do estoque dos lubrificantes no almoxarifado;
- Pontos a serem lubrificados no equipamento;
- Controle de FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos) dos lubrificantes;
- Instrumentos de aplicação;
- Média de consumo e periodicidade de inspeção;

- Planejamento periódico dos serviços de lubrificação;
- Controle das solicitações de serviço de lubrificação dos equipamentos;

Nessa etapa levantou-se os principais pontos que seriam inseridos no PL, a fim de ter um melhor controle de planejamento e efetividade. É importante estabelecer métodos para que se obtenha bons resultados, tendo monitoramento referente aos custos e gestão de manutenção.

O PL foi feito através de planilhas contendo todas as informações necessárias para que os lubrificadores e programadores das atividades dessem andamento. No plano, constam informações acerca do tipo de óleo, tag do equipamento, periodicidade, quantidade a ser inserida e informações complementares como checar vazamentos e nível.

Adicionalmente, através do PL, foram levantadas outras situações adversas relacionadas ao apontamento feito pela mão de obra responsável pela lubrificação. Devido ao fato de não se ter um planejamento, a lubrificação dos equipamentos foi feita juntamente com outras atividades. Sendo posteriormente padronizado o fluxo de serviço, as solicitações de serviço passaram a ser específicas à atividade, havendo um controle mais efetivo acerca do PL.

O PL insere-se na definição de manutenção preventiva, devido ao planejamento que se deve ter antes de realizar os procedimentos, tendo assim uma assertividade melhor naquilo que foi programado sem comprometer a disponibilidade do equipamento para a produção.

Os dados foram coletados, dispostos em uma tabela e analisados comparando-se as informações obtidas antes e depois da implementação do PL.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS DAS ANÁLISES DE TEMPERATURA

Os Gráficos de 1 a 10 mostram as temperaturas observadas dos redutores selecionados, do período de junho a dezembro de 2019. Nos gráficos, UCL é o limite superior de controle, \bar{X} é a média da amostra e LCL é o limite inferior de controle.

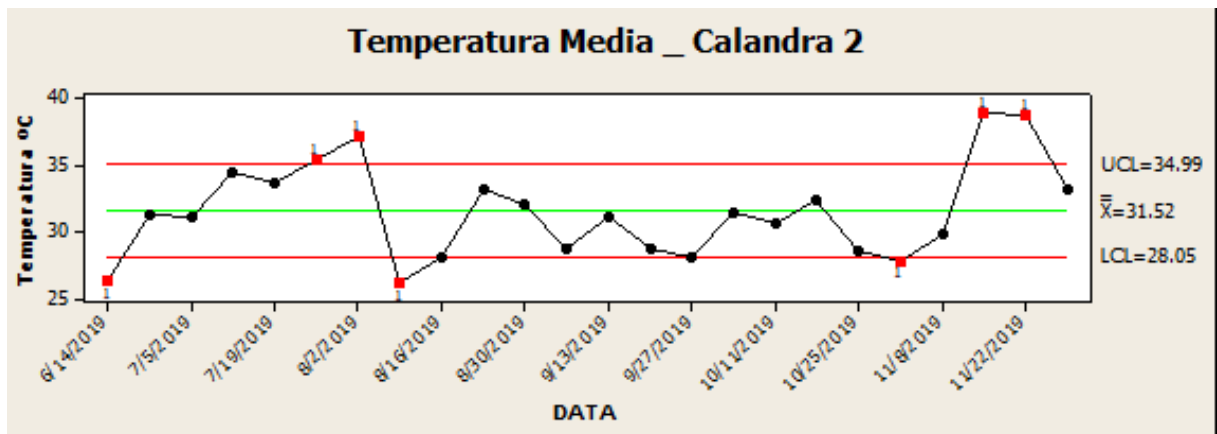


Gráfico 1 - Temperatura média observada Calandra 2

Fonte: a autora.

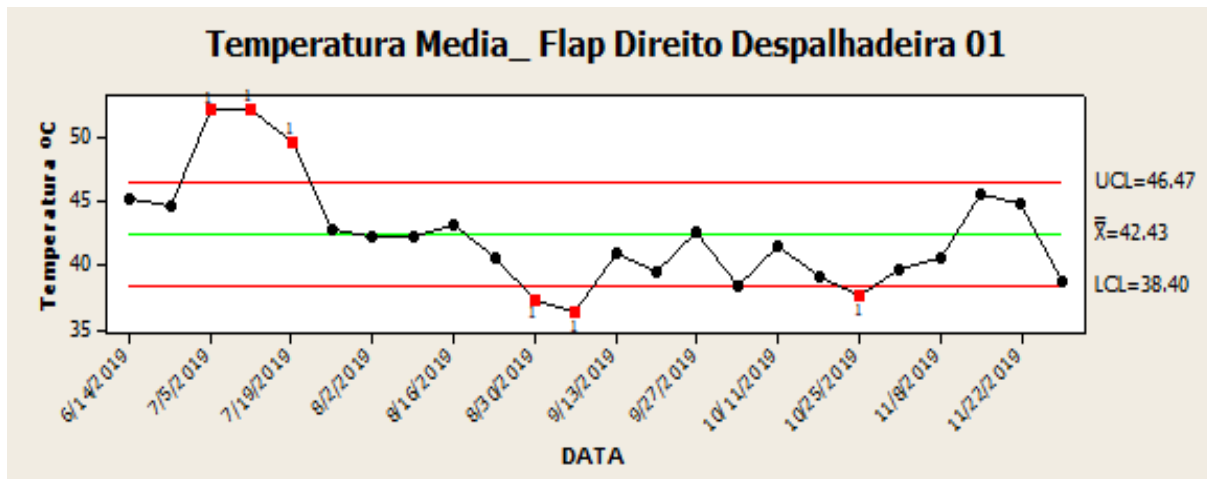


Gráfico 2 - Temperatura média observada Flap direito despilhadeira 01

Fonte: a autora.

