

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE LUBRIFICAÇÃO EM LINHA DE ENVASE DE  
BEBIDAS DESTILADAS**

Por:

Fábio Neves Spânghero

Leonardo Louzada Vial

Tâmara Neta Policarpo

Volta Redonda-RJ  
2019

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE LUBRIFICAÇÃO EM LINHA DE ENVASE DE  
BEBIDAS DESTILADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Alunos:

Fábio Neves Spânghero

Leonardo Louzada Vial

Tâmara Neta Policarpo

Orientadores:

Alexandre Alvarenga Palmeira

Alexandre Fernandes Habibe

Volta Redonda – RJ

2019

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Fábio Neves Spânghero

Leonardo Louzada Vial

Tâmara Neta Policarpo

### **ELABORAÇÃO DE PLANO DE LUBRIFICAÇÃO EM UMA LINHA DE ENVASE DE BEBIDAS DESTILADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, defendido e aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019 pela banca examinadora constituída por:

---

Prof. Doutor Alexandre Alvarenga Palmeira  
Orientador

---

Prof. Doutor Alexandre Fernandes Habibe  
Orientador

---

Prof. Esp. Antônio Pádua Sobreira Leal

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente agradecemos a Deus por nos ter dado saúde, paciência e força para superar nossas dificuldades, a instituição e todo o corpo docente do curso de Engenharia Mecânica pelo ambiente agradável e de aprendizagem que nos proporcionou. Por último, dizemos muito obrigado aos familiares e amigos que nos acompanharam durante toda essa jornada.

## RESUMO

O trabalho trata sobre a importância da manutenção envolvendo o processo de lubrificação. A principal relevância foi buscar conhecimentos mais amplos dentro da engenharia mecânica para atender as necessidades da área produtiva, buscando a alta de qualidade. A busca por melhorias e otimização do processo produtivo é algo que precisa ser empregado constantemente para que as empresas se mantenham em atividade, além da necessidade de sempre estar se modernizando de forma a acompanhar o rápido avanço das tecnologias, que vem ocorrendo nos últimos anos, onde a conectividade e rápido acesso à dados são fundamentais.

Neste cenário, verificamos a baixa produtividade de uma linha de produção de destilados e identificamos muitos *gaps* relacionados a manutenção da linha quanto à área mecânica, entre eles o de maior relevância, foi a lubrificação inadequada dos equipamentos, que gera diversas falhas indesejadas e parada de produção. Como forma de mitigar esses problemas, com o objetivo de falha zero dos equipamentos, elaborou-se um plano de lubrificação para linha produtiva de maior relevância para empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção, Manutenção Preventiva, Lubrificação, Plano de Lubrificação, Gestão Estratégica, Redução de custo de manutenção.

## **ABSTRACT**

The work deals with the importance of maintenance involving the lubrication process. The main relevance was to seek broader knowledge within mechanical engineering to meet the needs of the productive area, seeking high quality. The search for improvements and optimization of the production process is something that needs to be constantly employed so that companies stay in business, besides the need to always be modernizing in order to keep up with the rapid advances in technologies that have been occurring in recent years, where connectivity and rapid access to data are fundamental.

In this scenario, we verified the low productivity of a distillate production line and identified many gaps related to line maintenance in the mechanical area, among them, the one of greater relevance, was the inadequate lubrication of the equipment, generating several undesired faults and stopping production. As a way to mitigate these problems, with the objective of zero failure of the equipment, a lubrication plan for a productive line of greater relevance for the company was elaborated.

**KEY WORDS:** Maintenance, Preventive Maintenance, Lubrication, Lubrication Plan, Strategic Management, Reduction of maintenance cost.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aplicação dos recursos – pessoal (%)	14
Tabela 2 – Etapas de implementação do TPM	35
Tabela 3 – Falhas por equipamentos – Linha 2	39
Tabela 4 – Quantidade de falhas devido a falta de lubrificação – Linha 2	40
Tabela 5 – Quantidade tempo (minutos) de parada de máquina devido a falta de lubrificação – Linha 2	40
Tabela 6 – Descrição de equipamentos e pontos de lubrificação – Linha 2	41
Tabela 7 – Descrição de TAG	41
Tabela 8 – Especificação de lubrificantes	42
Tabela 9- Investimento inicial em equipamentos para análises preditivas	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Analogia entre saúde humana x máquina.	16
Figura 2 – Crescimento das expectativas de manutenção.	18
Figura 3 – Tipos de Manutenção.	22
Figura 4– Falhas de rolamentos	27
Figura 5 – Indicador OEE	39
Figura 6 – Câmera termográfica IR Visual - FLUKE-VT04A	45
Figura 7 – Medidor de vibração portátil - HMKR-199	45
Figura 8 – Verificador de óleo TMEH 1 da SKF	47
Figura 9 – Plano de Lubrificação	48
Figura 10 – Plano de Lubrificação	49

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Indicador MTBF	32
Equação 2 - Indicador MTTR	32
Equação 3 - Indicador <i>backlog</i>	33
Equação 4 - Indicador disponibilidade	33
Equação 5 - Indicador custo de manutenção por faturamento	33

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>ABRAMAN</b>	<i>Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos</i>
<b>Hh</b>	<i>Homem hora</i>
<b>MTBF (TMPF)</b>	<i>Mean time between failures (Tempo Médio para Falhar)</i>
<b>MTTR (TMPR)</b>	<i>Mean time to repair (Tempo Médio Para Reparo)</i>
<b>PCM</b>	<i>Planejamento e Controle da Manutenção</i>
<b>TPM</b>	<i>Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)</i>
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>ABNT</b>	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
<b>NBR</b>	<i>Norma Técnica</i>
<b>MR</b>	<i>Manutenção Reativa</i>
<b>MP</b>	<i>Manutenção preventiva</i>
<b>MPD</b>	<i>Manutenção preditiva ou baseada na condição da máquina</i>
<b>NLGI</b>	<i>National Lubricating Grease Institute</i>
<b>USDA</b>	<i>Departamento de Agricultura dos Estados Unidos</i>
<b>EPI</b>	<i>Equipamento de Proteção Individual</i>
<b>EPC</b>	<i>Equipamento de Proteção Coletiva</i>
<b>OEE</b>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
<b>ASTM</b>	<i>American Society for Testing and Materials</i>
<b>NSF</b>	<i>National Sanitation Foundation</i>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1. Considerações Iniciais	13
1.2. Justificativa	13
1.3. Escopo do Trabalho	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
2.1. Manutenção	16
2.2. História da Manutenção	17
2.2.1. Evolução da manutenção	17
2.2.2. Manutenção no Brasil	18
2.3. Tipos de Manutenção	19
2.3.1. Manutenção corretiva	19
2.3.2. Manutenção preventiva	20
2.3.3. Manutenção preditiva	211
2.3.4. Manutenção detectiva	21
2.4. Engenharia de manutenção	21
2.5. Estratégias de manutenção	233
2.5.1. Manutenção reativa operacional até a falha (MR)	233
2.5.2. Manutenção preventiva com base no tempo (MP)	23
2.5.3. Manutenção preditiva ou baseada na condição da máquina (MPD)	23
2.6. Práticas da Manutenção Preventiva: Lubrificação	23
2.7. Lubrificantes	24
2.7.1. Óleos	24
2.7.2. Graxas	24
2.7.3. Lubrificantes sólidos	25
2.7.4. Lubrificantes gasosos	25
2.7.5. Lubrificantes de grau alimentício	25
2.8. Plano de Lubrificação	26
2.9. Equipamentos	28
2.9.1. Motor redutores	28
2.9.1.1 Lubrificação de moto redutores	29
2.9.2 Rolamentos	29
2.9.2.1 Tipos de rolamentos	30
2.9.2.2 Lubrificação de Rolamentos	30
2.10 Gestão da Manutenção	31
2.10.1 PCM – Planejamento e controle de manutenção	31

2.10.2	Indicador - MTBF – <i>Mean Time Between Failures</i>	322
2.10.3	Indicador - MTTR – <i>Mean Time To Repair</i>	32
2.10.4	Indicador- <i>backlog</i> de manutenção	32
2.10.5	Indicador - disponibilidade de ativos	33
2.10.6	Indicador - custo de manutenção	33
2.11	TPM	344
<b>3</b>	<b>METOLOGIA</b>	<b>366</b>
3.1.	Definição das Etapas	36
3.2.	Detalhamento das Etapas	377
3.2.1.	Análise do processo produtivo	377
3.2.2.	Coleta de informações da manutenção das linhas de produção	377
3.2.3.	Levantamento de máquinas, equipamentos e pontos de lubrificação.	377
3.2.4.	Especificação de lubrificantes	37
3.2.5.	Definição de controles	37
3.2.6.	Treinamento	37
<b>4.</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>38</b>
4.1.	Análise do Processo Produtivo	388
4.1.1.	Coleta de informações da manutenção das linhas de produção	399
4.1.1.1.	Cenário atual da manutenção preventiva da linha	40
4.1.2.	Levantamento de máquinas, equipamentos e pontos de lubrificação	411
4.1.3.	Especificação de lubrificantes	41
4.1.4.	Elaboração de plano de lubrificação	433
4.1.5.	Definição de controles e indicadores de eficiência para o plano	50
4.1.6.	Treinamento	50
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>5252</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>544</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Considerações Iniciais**

Mercados cada vez mais exigentes e competitivos, em um cenário econômico turbulento e incerto, é imposto às indústrias a obrigação pela busca da melhoria contínua em seus processos para que haja uma produção cada vez mais otimizada e com custos baixos, através de plena eficácia e eficiência dos processos produtivos.

Neste contexto, perdas produtivas devido à falhas dos equipamentos, reduz a eficiência e disponibilidade operacional e gera grandes prejuízos, logo, o setor de manutenção possui relevante importância estratégica e financeira para a indústria, pois é responsável por garantir o funcionamento dos equipamentos visando atender as demandas de produção dentro dos padrões técnicos exigidos, tendo assim, maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos da área produtiva, realizando atividades que visam evitar as paradas de produção não desejadas, com isso, é dada cada vez mais importância para uma gestão robusta da área de manutenção, com indicadores de desempenhos e metas que sejam de leitura correta e objetiva que possam proporcionar informações para tomada de decisões estratégicas para o negócio, proporcionando maior rentabilidade.

É preciso levar em consideração diversas variáveis dos processos e dos materiais dos equipamentos para realizar um bom planejamento da manutenção, e executar de forma correta a gestão de compra e estoque de materiais para uso e consumo das atividades, momento ideal para intervenção na produtividade para execução de manutenção de forma a manter maior disponibilidade dos ativos para produção.

### **1.2. Justificativa**

Os conceitos de manutenção foram evoluindo através do tempo e se adaptando as necessidades da indústria para atendimento ao mercado quanto a qualidade e alta produtividade, e hoje, fazer apenas um bom reparo não é suficiente, é necessário evitar e ao máximo que ocorram falhas não planejadas, mas para isso, é necessário realizar uma gestão de manutenção robusta e execução de manutenções preventivas e preditivas de forma periódica, aumentando a vida útil e disponibilidade dos ativos, evitando custos de produção parada e oferecendo maior segurança ao ambiente de trabalho.

Dados publicados pela Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) no ano de 2013, tabela 1, mostram que ainda é uma realidade da manutenção nacional uma alta demanda de hora homem na execução de atividades de manutenção corretiva, que em muitos casos, correlacionadas a parada de produção, neste âmbito em que observa-se um amplo campo de oportunidades de melhoria da manutenção.

**Tabela 1:** Aplicação dos Recursos – pessoal (%)

Hh (serviços de manutenção)/Hh (total de trabalho)

Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2013	30,86	36,55	18,82	13,77
2011	27,40	37,17	18,51	16,92
2009	26,69	40,41	17,81	15,09
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56

Fonte: Abramam (Associação Brasileira de Manutenção), 2013.

### 1.3. Escopo do Trabalho

Este trabalho busca embasar tecnicamente a importância e necessidade de um plano de lubrificação para equipamentos de uma linha de produção, através do levantamento de dados e informações de produtividade, custos da área de manutenção e histórico de falha sem uma indústria de produção de destilados, onde atualmente, são executadas manutenções preventivas de substituição total de materiais de forma anual.

O trabalho será gerido através das referências bibliográfica estudadas, buscando as melhores práticas e parâmetros de manutenções preventivas e preditivas no âmbito industrial, com o ênfase no desenvolvimento de um protótipo de plano de lubrificação modelo para uma linha de envase de destilados, apontado esta, pela indústria deste estudo como foco principal quanto a melhoria na gestão de manutenção, o qual será implementado e posteriormente multiplicado para as demais linhas e posteriormente para as demais áreas da empresa, com intuito de identificar as dificuldade desta implementação em uma linha para que seja implementado de forma mais simples, rápida e direta para toda a fábrica.

Espera-se que através deste trabalho, haja a redução significativa no custo de manutenção e produção da empresa, através do aproveitamento máximo da vida útil dos materiais e equipamentos, redução das manutenções corretivas e aumento na disponibilidade e eficácia da linha em estudo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Manutenção

A palavra manutenção do latim “*mantenus tenere*”, significa manter aquilo que se tem, mas apesar de intuitiva, possui significado muito diversificado conforme comenta Wyder (1977) “Pergunte a dez engenheiros de manutenção para que definam manutenção, e você provavelmente receberá dez diferentes conceitos”.

Segundo Larousse *apud* Branco Filho (2004) manutenção é o “conjunto de medidas ou ações que permitem conservar ou restabelecer um sistema em seu estado de funcionamento”, já a ABNT (1994) caracteriza de forma mais abrangente como a “Combinação de ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. A caracterização de manutenção se enquadra dentro das necessidades da indústria, atualmente Kardec e Nascif (2009) interpretam manutenção industrial como “assegurar a funcionalidade das instalações e equipamentos de maneira a satisfazer um processo de produção e integridade do meio ambiente, com viabilidade econômica, confiabilidade e segurança”.

Monchy (1987) traz uma analogia entre a saúde das máquinas e a saúde das pessoas, considerando a manutenção como a “medicina das máquinas” conforme figura 1.

ANALOGIA			
SAÚDE HUMANA		SAÚDE DA MÁQUINA	
Conhecimento do homem	Nascimento	Estrada em operação	Conhecimento tecnológico
Conhecimento das doenças	Longevidade	Durabilidade	Conhecimento dos modos de falha
Carnê de saúde			Histórico
Dossiê médico	Boa saúde	Confiabilidade	Dossiê da máquina
Diagnóstico, exame, visita médica			Diagnóstico, perícia, inspeção
Conhecimento dos tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo	Morte	Sucata	Retirada do estado de pane, reparo
Operação			Renovação, modernização, troca
MEDICINA		MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	

**Figura 1** – Analogia entre saúde humana x máquina.

**Fonte:** A função da Manutenção, François MONCHY, 1987.

De acordo com Karde & Nascif (2009, p. 11): “a atividade de manutenção precisa ser além eficiente, precisa ser eficaz; não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação de forma rápida, é preciso também, manter a função do equipamento disponível para a operação, evitar falhas do equipamento e reduzir os riscos de uma parada de produção não planejada”.

Dentre as definições apresentadas, ter os equipamentos disponíveis exercendo plena função é fundamental para produtividade e competitividade entre as indústrias, logo, é fundamental manter uma boa gestão da manutenção para que haja disponibilidade de produção e confiabilidade dos equipamentos, evitando assim o rendimento baixo dos equipamentos devido à necessidade de manutenções corretivas excessivas o que impactam diretamente a produção, elevando os custos do produto final.

## **2.2. História da Manutenção**

### **2.2.1. Evolução da manutenção**

O termo manutenção teve seu aparecimento na indústria por volta de 1950 nos Estados Unidos da América, já na França, esse termo se sobrepõe progressivamente à palavra "conservação". (Monchy, 1987)

Mas conforme Pascoli apud Silva (2004) mencionam, foram encontrados registros de manutenção que datam do século X, mostrando que os *vikings* dependiam da manutenção para manter seus navios em perfeitas condições para as batalhas.

Efetivamente a manutenção ocorrerá através da Revolução Industrial durante o século XVIII, com o aparecimento das indústrias têxteis, onde era necessário reparar os equipamentos após as falhas, de forma a manter o seguimento do trabalho, neste contexto, o operador da máquina era o encarregado por operar, lubrificar e reparar seus equipamentos (Siqueira, 2005; Cabral 1998; Moubray, 2000).

Após as guerras mundiais e as revoluções industriais, a definição de manutenção evoluiu de acordo com as necessidades das indústrias, Dunn (2001) apud Alkaim (2003), figura 2, descrevem as mudanças na definição da manutenção que industrial ocorreram em três gerações, através das mudanças em três áreas.

- Crescimento das expectativas de manutenção;
- Melhor entendimento de como os equipamentos falham;
- Uma escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção;



**Figura 2** – Crescimento das expectativas de manutenção.

**Fonte:** Moubray (1997) apud Alkaim (2003).

### 2.2.2. Manutenção no Brasil

Em meados da década de 70, houve o surgimento de associações de manutenção em países como Espanha, México e Portugal as quais fizeram crescer o interesse dos profissionais brasileiros pelos conceitos, métodos e tecnologias então disponíveis na área. Aos poucos, no Brasil também se fazia necessário uma entidade especificamente dedicada ao desenvolvimento da manutenção, devido a importante ligação entre a cadeia industrial e econômica.

Com o trabalho de um grupo de idealistas houve realização, na cidade do Rio de Janeiro, do 3º Congresso Ibero-Americano de Manutenção. O evento foi realizado em 1983, e se transformou em um importante marco na história da manutenção no país.

Durante o evento, ocorreu o lançamento e aprovação da criação de uma entidade nacional, inicialmente restrito à participação de setores como os de Petróleo, Eletricidade, Siderurgia e Transportes; porém logo este grupo se desenvolveu. Em 1984, com a presença dos

segmentos mais importantes da economia, fundou-se a Associação Brasileira de Manutenção - ABRAMAN.

Em 1994, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) definiu a manutenção através da norma NBR 5462-1994, “como a combinação de ações técnicas e administrativas, destinadas a manter um ativo em estado no qual possa desempenhar sua função requerida”, dando assim maior ênfase e normatização da área de manutenção no Brasil.

A cada dois anos, iniciando-se em 1995 a ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) publica o Documento Nacional da Manutenção, onde revela o cenário da manutenção no Brasil, com propósito elaborar uma verificação de dados, a nível nacional, para formação de índices, da mesma maneira a estabelecer padrões que consigam relacionar o controle, progresso e definição do comportamento da manutenção no país (Oliveira, 2013).

O Quadro da Manutenção no Brasil, do Documento Nacional divulgado pela ABRAMAN, possui de dados 1995 até 2017 que refletem o contexto da manutenção no Brasil, compreendendo os setores mais relevantes de serviços e produtos que mobilizam a economia, auxiliando no desenvolvimento da área.

## **2.3. Tipos de Manutenção**

### **2.3.1. Manutenção corretiva**

Como o método mais antigo, a manutenção corretiva que é aplicada desde surgimento do termo, é o reparo do equipamento após apresentar falha, a qual é dividida em não planejada e planejada.

Não planejada, é quando ocorre a falha e o reparo deve ser executado o mais rápido possível.

Quanto à planejada, após a apresentação da falha ou apresentação de rendimento menor, a manutenção será feita de forma programada através de um planejamento quando será agendada uma data específica para a execução do reparo.

Manutenção corretiva é um tipo de manutenção indesejado, pois provoca aumento do custo na produção devido a indisponibilidade do equipamento e muitas vezes, há a necessidade

de comprar peças ou até mesmo de contratar serviços de forma emergencial, o que eleva os custos da manutenção.

### **2.3.2. Manutenção preventiva**

Diferente da manutenção corretiva, a preventiva, é o tipo de manutenção que busca impedir as falhas ou baixos rendimentos através da periodicidade, por meio ações como lubrificação, reaperto e substituição de peças onde ocorrem desgastes em determinados intervalos de tempo previamente definidos.

Conforme é citada por Xenos (1998, p. 24), a ação preventiva em frente a ação corretiva, reduz gradativamente a ocorrência de falhas, aumentando o tempo de disponibilidade dos equipamentos e reduzindo as paradas indesejadas da linha de produção. Isto é, em muitas ocasiões a ação preventiva se torna menos custosa que a corretiva, a valer que se tem controle de paradas das máquinas, evitando-se assim se manter passível às panes inusitadas por imperfeições das instalações.

Entretanto, Kardec e Nascif (2009) evidenciam, ao mesmo modo que a manutenção preventiva possibilita uma melhor gestão das manutenções, é necessário disponibilizar recursos como insumos e controle de estoque, de modo a propiciar a execução dos serviços planejados anteriormente.

O problema deste tipo de abordagem é basear-se apenas em estatísticas para realizar a programação de paradas, no entanto, deve-se avaliar também todas as variáveis da atividade da planta que afetam diretamente a vida útil do ativo. Almeida (2000, p.3) cita como exemplo que “o tempo médio entre as falhas não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e outra bomba que esteja bombeando polpas abrasivas de minério”.

Tal generalização cria dois problemas comuns ao se utilizar manutenção preventiva: falhas inesperadas e reparos desnecessários ou bastante antecipados (Almeida, 2000). No primeiro caso, o mais crítico, apesar dos esforços para prevenir a falha, esta acabou acontecendo, associando gastos preventivos aos corretivos, aumentando o custo de manutenção. No segundo caso, utiliza-se uma periodicidade de forma conservadora, realizando o reparo muito antes do necessário, desta forma havendo o desperdício de peças e trabalho.

### **2.3.3. Manutenção preditiva**

A manutenção preditiva é realizada através da execução do monitoramento em diferentes padrões dos equipamentos, através de aparelhos e instrumentos de medição de forma a identificação do desgaste máximo do equipamento para então intervir através da substituição, fazendo assim, que o equipamento seja utilizado totalmente, antes que haja uma quebra ou a substituição desnecessária, sendo estabelecido o momento adequado para o reparo, com o melhor rendimento efetivo (Otani e Machado, 2008 apud Costa, 2013).

Entre os métodos mais utilizados em procedimentos com atividade preditiva estão a termografia, inspeção sensitiva, o estudo de vibração e a análise térmica (Toazza e Sellito, 2015).