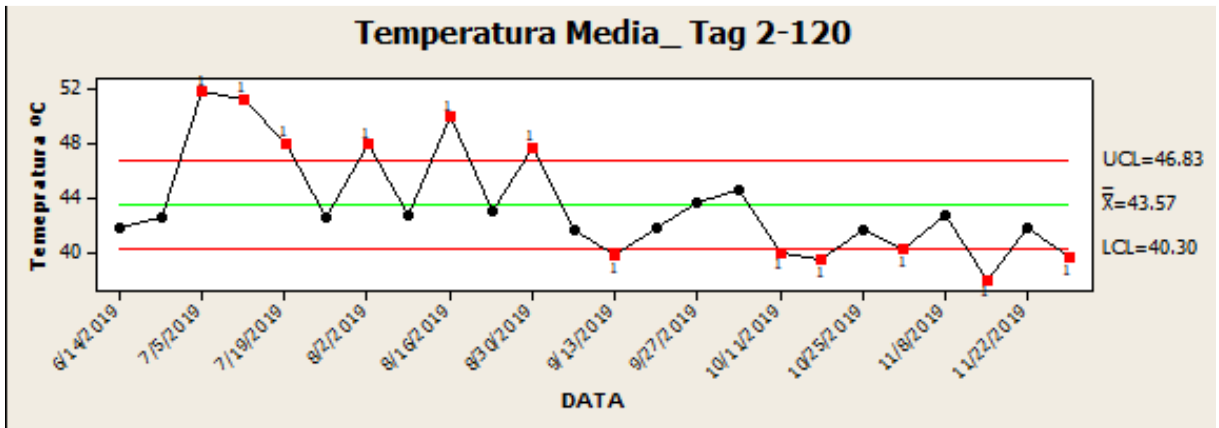


Gráfico 3 - Temperatura média observada TAG 2-120.

Fonte: a autora.

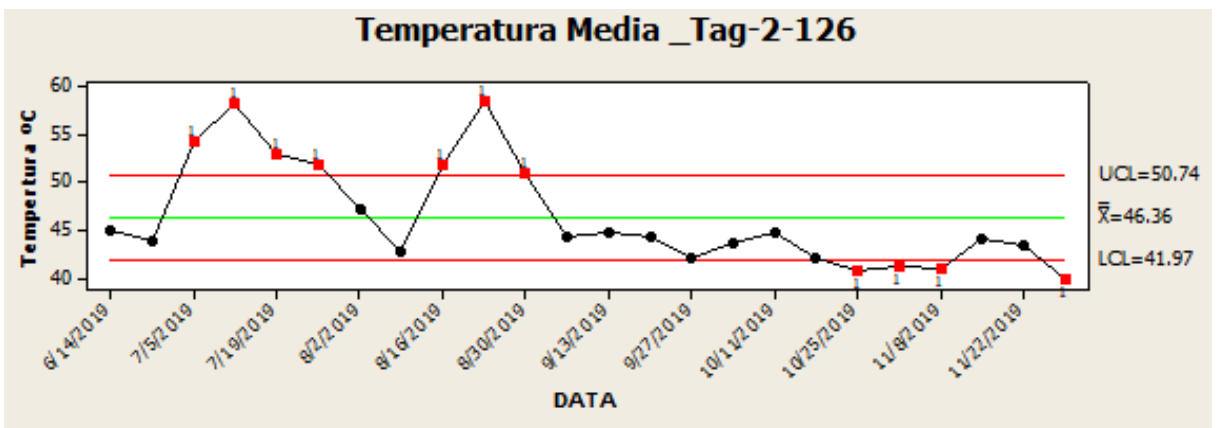


Gráfico 4 - Temperatura média observada TAG 2-126

Fonte: a autora.

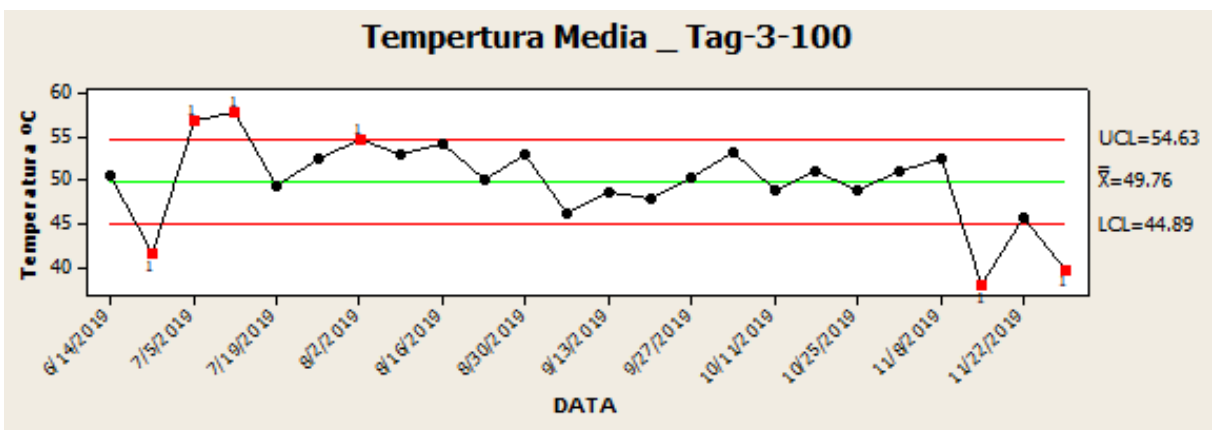


Gráfico 5 - Temperatura média observada TAG 3-100.

Fonte: a autora.