### **2.3.4. Manutenção detectiva**

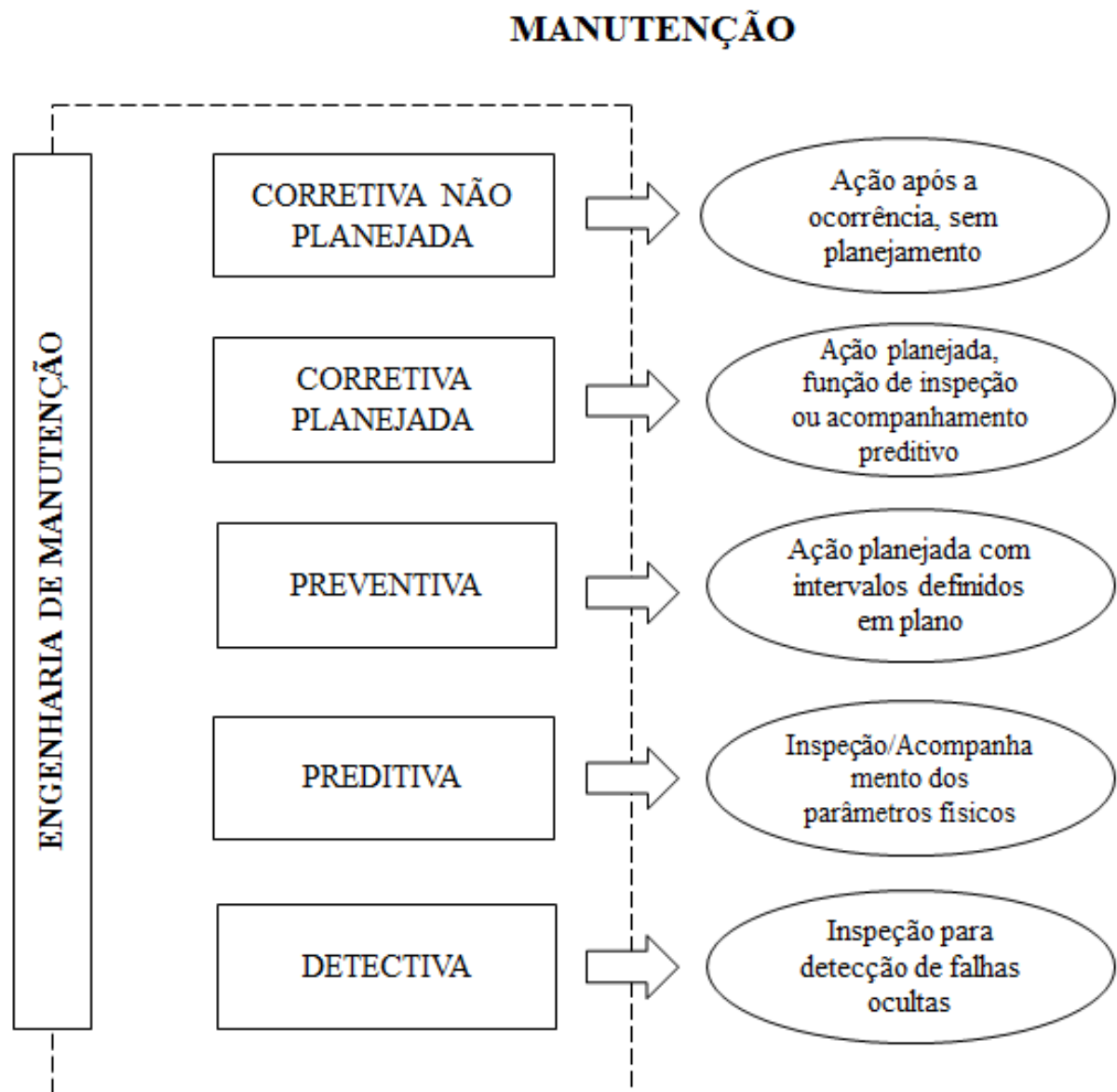
É um tipo de atividade através da constatação de falhas camufladas, que não estão aparentes à equipe de manutenção nem de operação, em controles de segurança, sistemas e instalações, executada através de testes destes sistemas e instalação para identificação de falhas caso haja. Esta manutenção veio a ser mais utilizada no início da década de 90, efetuadas geralmente por peritos, sem a necessidade de retirar o equipamento de funcionamento, são eficientes na detecção de avarias encobertas e possuem aptidão para solucionar essas situações, conservando o conjunto em operação (Kardec e Nascif, 2009, p. 49).

Um exemplo de utilização da manutenção detectiva é quando se realizam testes periódicos no funcionamento de um sistema de detecção e combate de incêndio, e através do teste pode-se identificar falhas, propiciando a manutenção, evitando que quando haja a necessidade da utilização do equipamento, o mesmo esteja indisponível.

## **2.4. Engenharia de manutenção**

Engenharia de manutenção busca a implementação de evoluções constantes no setor de manutenção, o que consiste em analisar e controlar dados e informações obtidas através de históricos de manutenção e outros meios através de indicadores, à procura de causas básicas ou identificando melhorias pertinentes às falhas ou baixo rendimento dos equipamentos evitando as atividades corretivas, tendendo a ter maior confiabilidade, disponibilidade e segurança dos equipamentos.

A aplicação da engenharia de manutenção se mantém através da alimentação regular de informações, recolhendo dados para serem utilizados em melhorias contínuas de todo o processo e ações de manutenção. Na figura 3, um esquema com as diferenças encontradas nos modelos de manutenção mostra o modo como o setor de engenharia de manutenção se situa nesse contexto.



**Figura 3** – Tipos de Manutenção.

**Fonte:** Adaptado de Kardec e Nascif, 2009

## **2.5. Estratégias de manutenção**

As estratégias de manutenção são classificadas em três categorias.

### **2.5.1. Manutenção reativa operacional até a falha (MR)**

É a estratégia de utilização do equipamento até a falha, ou até ao máximo que suportar, para que então, neste momento, seja feita a intervenção de manutenção do equipamento, sendo assim, realizado, a manutenção corretiva do equipamento.

### **2.5.2. Manutenção preventiva com base no tempo (MP)**

Consiste em reparar ou substituir os componentes do equipamento em intervalos fixos de tempo, mesmo que o equipamento esteja funcionando de forma satisfatória.

### **2.5.3. Manutenção preditiva ou baseada na condição da máquina (MPD)**

Consiste em determinar a condição mecânica real do equipamento durante seu funcionamento através de um programa periódico de medições de parâmetros previamente determinados identificando sintomas de possível falha, desta forma, a manutenção é programada de acordo com a evolução destes sintomas identificados, utilizando assim, o máximo do componente antes que apresente a falha propriamente dita.

## **2.6. Práticas da Manutenção Preventiva: Lubrificação**

Uma das atividades provenientes da manutenção preventiva industrial é a lubrificação, que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas. Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluido. A falta de lubrificação causa uma série de problemas nas máquinas. Estes problemas como: aumento no atrito, aumento no desgaste, aquecimento, dilatação das peças, desalinhamento, ruídos, grimpagem e ruptura das peças.

Logo, com a seleção correta do lubrificantes, além da redução do atrito, outros objetivos são alcançados também como: a menor dissipação de energia na forma de calor, através da absorção o calor gerado pelo contato das superfícies (motores, operações de corte etc.) ocorrendo assim a redução da temperatura, pois o lubrificante auxilia na refrigeração do

sistema, a redução da corrosão, evitando que ação de ácidos destrua os metais, a redução de vibrações e ruídos, através da transferências da energia mecânica para energia fluida amortecendo o choque dos dentes de engrenagens e a redução do desgaste, reduzindo ao mínimo o contato entre as superfícies.

## **2.7. Lubrificantes**

Os lubrificantes de acordo com seu estado físico, são classificados, em gasosos, sólidos, líquidos e pastosos. Os lubrificantes líquidos são comuns da utilização para lubrificação, e divididos em: óleos compostos; óleos graxos, óleos minerais puros; óleos aditivados e óleos sintéticos. Os pastosos, chamados graxas, são utilizados em locais lubrificantes líquidos não atendem as exigências necessárias para lubrificação satisfatória do equipamento. Os lubrificantes sólidos, geralmente, são usados como aditivos de lubrificantes pastosos ou líquidos. Os lubrificantes gasosos são utilizados em casos especiais, quando não é possível a utilização dos tipos convencionais.

### **2.7.1. Óleos**

Os óleos são classificados em óleos vegetais, animais, sintético e minerais. Com o desenvolvimento das tecnologias dos equipamentos e a necessidade de maior durabilidade e estabilidade do fluido lubrificante, atualmente os tipos mais utilizados são os sintéticos e os minerais. Os óleos minerais são provenientes do petróleo, fabricados pelas indústrias petroquímicas, com custo menor e geralmente utilizados em na lubrificação de motores mais antigos. Os óleos sintéticos, são fabricados a partir da mistura de óleos básicos sintéticos e aditivos, possuem o custo elevado, mas com melhor rendimento entre os demais tipos, com uma alta durabilidade. Para a seleção do óleo a ser utilizado, deve-se levar em consideração diversas variáveis como: tipo de atrito, velocidade de operação e condições do ambiente e cargas, sendo que o mais usual é a utilização de acordo com as especificações do fabricante do equipamento. Os óleos são utilizados com o principal objetivo de diminuir o atrito entre as peças do equipamento, desta forma, reduzindo o desgaste dos materiais, além, de auxiliar na refrigeração do sistema.

### **2.7.2. Graxas**

As graxas são lubrificantes semissólidos que são aplicadas como lubrificantes em mecanismos que os óleos fluidos não permanecem na posição. Fabricadas a partir da mistura

de óleo mineral ou sintético e um espessante emulsionado. O espessante é o componente que segrega a graxa do lubrificante líquido, responsável pela consistência semissólida das graxas. A composição de uma graxa normalmente é de 90% de óleo mineral ou sintético, 7% de espessante e 3% de aditivos. Para a seleção da graxa deve-se considerar a temperatura de trabalho, velocidade do equipamento, condições de cargas e o ciclo de trabalho do equipamento, como por exemplo, se há partidas e paradas frequentes. De posse destas informações é possível selecionar a graxa quanto ao grau de consistência necessário, de acordo com NLGI (*National Lubricating Grease Institute*), viscosidade de óleo base e a especificação do aditivo.

### **2.7.3. Lubrificantes sólidos**

Os lubrificantes sólidos são aplicados em suspensão, em líquidos que se evaporam após a sua aplicação. A grafite, o molibdênio, o talco, a mica etc., são os mais empregados. Estes lubrificantes apresentam grande resistência a elevadas pressões e temperaturas.

### **2.7.4. Lubrificantes gasosos**

São normalmente usados o ar, o nitrogênio e os gases halogenados. Sua aplicação é restrita, devido à vedação exigida e às elevadas pressões necessárias para mantê-los entre as superfícies.

### **2.7.5. Lubrificantes de grau alimentício**

Na indústria, vazamentos ocasionais de óleos são inevitáveis, logo, houve a necessidade para atendimento as normas e exigências legais de segurança de alimentos para indústrias alimentícias e farmacêuticas, precisou-se de desenvolver lubrificantes capazes de manter as funções técnicas e ao mesmo tempo que em eventuais casos de contaminação com o produtos alimentares, não tenham riscos à saúde dos consumidores, além de possuir odores inertes, uma vez que forte odor pode influenciar no gosto de alimentos e até mesmo contaminá-los, mesmo que sem contato direto e capacidade de suportar grande quantidade de limpezas executadas nessas indústrias, a partir destas premissas, foram criados os lubrificantes alimentícios.

Os lubrificantes alimentícios são classificados em H1, H2 e H3 de acordo com a USDA (departamento de agricultura dos Estados Unidos), sendo que os lubrificantes H1 são óleos que podem acidentalmente entrar em contato com o produto, H2 são utilizados em ambientes fabris que não existe a possibilidade de contato direto com o produto e H3 são lubrificantes comestíveis, normalmente usados para prevenir corrosão de certos equipamentos.