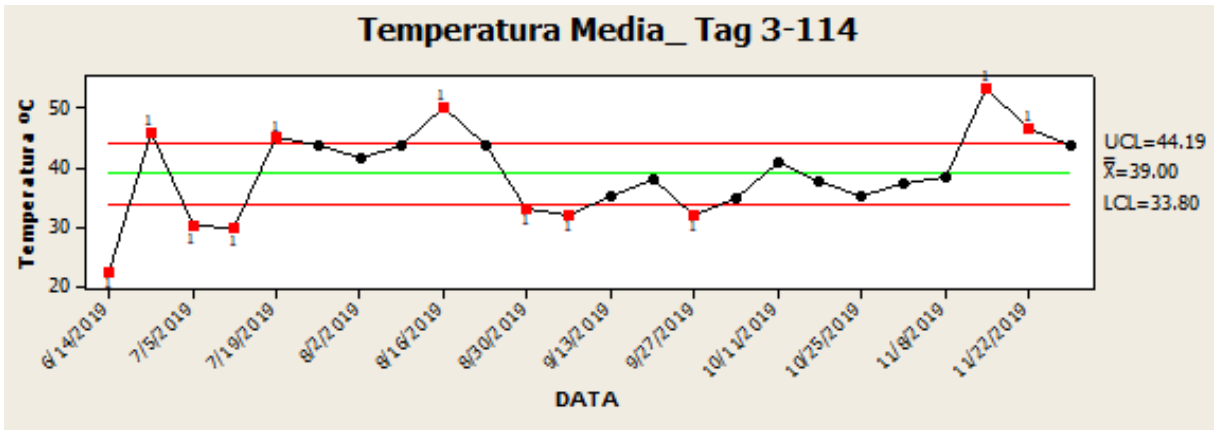


Gráfico 6 - Temperatura média observada TAG 3-114.

Fonte: a autora.

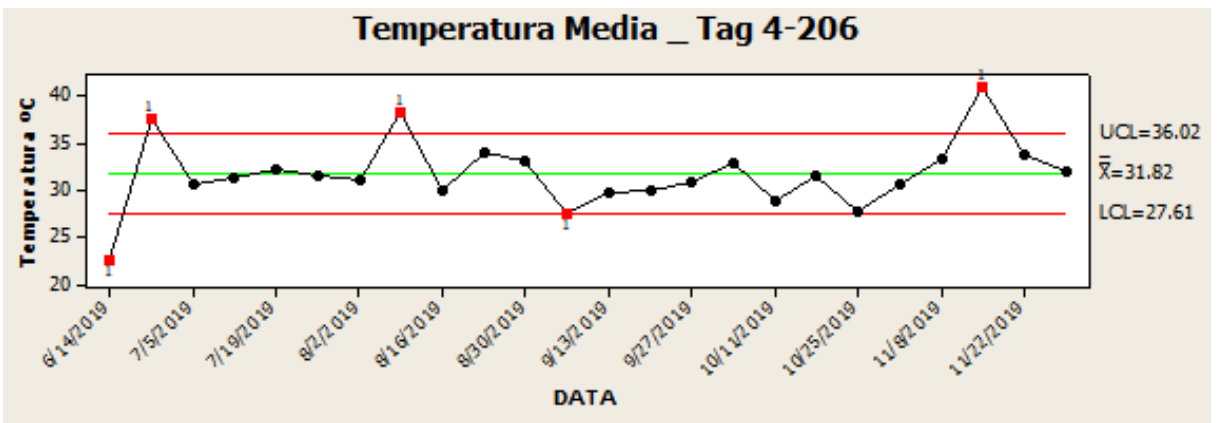


Gráfico 7 - Temperatura média observada TAG 4-206.

Fonte: a autora.

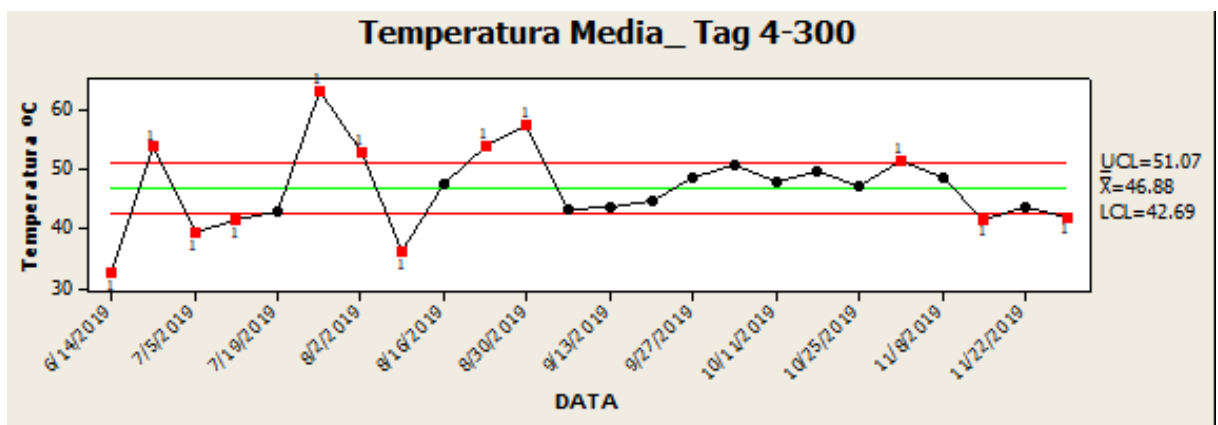


Gráfico 8 - Temperatura média observada TAG 4-300.

Fonte: a autora.

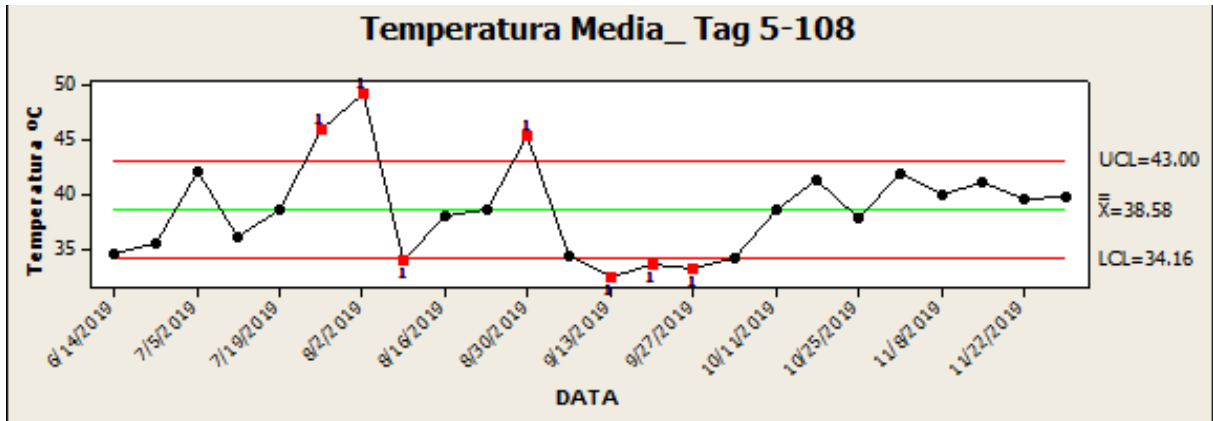


Gráfico 9 - Temperatura média TAG 5-108.

Fonte: a autora.

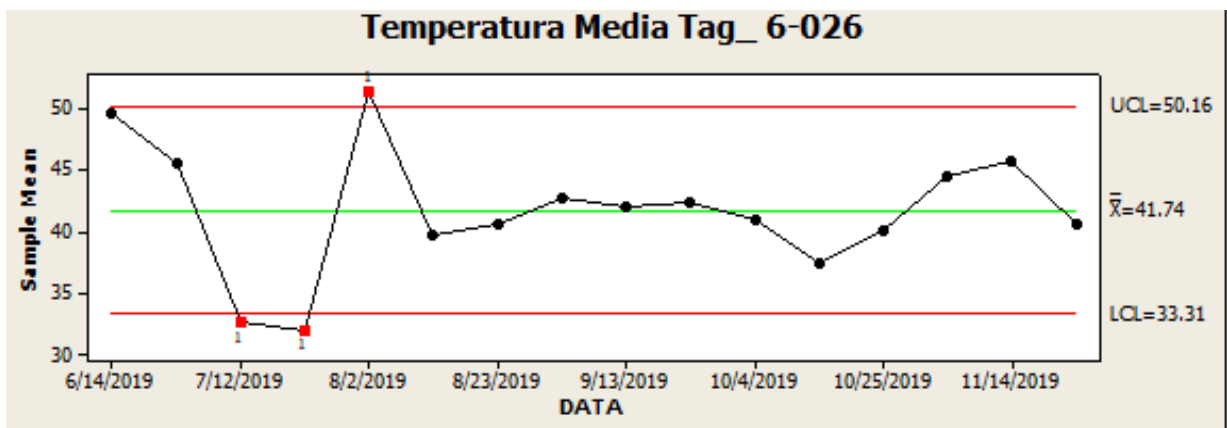


Gráfico 10 - Temperatura média observada TAG 6-026.

Fonte: a autora.

As máquinas rotativas são sensíveis a grandes amplitudes de temperatura, e, ao analisar-se os Gráficos 1 a 10, percebe-se que a amplitude da variação de temperatura foi diminuindo com o passar do tempo, de acordo com a implementação gradual do PL proposto. Isso se caracteriza como uma melhoria no processo, uma vez que condições mais estáveis são atingidas (NEMBHARD *et al.*, 2013).

4.2 DADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÃO E RUÍDO

De acordo com a necessidade de manutenção nos equipamentos da empresa, a periodicidade da análise de vibração e ruído era definida. Sendo assim, foram feitas análises antes da criação do PL para saber o ponto de partida, e após a implementação para saber se já havia começado a surgir efeito.

O Gráfico 11 ilustra os resultados da análise feita antes da criação do PL, no ano de 2018, mostrando as porcentagens de cada falha apresentada nos redutores.

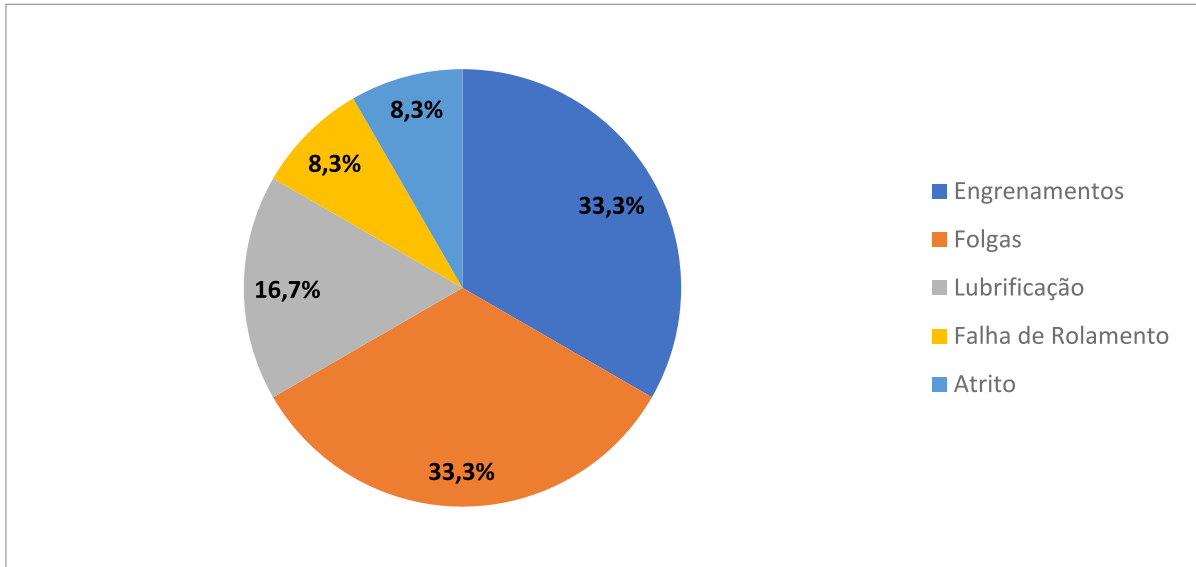


Gráfico 11 - Análise das falhas ocasionadas nos redutores antes da implementação do PL.