No Brasil, a utilização dos lubrificantes alimentícios é exigência nas indústrias alimentícias e farmacêuticas certificadas pela ISO 22.000, norma que direciona a segurança de alimentos para estas indústrias, as quais são auditadas regularmente por empresas homologadas para que tenham suas certificações desta ISO.

## **2.8. Plano de Lubrificação**

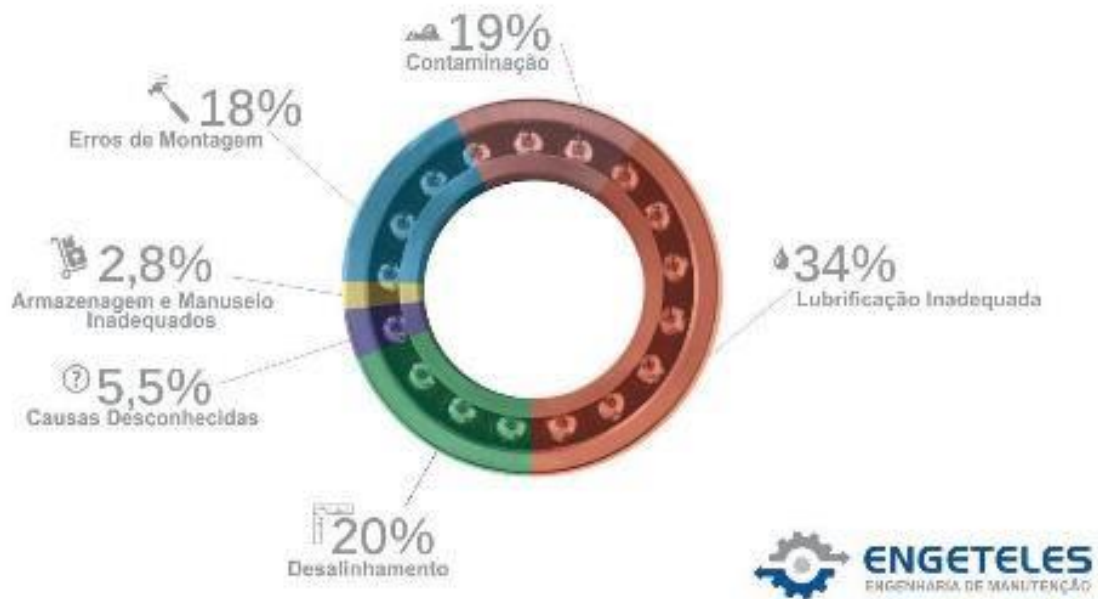
É um documento que reúne todas as ações necessárias para manter a saúde dos ativos em relação a sua lubrificação. Um plano de lubrificação aponta quais equipamentos devem ser lubrificados, qual a periodicidade de lubrificação, qual lubrificante e quantidade devem ser aplicados, além de outras informações pertinentes.

O plano de lubrificação é um dos documentos que compõem a carteira de planos de manutenção dos equipamentos.

Elaborado pelo setor de Planejamento e Controle de Manutenção (ou pela Engenharia de Manutenção), o plano de lubrificação pode ser apontado como o plano de manutenção mais importante dentre os demais. Tendo em vista que qualquer desvio nas atividades de lubrificação reflete imediatamente na disponibilidade e confiabilidade dos ativos.

Poucas empresas conhecem, de fato, a importância do plano de lubrificação e acabam negligenciando as atividades de lubrificação. Não demora muito para que os ativos denunciem tais negligências através da queda dos índices de disponibilidade e confiabilidade. Exemplo disso são os rolamentos: 53% dos rolamentos falham por problemas ligados à lubrificação.

Observando a figura 4 é possível notar que 34% dos rolamentos falham por lubrificação inadequada e 19% falham por problemas ligados à contaminação. Ambas as falhas têm causas oriundas de falhas no processo de lubrificação. Logo, pode-se afirmar que 53% dos rolamentos falham por problemas ligados à lubrificação.



**Figura 4**– Falhas de rolamentos

**Fonte:** Engeteles – Engenharia de manutenção (2017)

Pode-se afirmar também que um plano de lubrificação bem elaborado é capaz de salvar 5 em cada 10 rolamentos que falham. Esse número é bem expressivo e com certeza demonstra a importância do processo de lubrificação.

As principais falhas encontradas nos planos de lubrificação são:

- Lubrificante incorreto para a aplicação;
- Quantidade incorreta de lubrificante (muito lubrificante ou pouco lubrificante);
- Frequência de lubrificação incorreta;
- Definição incorreta (ou incompleta) dos pontos de lubrificação;
- Falta de procedimentos de segurança;
- Falta de procedimentos básicos de lubrificação.

Uma atividade lubrificação só poderá ser considerada correta quando:

“Um ponto de lubrificação recebe o lubrificante correto, no volume adequado e no momento exato.”

O ponto só recebe “lubrificante correto” quando:

- A especificação de origem (fabricante) estiver correta.
- A qualidade do lubrificante for controlada.

- Não houver erros de aplicação.
- O produto em uso for adequado.
- O sistema de manuseio, armazenagem e estocagem estiverem corretos.

O “volume adequado” só será alcançado se:

- O lubrificador estiver habilitado e capacitado.
- Os sistemas centralizados estiverem corretamente projetados, mantidos e regulados.
- Os procedimentos de execução forem elaborados, implantados e obedecidos.
- Houver uma inspeção regular e permanente nos reservatórios.

O “momento exato” será atingido quando:

- Houver um programa para execução dos serviços de lubrificação.
- Os períodos previstos estiverem corretos.
- As recomendações do fabricante estiverem certas.
- Os sistemas centralizados estiverem corretamente regulados

## **2.9. Equipamentos**

### **2.9.1. Motor redutores**

São sistemas formados por um motor elétrico e uma engrenagem de redução. Ambos são integrados, o que facilita a sua montagem e configuração. Eles são feitos em materiais de alumínio ou ferro fundido e constituídos por componentes básicos, como eixos de entrada e saída, eixos-sem-fim, engrenagens e rolamentos.

Além disso, esses equipamentos são utilizados para reduzir a complexidade e o custo de desenvolvimento de ferramentas e máquinas que necessitam de alto torque na velocidade do eixo.

Esses ativos industriais são utilizados com o objetivo de fornecer um movimento de forma rotativa com um torque elevado, reduzindo a velocidade de rotação de um acionador. Ou seja, ele faz a adequação da velocidade para a rotação necessária. Permitem a utilização de motores com pouca força de potência (kW) e que proporcionam uma grande força motriz em baixas velocidades.

Esse tipo de ativo industrial está presente em diferentes segmentos industriais e a sua utilização ocorre em diversos equipamentos, os quais, são:

- Guindastes;
- Fixadores;
- Transportadoras;
- Esteiras rolantes;
- Sistemas aviários;
- Robôs;

O tipo mais comum e visto no mercado, como já vimos, são os de rosca sem-fim ou coroa. O segundo modelo mais comum é composto por sistemas de redução de engrenagens, que podem ser cônicas ou cilíndricas. Já o terceiro modelo que está presente nas indústrias é o epicicloidal, utilizado para redução de altas velocidades.

#### **2.9.1.1 Lubrificação de moto redutores**

Os redutores horizontais são operados normalmente utilizando "lubrificação por salpico". A lubrificação por pressão ou por banho pode ser utilizada opcionalmente. Na utilização da lubrificação por banho, pode ser necessário um tanque de expansão de óleo. Na utilização da lubrificação por pressão, o redutor é lubrificado utilizando uma bomba de eixo integrada ou uma bomba elétrica fixada ao redutor. Para fornecer uma verificação visual sobre o nível de óleo, normalmente é utilizado um visor de nível de óleo. Também pode ser utilizado opcionalmente uma vareta medidora do nível de óleo. Em vez do bujão, pode ser utilizada uma válvula de drenagem de óleo. Esta válvula de esfera permite que uma mangueira de dreno seja facilmente conectada para uma substituição do óleo do redutor. Sob certas condições (por ex. temperaturas de partida extremamente frias), pode ser necessário um aquecedor de óleo. Este aquecedor garantirá que o óleo estará suficientemente fluido ao partir o redutor em ambientes frios.

#### **2.9.2 Rolamentos**

Semelhante a roda, os rolamentos são literalmente componentes que podem rolar, e servem para reduzir o atrito entre a superfície deles e a superfície que está sendo rolada. São compostos, basicamente, por anéis (anel externo com pista interna e anel interno com pista

externa) e elementos rolantes (componentes que preenchem o espaço entre as pistas interna e externa), podendo ter ou não gaiola (usada para fixar a posição dos elementos rolantes).

### **2.9.2.1 Tipos de rolamentos**

Rolamentos de rolos cilíndricos, são constituídos, em sua maioria, de uma carreira de rolos com gaiola. No entanto, podem ser encontrados rolamentos deste tipo de duas carreiras, de várias carreiras, sem gaiola, de uma, duas ou várias carreiras. Podem suportar cargas radiais pesadas, acelerações rápidas e velocidades elevadas

Rolamentos de rolos cônicos, os rolamentos de rolos cônicos têm pistas de anel, interno e externo, cônicas e rolos cônicos. Eles são adequados para suportar cargas cominadas, ou seja, cargas axiais e radiais atuando simultaneamente. As linhas de projeção das pistas convergem em um ponto comum no eixo do rolamento.

Rolamentos auto compensadores, possuem duas carreiras de esferas ou rolos, com uma pista esférica comum no anel externo e duas pistas no anel interno inclinadas em um ângulo em relação ao eixo do rolamento. O ponto central da esfera na pista do anel externo fica no eixo do rolamento

Rolamentos rígidos de esfera, são rolamentos versáteis, de concepção simples, do tipo não separável. São indicados para velocidades elevadas e extremamente elevadas, resistentes em operação e exigem pouca manutenção.

Rolamento de contato angular, este tipo de rolamento possui pistas nos anéis interno e externo que são deslocadas uma em relação à outra na direção do eixo do rolamento.

Rolamento axial, podem ser de vários tipos: axiais de esferas de escora simples, axiais de esferas de escora dupla e rolamentos axiais de agulhas.

### **2.9.2.2 Lubrificação de Rolamentos**

Os rolamentos precisam ser lubrificados adequadamente para operar de maneira confiável. O lubrificante é necessário para reduzir o atrito, impedir o desgaste, proteger as superfícies do rolamento contra corrosão e pode também ser necessário para oferecer resfriamento. A escolha de um lubrificante adequado e do método de lubrificação é importante, assim como a manutenção correta. Uma ampla variedade de graxas, óleos e lubrificantes

alternativos, como os compostos à base de grafite, estão disponíveis para lubrificar os rolamentos de esferas. A escolha de um lubrificante depende principalmente das condições operacionais, como a faixa de temperatura e as velocidades. Porém, outros fatores, como vibração e cargas, também podem influenciar a seleção do lubrificante.

Em geral, as temperaturas operacionais mais favoráveis podem ser obtidas quando for fornecida a quantidade mínima de lubrificante necessária para uma lubrificação confiável do rolamento. No entanto, quando o lubrificante tem funções adicionais, como vedação ou dissipação do calor, podem ser exigidas quantidades adicionais de lubrificante. O lubrificante em um arranjo de rolamentos perde gradualmente suas propriedades de lubrificação como resultado de trabalho mecânico, envelhecimento e acúmulo de contaminação. Portanto, é necessário que a graxa seja recarregada ou renovada e que o óleo seja filtrado e trocado em intervalos regulares. As informações e recomendações desta seção estão relacionadas aos rolamentos, sem placas de proteção ou vedações integradas.

## **2.10 Gestão da Manutenção**

A gestão da manutenção em uma empresa pode ser baseada em 03 fatores fundamentais:

- Fator econômico: menores custos de falhas, na prestação das atividades de manutenção e redução de consumo de energia;
- Fator de trabalho: condições de trabalho, segurança, fatores prejudiciais;
- Fator técnico, disponibilidade e durabilidade das máquinas;

### **2.10.1 PCM – Planejamento e controle de manutenção**

A organização da manutenção em uma empresa deve estar voltada para solução dos problemas na produção de modo que a empresa seja competitiva. Atualmente com o conceito de “fazer menos, com menos”, ou seja, realizar o menor número de manutenções e intervenções nos equipamentos, e que as intervenções necessárias, sejam realizadas com menor custo e recursos. Para que este objetivo seja alcançado e manter o setor competitivo e estratégico, o planejamento e controle da manutenção é peça fundamental, pois é através dele que o setor de manutenção será capaz de traçar estratégias para garantir a confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Desta forma, atualmente a gestão é realizada através de *softwares* que criam bancos de

dados identificando as demandas solicitadas pelas áreas e atividades programadas, facilitando o planejamento das intervenções de forma estratégica.

Através dos dados gerados, podemos identificar a “saúde” do setor através dos indicadores de manutenção, conforme abaixo:

### **2.10.2 Indicador - MTBF – Mean Time Between Failures**

O *mean time between failures*, ou tempo médio entre falhas, é o indicador que mostra como a manutenção está sendo administrada.

**Equação 1** - Indicador MTBF

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total da máquina funcionando}}{\text{Número de falhas ocorridas}}$$

### **2.10.3 Indicador - MTTR – Mean Time To Repair**

O *mean time to repair* ou tempo médio de reparo, é o indicador que mostra o tempo que a equipe leva para realizar os reparos.

**Equação 2** - Indicador MTTR

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempos de reparo}}{\text{Número de reparos realizados}}$$

### **2.10.4 Indicador- backlog de manutenção**

O *backlog* é um indicador que mostra o acúmulo de atividades pendentes de finalização, auxiliando na gestão visando analisar o volume de atividades de manutenção. Para este indicador é necessário que haja um sistema de manutenção onde são solicitadas as atividades pelas áreas clientes e inseridas atividades de preventiva pelo programador de manutenção (PCM), logo é realizada a gestão sobre o número de solicitações pendentes, planejadas, programadas e executadas.

Mas antes de saber como fazer o cálculo, deve-se entender o que significa a medida "Homem-Hora".

Homem-hora (Hh) é uma métrica que estabelece o nível de produtividade de trabalho de um indivíduo, dentro de um período de uma hora.

O valor de Hh Disponível é o resultado do valor de Homem-Hora Total (HHT) multiplicado pelo percentual de produtividade do colaborador.

$$Hh \text{ Disponível} = \text{Percentual de produtividade} \times HHT \text{ (hora homem total)}$$

Após identificar o HH disponível, realizar o cálculo:

**Equação 3** - Indicador *backlog*

$$Backlog = \frac{\sum HH \text{ OS' planejadas} + \sum HH \text{ OS' spendentes} + \sum HH \text{ OS' sprogramada} + \sum HH \text{ OS' sexecutadas}}{HH \text{ disponivel}}$$

### 2.10.5 Indicador - disponibilidade de ativos

Este indicador identifica a possibilidade de uma máquina estar disponível para uso quando necessário.

**Equação 4** - Indicador disponibilidade

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

### 2.10.6 Indicador - custo de manutenção

Principal indicador para gestão industrial, identifica o custo de manutenção. Devem ser identificados todos os gastos com as atividades de manutenção, como hora homem, materiais e equipamentos. O cálculo é dado pela equação 5:

**Equação 5** - Indicador do custo de manutenção por faturamento

$$CMF = \frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Faturamento bruto}} \times 100$$

Para este indicador a média brasileira é de 3,56%.

## 2.11 TPM

O TPM (*Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total) é um método criado no Japão na década de setenta na NipponDensokk, integrante do Grupo Toyota, com o objetivo de aumentar a confiabilidade e a qualidade da produção, eliminando perdas e custos no processos, através da atuação sobre seis problemas causadores de perdas, que são: perda por parada acidental; perda por parada durante mudança de linha; perda por operação em vazio ou por pequenas paradas; perda por queda de velocidade; perda por defeito no processo; e perda por defeito no início da produção .

Para combater essas falhas foram criados oito pilares visando garantir as condições básicas de operação, estabelecer limites dos equipamentos, recuperar equipamentos antigos para evitar quebras, corrigir pontos falhos de projetos dos equipamentos e treinar e desenvolver as pessoas (operadores).

Os 8 pilares são:

**Manutenção Autônoma:** visa capacitar a operação e dar poderes de intervenção à mesma para execução de pequenas intervenções nos equipamentos, reduzindo o tempo de mobilização e parada de equipamentos.

**Manutenção Planejada:** baseia-se no controle e planejamento de manutenção, exigindo treinamento e *softwares* para programação das atividades.

**Melhorias Específicas:** este pilar visa identificar melhorias no processo e nos equipamentos com objetivo de reduzir perdas do processo, através de implementação de melhorias que aumentem a eficiência dos equipamentos.

**Educação e Treinamento:** atua na melhoria do conhecimento técnico da equipe através de treinamentos gerenciais e comportamental da pessoa, capacitando os colaboradores e tornando-os aptos por completo para execução de suas atividades.

**Manutenção da Qualidade:** estabelece um programa de zero falha através da eliminação de perdas relativas à qualidade do equipamento.

Controle Inicial: visa estabelecer um sistema de gerenciamento desde a fase inicial de novos projetos e equipamentos. Possibilitando assim, identificar falhas durante a implementação dos mesmos.

TPM administrativo: tem o objetivo da criação de programa de TPM para as áreas administrativas, visando aumento de eficiência dos processos administrativos, otimizando a geração de informações.

TPM – Segurança, higiene e meio ambiente: este pilar é de fundamental importância, pois tem o objetivo de “ZERO ACIDENTE” e bom ambiente de trabalho na empresa, através de controles de EPI’s, EPC’s e foco na limpeza.

A implementação é dada, conforme tabela 1.

**Tabela 2** – Etapas de implementação do TPM

<b>Item</b>	<b>Etapa</b>
<b>1</b>	Comprometimento da alta administração
<b>2</b>	Divulgação e treinamento inicial
<b>3</b>	Definição do órgão ou comitê responsável pela implantação
<b>4</b>	Definição da Política e Metas
<b>5</b>	Elaboração do Plano Diretor de implantação
<b>6</b>	Outras atividades relacionadas com a introdução
<b>7</b>	Melhorias em máquinas e equipamentos
<b>8</b>	Estrutura da Manutenção Autônoma
<b>9</b>	Estruturação do Setor de Manutenção e condução da Manutenção Preditiva
<b>10</b>	Desenvolvimento e capacitação pessoal
<b>11</b>	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial
<b>12</b>	Realização da TPM e seu aperfeiçoamento

**Fonte:** Adaptado de Kardec e Nascif, 2009.

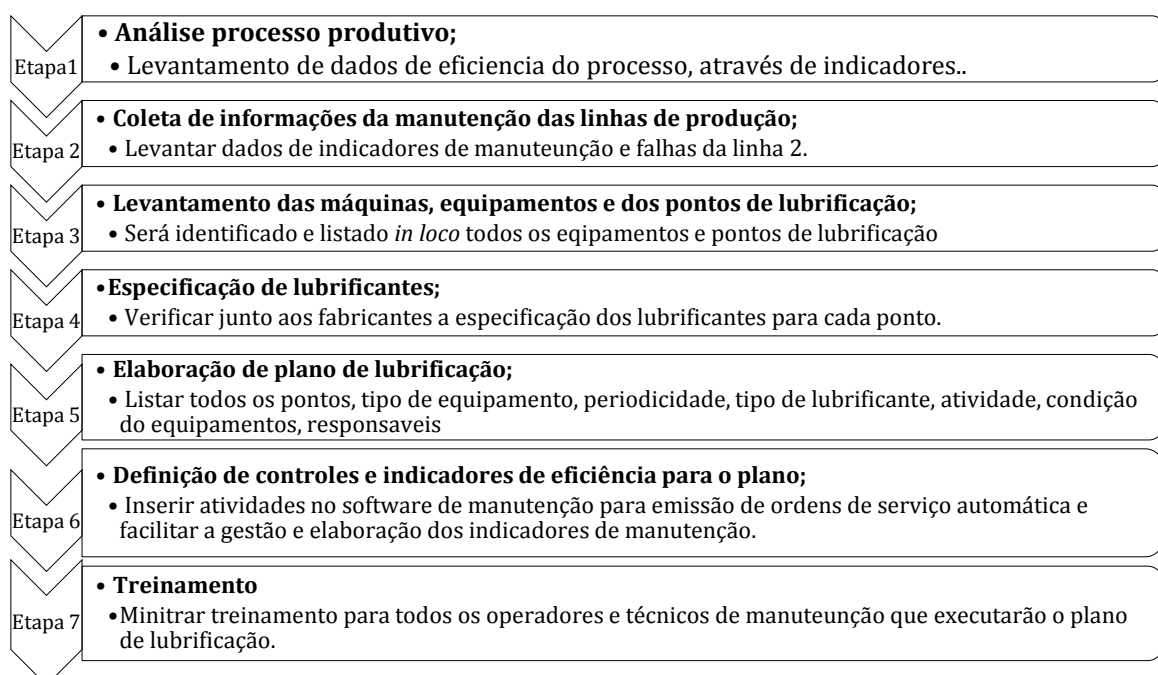
### 3 METOLOGIA

Conforme mencionado no item 1.3, este trabalho, em alinhamento com a gerência da empresa, tem o objetivo de elaborar e implementar um plano de lubrificação para uma das linhas de produção de uma indústria de destilados, com os objetivos de reduzir falhas dos equipamentos, aumentar a vida útil dos elementos rotativos e reduzir os custos de produção e manutenção. Ao todo esta empresa possui 03 linhas de envase de destilados.

Ao apresentar a proposta do trabalho para empresa, foi acordado que o trabalho será realizado em 02 fases, onde no primeiro momento, será desenvolvido e implementado o plano de lubrificação para linha de maior relevância, linha número 02, e após 06 meses de implementação, serão validados os resultados e a lições aprendidas, para então replicar o trabalho para as demais linhas de envase.

Após os estudos para elaboração do projeto, selecionamos como base da metodologia os conceitos dos pilares de manutenção autônoma e manutenção planejada do TPM, tendo em vista, que o conceito de lubrificador mantenedor está ultrapassando, pois simples execução da lubrificação dos equipamentos não condiz com a real necessidade da indústria atual, que é executar lubrificação de forma estratégica através de inspeções preditivas periódicas visando antecipar as falhas.

#### 3.1. Definição das Etapas



## **3.2. Detalhamento das Etapas**

### **3.2.1. Análise do processo produtivo**

Na primeira etapa foi realizado a coleta e análise de dados para identificarmos o cenário atual do processo produtivo quanto à sua eficiência efetiva de produção.

### **3.2.2. Coleta de informações da manutenção das linhas de produção**

Nesta etapa foi levantado o histórico de falhas dos equipamentos no período dos 04 últimos anos para identificar os impactos causados por falhas provenientes da falta de lubrificação nos equipamentos; verificadas a estratégia, gestão e indicadores da manutenção para as linhas de produção, com o objetivo de diagnosticar a real situação da manutenção das linhas.