Fonte: a autora.

Após implementado o PL, continuou-se analisando os redutores principalmente através das análises de vibração e ruído. O Gráfico 12 ilustra as falhas observadas nos redutores após a implementação do PL.

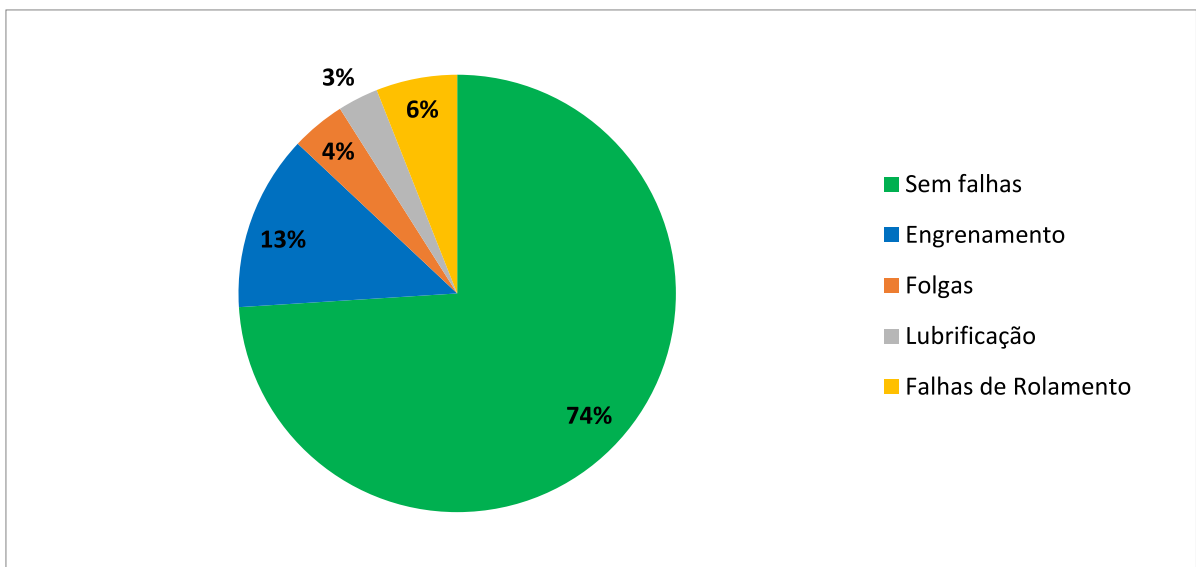


Gráfico 12 - Análise das falhas ocasionadas nos redutores depois da implementação do PL.

Fonte: a autora.

Comparando-se os Gráficos 11 e 12, percebe-se que houve quedas significativas em todas as categorias de falha analisadas. A categoria Engrenamentos, presente anteriormente em 33% das falhas, foi observada em apenas 13% dos casos após a implementação do PL. O mesmo aconteceu com a categoria Folgas, antes muito representativa dentre as falhas, agora presente em apenas 4% dos casos. Finalmente, percebeu-se que 74% dos casos observados não apresentaram falha alguma, demonstrando o potencial benéfico de um PL bem implementado.

4.3 ANÁLISE DE VISCOSIDADE DO ÓLEO DOS REDUTORES SELECIONADOS

A análise de viscosidade dos óleos dos redutores selecionados foi feita através de uma parceria da empresa estudada com a empresa que os fornece. Foram enviadas as amostras em vasilhames padrão e o fornecedor enviou um relatório técnico com os resultados das análises, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Análise de viscosidade nos redutores

TAG	ÓLEO	1ª COLETA 18/06/2019	2ª COLETA 04/12/2019
Calandra 2	600 XP 220	223,69	213,8
Despalhadeira 1 - Flap direito	600 XP 460	410,2	453,7
2-120	600 XP 460	445,3	411,25
2-126	600 XP 460	459,92	439,64
3-100	600 XP 460	456,03	444,62
3-114	600 XP 460	439,44	428,32
4-206	600 XP 460	473,19	459,04
4-300	600 XP 460	458,1	445,02
5-108	600 XP 220	228,37	229,65
6-010	600 XP 460	449,91	447,66
6-026	600 XP 460	420,7	503,71

Fonte: a autora.

Após analisar quais óleos lubrificantes são consumidos nos equipamentos da empresa, foram padronizados no PL os tipos de lubrificantes e em quais equipamentos são utilizados para que ficasse visível durante a atuação da manutenção. Sendo eles: ÓLEO MOBIL GEAR 600 XP -220, à base mineral, e ÓLEO MOBIL GEAR 600 XP-460, também à base mineral.

Através dos dados dos fabricantes dos equipamentos, foi definida qual a periodicidade para a lubrificação e a maneira como devem ser realizadas. O Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) programaria as manutenções preventivas que deveriam ser realizadas, visto que a relubrificação só pode ser feita com a máquina parada para segurança do colaborador que a utiliza. Rotas de inspeções também passaram a acontecer nos equipamentos entre o período de uma manutenção preventiva e outra, a fim de analisar o funcionamento dos redutores.

4.4 DESPESAS COM REDUTORES

Levou-se em consideração as despesas com redutores antes e depois da implementação do PL, conforme mostra o Gráfico 13, observando-se uma redução de 40,9%.