### **3.2.3. Levantamento de máquinas, equipamentos e pontos de lubrificação.**

Na terceira etapa foi realizado o mapeamento das máquinas, equipamentos e pontos de lubrificação para geração de dados que possibilite a elaboração do plano de lubrificação.

### **3.2.4. Especificação de lubrificantes**

Com os dados levantados na etapa anterior, foi possível mapear a demanda de lubrificação na linha e verificarmos junto aos fabricantes as especificações dos lubrificantes a serem aplicadas nos equipamentos, respeitando as necessidades da empresa quanto à ISO 22.000 de segurança de alimentos.

### **3.2.5. Definição de controles**

Sétima etapa, visa inserir o plano de lubrificação no *software* de manutenção existente na empresa, para emissão de ordens de serviços de acordo com a programação pré-estabelecida pelo plano, desta forma, será possível controlar as execuções das atividades e gerar dados para o gerenciamento.

### **3.2.6. Treinamento**

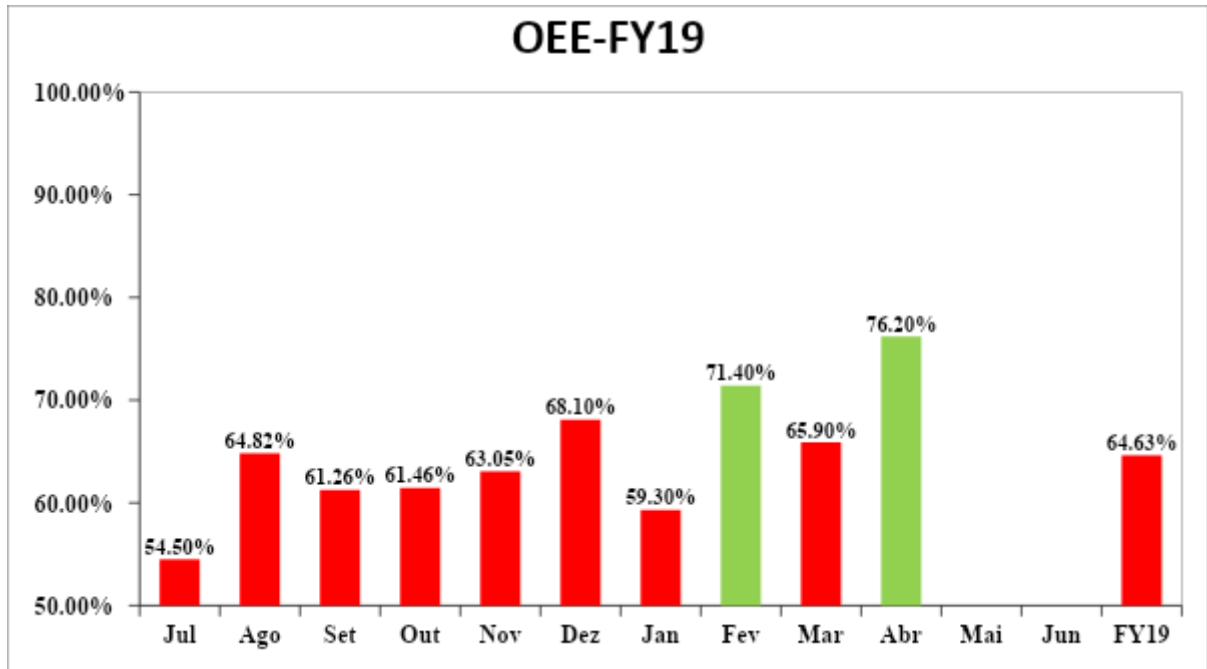
Por último, a etapa de treinamento visa capacitar todos os envolvidos para que a execução do plano de lubrificação seja feita de forma padronizada, eficiente e segura do plano.

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1. Análise do Processo Produtivo

O processo produtivo da linha de envase de destilados estudada é composta por 07 máquinas, iniciando o processo na despaletizadora, com a função despaletizar os paletes de garrafas vazias e fornecê-las à linha de produção, seguindo para o *rinser*, onde é realizada a limpeza interna das garrafas utilizando água desmineralizada; após a limpeza é direcionada para a enchedora, onde feito o enchimento das garrafas com o produto previamente analisado pela qualidade e liberado para produção, em seguida, a garrafa passa pela recravadora, onde é colocada a tampa e o conta gotas, então a garrafa é enviada para a rotuladora, onde são colocados os rótulos e contra rótulo do produto na garrafa; o produto nesta fase, já acabado, com as garrafas prontas para a venda, é enviado para a encaixotadora onde as garrafas são inseridas em caixas com 12 unidades cada, esta caixa é enviada para paletizadora para formação de paletes do produto para distribuição e venda. As máquinas são interligadas por esteiras transportadoras para o envio das garrafas de uma máquina para outra. Todo o processo é automatizado, e cada máquina possui um operador responsável, com a função de verificar a qualidade da produção da máquina, garantir os parâmetros do produto envasado e alimentar os equipamentos com os insumos durante o processo de produção.

Conforme figura 5, podemos observar através do indicador de produção OEE, o qual representa a eficiência dos equipamentos, que por vários meses as linhas de produção em análise não alcançaram a meta de eficiência pré-determinada no início do ano fiscal da empresa, que foi de 72%, com acumulado do ano em 64,63%, reforçando a necessidade de explorar o assunto de falhas e melhorias de manutenção na linha de produção.



**Figura 5**– Indicador OEE

Fonte: Empresa

#### 4.1.1. Coleta de informações da manutenção das linhas de produção

A empresa forneceu o histórico de 04 anos do monitoramento de falhas da linha de produção em estudo, conforme tabela 3.

**Tabela 3** – Falhas por equipamentos – Linha 2

<b>Máquina</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>Total Geral</b>
Despaletizadora	57	52	95	3	207
Rinser	4	19	80	4	107
Enchedora	24	61	254	55	394
Recravadora	12	8	7	1	28
Rotuladora	30	100	53	20	203
Encaixotadora	213	79	72	8	372
Paletizadora	59	116	47	26	248
<b>Total Geral</b>	<b>399</b>	<b>435</b>	<b>608</b>	<b>117</b>	<b>1559</b>

Fonte: Empresa estudada

Numa análise da tabela 3, é possível identificar que há um amplo campo de oportunidades de melhoria quanto a manutenção dos equipamentos, todos os equipamentos

apresentam uma quantidade relevante de falhas, apesar de uma notável melhoria no último ano com queda significativa no total geral de falhas. Com os dados fornecidos foram identificados os números e tempos de paradas por falhas referentes à falta de lubrificação adequada, conforme tabelas 4 e 5.

**Tabela 4** – Quantidade de falhas devida à falta de lubrificação – Linha 2

<b>Máquina</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>Total Geral</b>
Despaletizadora	0	3	1	0	4
Rinser	0	1	0	2	3
Enchedora	1	0	1	0	2
Recravadora	0	0	2	0	2
Rotuladora	0	2	0	3	5
Encaixotadora	1	1	1	0	3
Paletizadora	0	2	1	1	4
<b>Total Geral</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>23</b>

**Fonte:** Empresa estudada

**Tabela 5** – Quantidade de tempo (minutos) de parada de máquina devido à falta de lubrificação – Linha 2

<b>Maquina</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>Total Geral</b>
Despaletizadora	0	213	45	0	28
Rinser	0	32	0	845	877
Enchedora	46	0	154	0	200
Recravadora	0	0	121	0	121
Rotuladora	0	183	0	194	282
Encaixotadora	26	75	52	0	131
Paletizadora	0	38	235	23	260
<b>Total Geral</b>	<b>72</b>	<b>541</b>	<b>608</b>	<b>1087</b>	<b>2308</b>

**Fonte:** Empresa estudada

Os números apresentados nas tabelas 4 e 5 mostram que há uma quantidade significativa de falhas e altos tempos de parada de máquinas por falta de lubrificação adequada, embasando ainda mais a necessidade da implementação de um plano de lubrificação robusto para melhoria da disponibilidade das máquinas.

#### **4.1.1.1. Cenário atual da manutenção preventiva da linha**

Verificamos junto à área de manutenção o cenário atual da manutenção preventiva da linha em análise e identificamos que a manutenção preventiva é executada 1 vez por ano, quando é realizada a substituição dos rolamentos das máquinas, óleo e graxas, ou seja,

insuficiente para o aproveitamento máximo da vida útil dos equipamentos, baseando-se nas informações apresentadas na revisão bibliográfica e orientações dos fabricantes.

#### 4.1.2. Levantamento de máquinas, equipamentos e pontos de lubrificação

Nesta etapa foi realizado o levantamento das marcas e *tag*'s das máquinas e a quantidade de pontos de lubrificação de cada, conforme tabela 6.

**Tabela 6** – Descrição de equipamentos e pontos de lubrificação– Linha 2

Equipamento	Marca	TAG	Quantidade de Pontos de lubrificação
Despaletizadora	See Sistemas	DES-42001	39
Rinser	KHS	RIN-42002	5
Enchedora	KHS	ENC-42003	90
Recravadora	Arol	REC-42004	14
Rotuladora	Pe Latina	ROT-42005	13
Encaixotadora	Cermex	ENX-42006	71
Paletizadora	See Sistemas	DES-42007	22
<b>Total</b>			<b>254</b>

**Fonte:** Empresa

O *tag* é o código de identificação da área, equipamento e processo, composto de 03 letras e 05 números e são descritos conforme a tabela 7.

**Tabela 7** –Descrição de TAG

XXX	-	0	0	000
Abreviação do tipo de máquina		Área	Identificação da linha	Identificação do equipamento

**Fonte:** Empresa

#### 4.1.3. Especificação de lubrificantes

Entendemos que como principal premissa para especificação dos lubrificantes foi a necessidade de que todos os lubrificantes utilizados na linha de produção, sejam de grau alimentício, pois conforme mencionando na seção 3.2.4, a empresa é certificada pela ISO 22.000, norma internacional referente a segurança de alimentos, que define parâmetros de

gestão da produção e exigências específicas que visam mitigar os riscos de contaminação dos produtos e gerar problemas a saúde dos consumidores finais. Além desta, outra importante premissa é a necessidade que os lubrificantes sejam resistentes a umidade devido ao alto número de limpezas realizadas na área para atendimento também, à ISO 22.000.

Visando maior facilidade para controle de estoque e execução do plano de lubrificação, identificamos que todos os redutores e motores são do mesmo fabricante e com as mesmas especificações de lubrificação para óleo (ISO-VG 220 – Certificado NSF H1, lubrificantes alimentícios) e para graxa (NLGI 2, 265-295ASTM D4950 e ISO 6743-9), além de visto pela empresa como boa prática, foi empregado a padronização dos lubrificantes, conforme tabela 8.