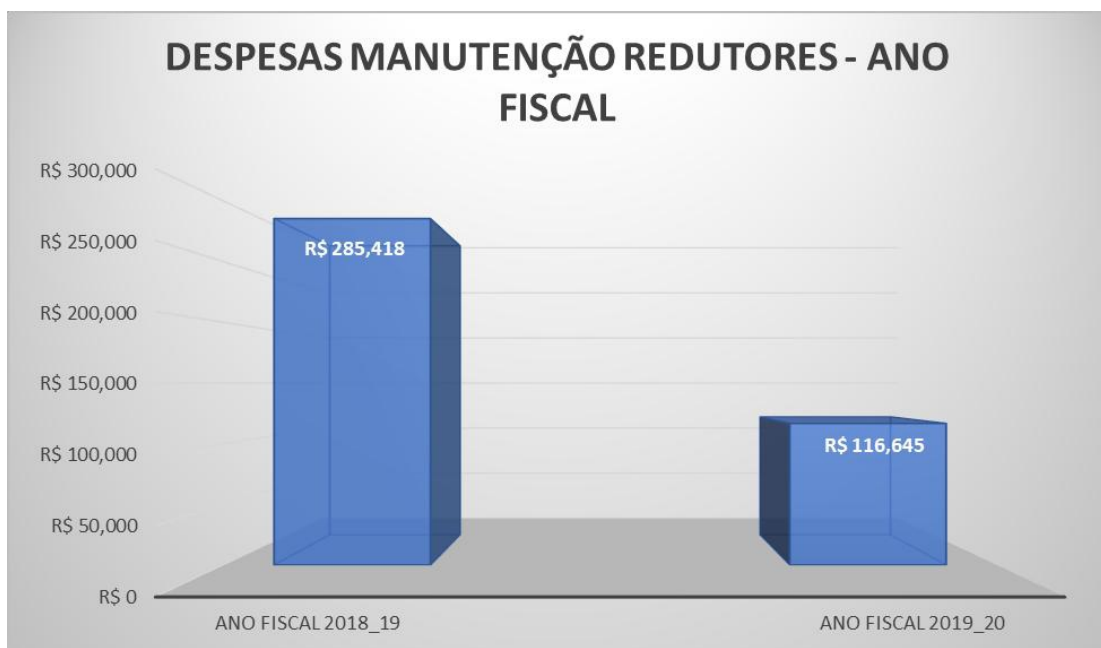


Gráfico 13 - Despesas com manutenção nos redutores, divididas pelo ano fiscal da empresa estudada

Fonte: a autora.

4.5 COMPARATIVO CUSTOS COM A MANUTENÇÃO X TONELADAS PRODUZIDAS

Em paralelo aos custos com manutenção de redutores, analisou-se também os custos de manutenção no todo, comparado às toneladas produzidas na empresa, servindo como parâmetro para a empresa, o custo de manutenção por tonelada produzida. Observou-se um custo de manutenção por tonelada de R\$ 7,77 em 2018 ano fiscal¹ 18, R\$ 10,81 em 2018 ano fiscal 19, R\$ 7,64 em 2019 ano fiscal 19 e, finalmente R\$ 1,95 no ano de 2019 ano fiscal 20. Isso representa uma redução de 74,9% no custo de manutenção por tonelada produzida quando se compara o panorama da empresa em 2018 contra o ano fiscal 2020, após a implementação do PL.

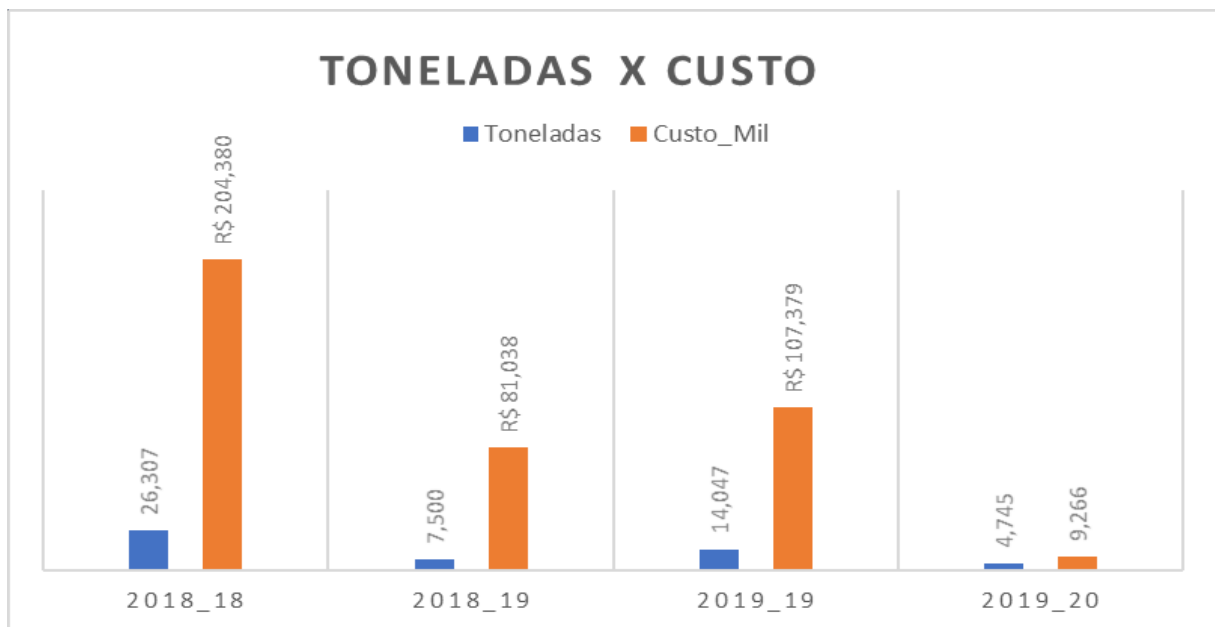


Gráfico 14 - Comparativo toneladas X custos.

Fonte: a autora.

4.6 CUSTOS ANALISADOS DURANTE A IMPLEMENTAÇÃO DO PL

Durante o período que se estudou a implementação do PL, foram comparados os custos relacionados à manutenção com redutores, tais como lubrificantes, usinagem de peças, análises preventivas, rolamentos e retentores, entre outros.

¹ Ano fiscal ou exercício é o período de tempo escolhido para se fazer a demonstração de resultados contábeis de uma empresa.