**Tabela 8** – Especificação de lubrificantes

<b>Tipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aplicação</b>
Graxa	Interlub	Integra GreaseAliplex - Graxa lubrificante para aplicações gerais na indústria alimentícia, bebidas, farmacêutica e cosmética, resistente a condições de umidade, vapores e produtos desinfetantes usualmente empregados nessas indústrias.	Rolamentos, mancais, engrenagens e pistões
Óleo	Interlub	InteroilHidrosynt FGL – Óleo lubrificante fabricado com hidrocarbonetos sintéticos de excelente qualidade e um moderno pacote de aditivos, que lhe permitem trabalhar sob condições das mais severas de operação, em aplicações onde o risco de contato entre o lubrificante e o produto alimentício ou farmacêutico, em processo, é tecnicamente inevitável.	Sistemas pneumáticos e hidráulicos
Óleo	Interlub	InteroilCadFood -Óleo lubrificante sintético, de grau alimentício e biodegradável.	Motores
Desengripante	Interlub	InteroilHidrosynt FGL Spray - Desengripante fabricado com hidrocarbonetos sintéticos de excelente qualidade e um moderno pacote de aditivos, que lhe permitem trabalhar sob condições das mais severas de operação, em aplicações onde o risco de contato entre o lubrificante e o produto alimentício ou farmacêutico, em processo, é tecnicamente inevitável.	Correntes

**Fonte:** Empresa

#### **4.1.4. Elaboração de plano de lubrificação**

O plano de lubrificação foi elaborado através das informações adquiridas nas etapas anteriores de forma que seja didático e orientativo, de fácil interpretação para os executores. Nesta etapa identificamos também a responsabilidade pela lubrificação de cada ponto, inserindo o conceito de manutenção autônoma do TPM, que define que os operadores das máquinas executem atividade de manutenção de baixa complexidade e a periodicidade das atividades em atendimento com a orientação dos fabricantes de lubrificantes.

Conforme figuras 6 e 7, o plano de lubrificação é composto pelas informações: numeração do ponto correspondente a orientação nas fotos; quantidade de pontos a serem lubrificados; descrição do ponto informando qual equipamento deve ser lubrificado como rolamento, redutor e motor; periodicidade que deve ser realizada a lubrificação, esta informação foi obtida através da orientação do fornecedor de lubrificantes; tipo de atividade, informado como deve ser feita a lubrificação do equipamento e qual ferramenta deve ser utilizada; quantidade de lubrificante, informação está obtida de acordo com a orientação dos fabricantes dos equipamentos através de manuais de manutenção e placas de instrução dos mesmos; tipo de lubrificante, especificado no item 4.13 deste trabalho, com o auxílio do fabricante de lubrificante; descrição do lubrificante, de acordo com a especificação de lubrificantes no item 4.1.3; condição necessária que o equipamento esteja para execução, seja parado ou em funcionamento; e responsabilidade, manutenção ou operação, especificado de acordo com os riscos de segurança e criticidade do equipamento.

Além do plano de execução da lubrificação, orientamos a empresa quanto ao desenvolvimento de planos de manutenção preditiva, que gerarão informações e históricos de grande importância para que a manutenção da linha seja mais estratégica, que deverão ser inseridos no sistema, assim como o plano de lubrificação, para geração de ordens de serviços, tendo o controle das execuções. O plano de manutenção preditiva orientado:

**Termografia:** Elaborar plano de inspeção termográfica dos equipamentos, para verificar e monitorar de forma periódica a temperatura dos redutores e motores com o objetivo de identificar anomalias que possam gerar falhas futuras e atuar antes da quebra dos equipamentos. Esta termografia deve ser feita através de câmera termográfica, e verificação com os parâmetros normais de trabalho. Ao identificar variação de temperatura fora dos parâmetros

estipulados deve ser realizado uma manutenção corretiva programada, antes que acontecer a quebra do equipamento e parada da linha de produção.

**Análise de vibração:** Elaborar plano de inspeção de vibração dos rolamentos, principalmente os rolamentos que sofrem impactos com maior constância, para identificar vibrações anormais no sistema que ao decorrer do uso do equipamento gerará a quebra do rolamento. Esta inspeção deve ser feita forma periódica.

**Análise de óleo:** Elaborar plano de inspeção e análise de óleo dos motores elétricos, principalmente os motores dos transportes. Através da análise do óleo poderemos identificar a contaminação prematura do mesmo, que interfere diretamente na lubrificação dos elementos rotativos dos equipamentos. Devido ao alto quantidade de limpeza realizada nas linhas produtivas e possível quebra de garrafas durante o processo de envase, o risco de contaminação de óleo é grande e deve ser monitorado para evitar quebras e falhas indesejadas.

Especificação de equipamentos:

Termografia: Câmera termográfica - FLUKE-VT04A

Análise de vibração: HMKR-199 - Medidor de vibração portátil

Análise de óleo: Verificador de óleo TMEH 1 da SKF



**Figura 6**– Câmera termográfica IR Visual - FLUKE-VT04A

As **câmeras de infravermelho**, conhecidas também como **câmeras térmicas**, são dispositivos optoeletrônicos estipulados a captar imagens na faixa de radiações infravermelhas do espectro eletromagnético e transformar de forma ordenada à faixa visível do espectro, tornando assim visivelmente as imagens térmicas produzidas pelos corpos em temperaturas próximas à do ambiente.



**Figura 7**– Medidor de vibração portátil - HMKR-199

Medidor de vibração e possui um transdutor piezoelétrico cerâmico (acelerômetro) responsável por captar vibrações mecânicas com elevado grau de sensibilidade. E determinado para analisar todos tipos de vibração mecânica, tornando uma ferramenta eficiente para medir vibração em máquinas rotativas (motores, compressores, bombas, ventiladores), os elevados níveis de vibração podem sinalizar alguns defeitos tais como desalinhamento ou

desbalanceamento na máquina, fazendo-se necessário realizar manutenção na mesma. O medidor de vibração HMKR199 é dotado de um transdutor piezoelétrico cerâmico (acelerômetro) capaz de captar vibrações mecânicas com alto grau de sensibilidade. É apropriado para o monitoramento de todos os tipos de vibração mecânica, o que o torna uma ferramenta muito útil para medir vibração em máquinas rotativas (motores, compressores, bombas, ventiladores), pois níveis de vibração elevados podem sinalizar algum tipo de desalinhamento ou desbalanceamento na máquina, fazendo com que seja necessário efetuar uma manutenção na mesma. O medidor de vibração HMKR199 é dotado de um transdutor piezoelétrico cerâmico (acelerômetro) capaz de captar vibrações mecânicas com alto grau de sensibilidade. É apropriado para o monitoramento de todos os tipos de vibração mecânica, o que o torna uma ferramenta muito útil para medir vibração em máquinas rotativas (motores, compressores, bombas, ventiladores), pois níveis de vibração elevados podem sinalizar algum tipo de desalinhamento ou desbalanceamento na máquina, fazendo com que seja necessário efetuar uma manutenção na mesma. O medidor de vibração HMKR199 é dotado de um transdutor piezoelétrico cerâmico (acelerômetro) capaz de captar vibrações mecânicas com alto grau de sensibilidade. É apropriado para o monitoramento de todos os tipos de vibração mecânica, o que o torna uma ferramenta muito útil para medir vibração em máquinas rotativas (motores, compressores, bombas, ventiladores), pois níveis de vibração elevados podem sinalizar algum tipo de desalinhamento ou desbalanceamento na máquina, fazendo com que seja necessário efetuar uma manutenção na mesma.



**Figura 8**– Verificador de óleo TMEH 1 da SKF

O verificador de óleo é um instrumento portátil que relata informações instantâneas sobre a condição do óleo, o que, torna desnecessária uma investigação laboratorial longa na maioria dos casos. O aparelho mede as alterações na constante dielétrica do óleo. Confrontando com as medições realizadas em óleos da mesma marca e tipo, novos ou usados, o monitor de verificação de óleo obtém o grau de modificação nas condições do óleo.

LOGO DA EMPRESA

## Plano de Lubrificação Linha 2 - Despaletizadora

Pontos de Lubrificação	Pontos Lubrificadas	O quê?	Periodicidade	Atividade	Quantidade	Tipo	Lubrificante	Condição do equipamento	Responsabilidade
1, 3, 5, 7, 9	5	Moto Redutora do transporte	Semestral	Troca de Óleo	1 Litro	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Manutenção
1, 3, 5, 7, 10	6	Moto Redutora do transporte	Semestral	Verificar / Completar óleo	Nível pedido	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Operação
2, 4, 6, 8, 20	5	Rolamento do transporte	Mensal	Bombar Graxa	<b>Troca total</b>	<b>Graxa</b>	Integra Grease Aliplex	Parado	Operação
10, 11, 13, 14	4	Corrente de arraste de pallet	Quinzenal	Desengripante	Spray em toda área	Desengripante	Interoil Hidrosynt FGL	Parado	Operação
12	1	Moto Redutora de arraste de pallet	Semestral	Troca de Óleo	1 Litro	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Manutenção
15	1	Rolamento de arraste de pallet	Trimestral	Bombar Graxa	<b>Troca total</b>	<b>Graxa</b>	Integra Grease Aliplex	Parado	Operação
16, 17, 18, 19	4	Corrente de arraste de pallet com garrafas	Quinzenal	Desengripante	Spray em toda área	Desengripante	Interoil Hidrosynt FGL	Parado	Operação
21,23	1	Rolamento de arraste de garrafas	Mensal	Bombar Graxa	<b>Troca total</b>	<b>Graxa</b>	Integra Grease Aliplex	Parado	Operação
22	1	Moto Redutora de arraste de garrafas	Semestral	Troca de Óleo	1 Litro	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Manutenção
24, 25	2	Corrente elevador	Quinzenal	Desengripante	Spray em toda área	Desengripante	Interoil Hidrosynt FGL	Parado	Operação
26	1	Moto Redutora do elevador	Semestral	Troca de Óleo	1 Litro	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Manutenção
27	1	Rolamento de arraste do elevador	Trimestral	Bombar Graxa	<b>Troca total</b>	<b>Graxa</b>	Integra Grease Aliplex	Parado	Operação
28	1	Moto Redutora de arraste do elevador	Semestral	Troca de Óleo	1 Litro	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Manutenção
29	1	Verificar nível de óleo do sistema pneumático	Semanal	Troca de Óleo	Nível pedido	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Operação
30, 34	2 lados	Corrente de arraste de garrafas do elevador	Quinzenal	Desengripante	Spray em toda área	Desengripante	Interoil Hidrosynt FGL	Parado	Operação
31	1	Moto Redutora de arraste	Semestral	Troca de Óleo	1 Litro	Óleo	Interoil Cad Food	Parado	Manutenção
32	1	Rolamento de arraste	Mensal	Bombar Graxa	<b>Troca total</b>	<b>Graxa</b>	Integra Grease Aliplex	Parado	Operação
33	1	Rolamento do elevador	Mensal	Bombar Graxa	<b>Troca total</b>	<b>Graxa</b>	Integra Grease Aliplex	Parado	Operação
35	1	Verificar nível de óleo do sistema pneumático	Semanal	Troca de Óleo	indicado no equipam	Óleo	<b>Interoil Hidrosynt FGL</b>	Parado	Manutenção