Observou-se, através do Gráfico 15, que em alguns meses há picos elevados nos gastos, sendo os meses de entressafra, onde a manutenção tem uma maior atuação nos equipamentos e, portanto, um custo maior. Nos meses de safra, espera-se que os custos com manutenção sejam menores, visto que os equipamentos não devem necessitar de intervenção nesse período, salvo se ocorrer falha emergencial.

Durante o período que se estudou a implementação do PL, foram comparados os custos relacionados à manutenção com redutores, tais como lubrificantes, usinagem de peças, análises preventivas, rolamentos, retentores, entre outros.

É importante notar que a empresa opera em torno de períodos de safra, onde os equipamentos estão em plena utilização. Estes períodos ocorrem duas vezes ao ano, nos meses de maio a setembro e novembro a janeiro. Os meses não compreendidos nestes intervalos são denominados períodos de entressafra, onde, uma vez que os equipamentos ficam mais ociosos, há uma demanda maior de manutenção.

Observa-se, através do Gráfico 15, que nos meses de entressafra o custo é maior, justamente devido a possibilidade de maior atuação nos equipamentos por parte da equipe de manutenção. Nos meses de safra, espera-se que os custos com manutenção sejam menores, visto que os equipamentos não devem necessitar de intervenção nesse período, salvo que ocorra uma falha emergencial.

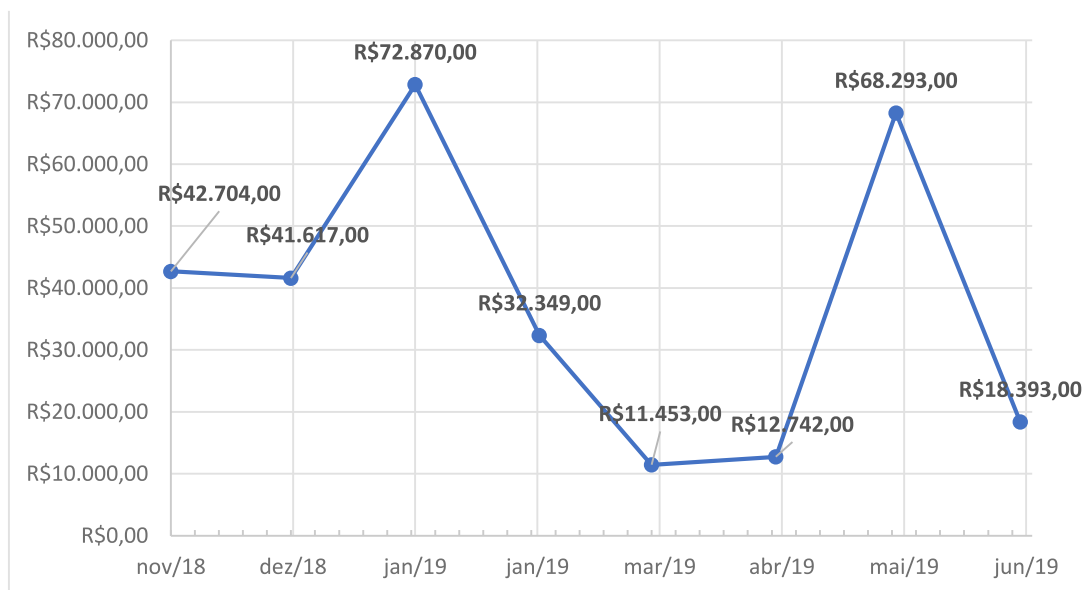


Gráfico 15 - Custos com lubrificantes, usinagem, análises preventivas.

Fonte: a autora.

Após um breve período de implementação do PL, foi feito um comparativo dos gastos com peças. Observou-se uma queda bastante significativa e satisfatória para a empresa nos custos, como pode ser visto no Gráfico 16, que apresenta os efeitos positivos do PL.

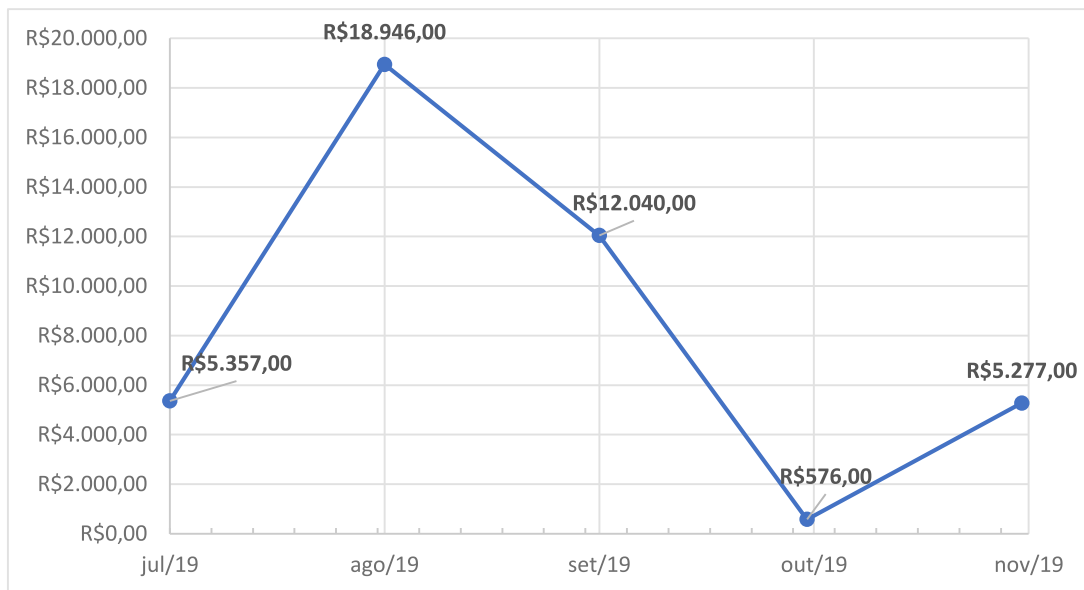


Gráfico 16 - Custos com lubrificantes, usinagem e análises preventivas.

Fonte: a autora.