Óleo  
Graxa  
Desengripante

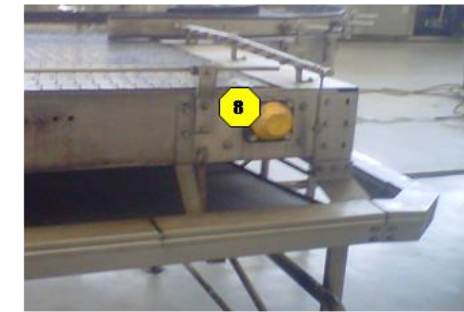
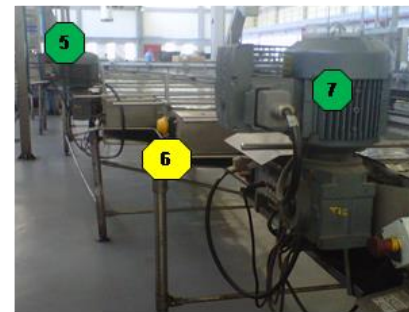
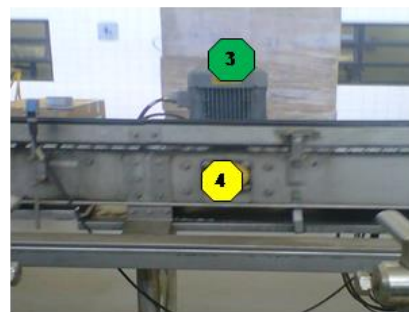
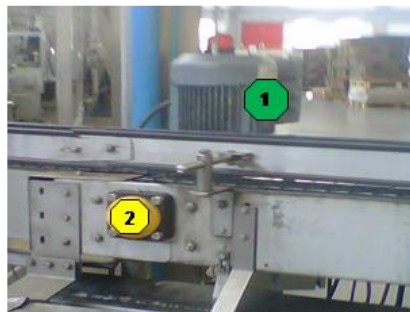


Figura 9 – Plano de Lubrificação

Fonte: [Autores]

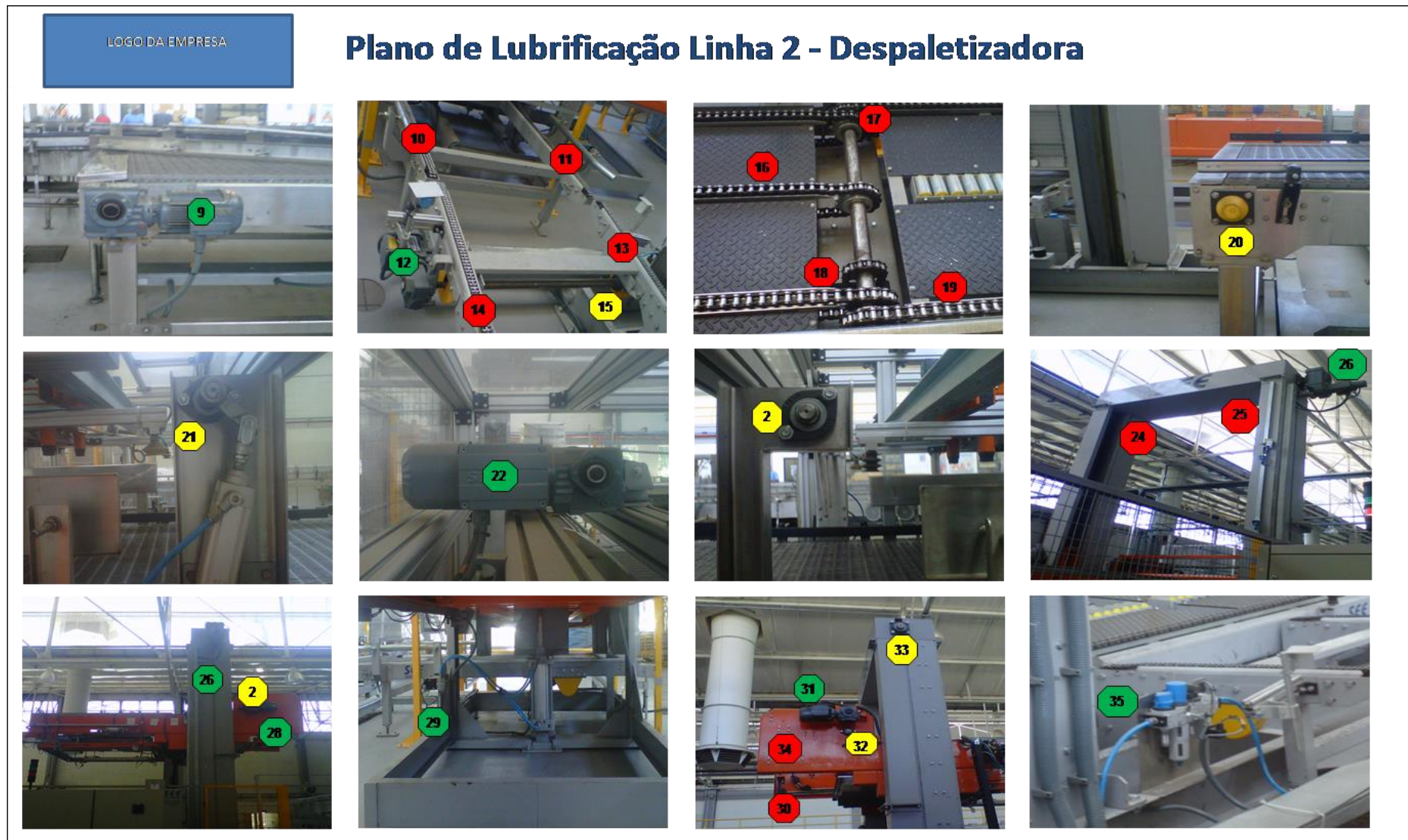


Figura 10 – Plano de Lubrificação

Fonte: [Autores]

#### **4.1.5. Definição de controles e indicadores de eficiência para o plano**

Para que os gestores da área de envase e manutenção tenham controles e indicadores confiáveis quanto a execução e efetividade do plano, realizamos a implementação do plano de lubrificação no sistema de manutenção existente, desta forma, ordens de serviço de lubrificação serão geradas automaticamente na periodicidade especificada pelo plano; ao ser gerada pelo sistema, esta ordem é direcionada automaticamente para o operador ou técnico mecânico com prazo de 5 dias para execução e realização da baixa da ordem de serviço no sistema. Garantindo desta forma, números informatizados e de fácil entendimento para que a gestão verifique os indicadores.

Os indicadores selecionados para verificação e gestão do plano, são os indicadores já mencionados na revisão bibliográfica, que são: tempo médio entre falhas (MTBF); tempo médio de reparo (MTTR); *backlog*; disponibilidade da linha de produção e custo de manutenção.

#### **4.1.6. Treinamento**

Antes iniciar as atividades, fizemos contato com o fornecedor de lubrificantes da empresa que disponibilizou gratuitamente um treinamento sobre os lubrificantes e forma correta de execução do plano, conforme plano de treinamento abaixo.

- Usar os equipamentos de lubrificação adequadamente;
- Usar o lubrificante recomendado pelo plano de lubrificação;
- Usar a quantidade certa de lubrificante;
- Limpar as áreas a serem lubrificadas;
- Localizar todos os pontos de aplicação antes de iniciar o serviço;
- Parar o equipamento antes de iniciar a lubrificação;
- Drenar totalmente os reservatórios nas ocasiões de troca;
- Utilizar panos para a limpeza (utilizar estopas limpas);
- Não misturar lubrificantes de marcas e tipos diferentes;
- Não usar recipientes com resíduos de lubrificantes velhos;
- Não deixar de efetuar o serviço programado sem informar o acontecido;
- Não deixar aberto os recipientes de óleos ou graxas no almoxarifado de Lubrificantes;

- Não armazenar lubrificantes junto a outros produtos, principalmente químicos, usados pela empresa.
- Tomar cuidados durante a execução para não derramar lubrificantes em partes de seu corpo ou inalar, caso ocorra ir rapidamente ao ambulatório da empresa.
- Mesmo lubrificantes alimentícios não são adequados para ingestão, pode haver irritabilidade conforme organismo.
- Cuidados com a contaminação alimentar, sempre após execução trocar de roupa e deixar a suja para lavagem no vestiário da empresa e lavar bem mãos e braços com água e sabões, evitando contaminação do alimento durante o resto da sua jornada de trabalho.

O treinamento foi realizado no dia 14 de maio de 2019 na área de treinamentos da empresa e teve a participação de todos os operadores envolvidos, técnicos de manutenção mecânica e gestores da empresa. Conforme imagem...

## 5. CONCLUSÕES

Conforme mencionado na seção 4.1.1, a eficiência da área de envase encontra-se em um cenário ruim, sem bater as metas estipuladas por diversos meses, o que incentivou a empresa a procurar meios de otimizar o processo e melhorar a eficiência do processo. Com a implementação do plano de lubrificação estima-se ganhos significativos de produtividade, tendo em vista que pelo levantamento realizado, verificamos que existe uma quantidade significativa de paradas de manutenção por falhas devido à falta de lubrificação adequada, infelizmente a empresa não nos forneceu os dados de valores financeiros da operação para que pudéssemos calcular os ganhos financeiros, que com a execução correta do plano, não ocorram mais falhas devido à falta de lubrificação ou lubrificação ineficiente.

Para implementação do plano de manutenção preditiva indicado, a empresa necessitará de adquirir os equipamentos listados conforme tabela 9. Segundo a empresa a expectativa de aquisição é para o início do próximo ano fiscal da empresa, a partir de julho, o que gerará ainda mais dados e melhorará a estratégia de manutenção, podendo antecipar problemas que possam acarretar em paradas indesejadas.

**Tabela 9-** Investimento inicial em equipamentos para análises preditivas

INSTRUMENTO	TIPO DE ANÁLISE	VALOR
Câmera termográfica	Análise Termográfica	R\$ 1.899,00
Medidor de vibração portátil	Análise de vibração	R\$ 1.115,00
Verificador de óleo	Análise de óleo	R\$ 4.532,00
CUSTO TOTAL		R\$ 7.546,00

**Fonte:** [Autores]

Conclui-se que atividades simples como a substituição de óleo e graxa, como mostra o estudo, podem extinguir uma quantidade relevante de paradas indesejadas em uma linha de produção. Sendo uma atividade simples, muitas das vezes as empresas subestimam a capacidade de preservação da vida útil dos equipamentos e realizam de forma irregular ou não realizam, baseando-se em atividades de manutenção corretiva. Com o embasamento técnico apresentado e os estudos a partir de dados fornecidos pela empresa, foi possível mensurar e apresentar os ganhos e as vantagens de um plano de lubrificação bem definido e executável, sem dificuldade, o plano ficou didático e de fácil interpretação pelo executor, além de ter sido reforçado pelo treinamento da empresa de lubrificantes que é fornecedora da empresa em análise, então foi possível constatar um aumento motivacional após o treinamento, o que foi muito satisfatório para nós e para os gestores da empresa também.

Desta forma, foram deixados alguns deveres de casa para empresa, quanto a execução do plano de manutenção preditiva a partir da compra de alguns equipamentos de simples manuseio e que gerarão previsibilidade de falhas e excelente retorno para área de manutenção, com informações valiosas para gestão, sempre com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN. Página eletrônica: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em 20 de mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil. Salvador, 2013.

BELMIRO, P.N.; CARRETEIRO, R. Lubrificantes e Lubrificação Industrial. 1ª edição, Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

ENGETELES. Página eletrônica: <<http://www.engeteles.com.br/>>. Acesso em 12 de mai. 2018.

FILHO, Gil Branco. Planejamento e controle de manutenção: Curso de Planejamento e Controle de Manutenção. 2005, ABRAMAN.

INTERLUB. Página eletrônica: <<http://www.interlub.com.br/>>. Acesso em 05 de mai. 2018.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

MONCHY, François. A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.

SEW. Página eletrônica: <<http://www.sew-eurodrive.com.br/>>. Acesso em 05 de mai. 2018.

SKF. Página eletrônica: <<http://www.skf.com.br/>>. Acesso em 05 de mai. 2018.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. Planejamento e Controle da Manutenção. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. 167 p.

WEG. Página eletrônica: <<http://www.web.com.br/>>. Acesso em 05 de mai. 2018.