4.7 DOCUMENTAÇÃO DO PL

Após concluir todas as etapas necessárias para a elaboração do PL, e com os dados coletados, documentou-se o mesmo através de planilhas eletrônicas seguindo a matriz de documentação padronizada da empresa, considerando detalhes referentes aos equipamentos, óleos a serem utilizados, periodicidade, entre vários outros.

Levando em consideração todos os pontos a serem inseridos no PL, o mesmo foi elaborado conforme apresentado na Figura 6.

Limagrain							*****		
							Versão 01		
PLANO DE MANUTENÇÃO - INSPEÇÃO DE ROTA LUBRIFICAÇÃO							Página 1 de 1		
Mês/Ano:		ÁREA: SILO DE SEMENTE					Cronograma		
TAG	DESCRIÇÃO	S.S.:	LUBRIFICANTE	PERIODICIDADE	MAR	JUL	NOV		
5-100	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-101	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-102	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-103	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-104A	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-104B	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-105	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-106	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-107	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-108	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO PETRONAS GEAR MEP 220	TRIMESTRAL					
5-109	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					
5-110	Inpeção nível, checar vazamento e completar o oleo lubrificante. (REDUTOR E MANCAIS)	S.S.:	OLEO MOBIL GEAR 600 XP 460 - EXXON MOBIL	TRIMESTRAL					

Figura 6 - PL

Fonte: a autora.

Esse é o modelo do PL que a empresa utiliza, separado por cada setor existente. São 5 áreas de produção e cada uma delas possui um plano de manutenção específico como mostrado na figura 6. O Plano foi adequado para atender todas as necessidades, principalmente da mão de obra que fica responsável pela execução.

O controle é realizado através das solicitações de serviço feitas pelo planejador, que são abertas antes da execução do serviço, sendo então passadas para os executores. Quando finalizadas, retornam para o PCM fazer o controle e lançamento das mesmas.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho analisou a implementação de um PL em uma empresa de beneficiamento de sementes de milho a fim de saber se houveram melhorias obtidas com essa implantação, e o objetivo do estudo foi alcançado. Demonstrou-se com sucesso que houve redução de custos de manutenção à empresa quando se comparou o ano fiscal de 2018 versus 2019, após a implementação do PL. Uma vez que a variação de temperatura e as falhas ocasionadas nos redutores diminuiu, inferiu-se também que a vida útil desses dispositivos foi prolongada após a implementação do PL.

Dentre os possíveis benefícios alcançados pela implementação do PL, observou-se que o presente trabalho agregou enriquecimento para diversas áreas, tanto da empresa estudada, como na área profissional dos envolvidos. A lubrificação demonstrou ser um fator importante para a manutenção de uma empresa, principalmente quando uma gestão focada se faz presente, e planejamento e controle efetivo do plano evitando possíveis falhas durante a produção.

Como apontado pelo estudo de Silva, Santos e Maciel (2017), em curto prazo foi possível notar que o PL trouxe retornos positivos para a empresa, sendo uma ferramenta efetiva para aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

A redução de custos foi de extrema importância para a aprovação do PL dentro da organização assim como a confiabilidade por parte dos gestores para dar continuidade no estudo e aplicação.

Àqueles que farão trabalhos futuros relacionados ao mesmo tema, recomenda-se estender a análise para outros equipamentos, além de redutores. A súbita implementação do PL, ao invés do modo gradual estudado neste trabalho, pode explicitar ainda mais os benefícios obtidos através do plano. A autora se coloca à disposição para auxiliar em trabalhos similares, ou acompanhar empresas na implementação de um plano de lubrificação.

Todos os dados obtidos dos equipamentos foram de extrema importância para a implementação do PL, mas deve-se ter cautela quanto à essa coleta, pois dados errados, ou erros de anotações, podem provocar resultados equivocados. A visão do processo deve ser ampla, ou seja, não se deve esquecer de analisar o todo, ao invés de focar em apenas um único problema.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro.1994.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOMES, Marcelo C.; LIMA, Carlos Roberto C.; SILVA, Iris B.; **Implantação da lubrificação autônoma como ferramenta essencial do TPM: uma abordagem prática**. 2012. Disponível em: <
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_157_917_19700.pdf>.
 Acesso em: 29 out. 2020.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

KLAMANN, D. Lubricants and related products. **Synthesis, properties, applications, international standards**. [s. l.], 1984

MIGUEL, P.A.C. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2ª edição, Rio de janeiro, 2012.

NEALE, M.J.. Mechanics and chemistry in lubrication. **Tribology International**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 108-109, abr. 1987. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0301-679x\(87\)90099-5](http://dx.doi.org/10.1016/0301-679x(87)90099-5).

NEMBHARD, A. D. *et al.* Fault diagnosis of rotating machines using vibration and bearing temperature measurements. **Diagnostyka**, v. 14, n. 3, 2013.

PINTO, A. K., XAVIER, J. A. N. **Manutenção Função Estratégica**, Rio de Janeiro, Ed. Qualitymarck, 2001.

RUDNICK, L. Lubricant additives: chemistry and applications. **Chemistry & Applications**, [s. l.], 2010.

SILVA, A. D. L. T.; SANTOS, L. Dos; MACIEL, A. C. Implementação de plano de lubrificação em indústria frigorífica de bovinos. **Revista Univap**, [s. l.], v. 22, n. 40, p. 723, 2017.

SPIKES, H. A. Boundary Lubrication and Boundary Films. **Tribology Series**, [s. l.], v. 25, n. C, 1993. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0167-8922\(08\)70389-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8922(08)70389-4)

TELES, Jhonata. **Planejamento e Controle da Manutenção Descomplicado**. 1º ed. Distrito Federal: Ed. Engeteles, 2018.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa Científica em Administração**. 2. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1998. 90 p.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. Maintenance concept development: A case study. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 89, n. 3, 2004. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.09.008>

YIN, R. T. K. **Estudo de caso - Planejamento e Método**. São Paulo: Bookman, 2001.