

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS GERAIS**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**FABIO BILLY DE MELO**

**LUBRIFICAÇÃO**

**Sistema de planejamento**

**Varginha**

**2011**

**Grupo Educacional UNIS**

**FEPESMIG**

**FABIO BILLY DE MELO**

**LUBRIFICAÇÃO**

**Sistema de planejamento**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de engenharia mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de engenheiro mecânico, sob orientação do Msc Luiz Carlos Vieira Guedes.

**Varginha**

**2011**

**FABIO BILLY DE MELO**

**LUBRIFICAÇÃO**

**Sistema de Planejamento**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel em engenharia mecânica pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovador por:



---

Prof. Msc. Luiz Carlos Vieira Guedes



---

Prof. Msc. Alexandre de Oliveira Lopes

OBS.:

Varginha, Novembro de 2011.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter iluminado o meu caminho e me guiado em busca da realização deste sonho.

Ao meu orientador Luiz Carlos Vieira Guedes, pela atenção dispensada ao longo do trabalho, pois cada orientação foi um aprendizado.

Aos meus professores e colegas que junto comigo viveram essa experiência ao longo desses anos.

Dedico, de todo coração, esta conquista a minha esposa e minha filha, Elaine e Giovanna, por todo amor e carinho a mim demonstrado, pois nunca cansou de incentivar.

Aos meus pais, Arnaldo e Acacia, e meus familiares, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram incondicionalmente.

## RESUMO

O intuito deste trabalho será demonstrar a necessidade da lubrificação planejada, preparando as empresas sobre a importância de se trabalhar com planos de lubrificação, identificando principalmente as vantagens e desvantagens deste método. Onde a garantia da vida útil do equipamento esta diretamente relacionada aos cuidados com manutenção preventiva, e principalmente prazo de validade dos lubrificantes. Com a competitividade acirrada entre as empresas, não se pode perder produtividade por descuido com os equipamentos envolvidos no processo produtivo, assim se torna de vital importância, para manter a qualidade e competitividade das empresas, que o setor de manutenção tenha seu planejamento adequado, oferecendo garantias ao setor de produção, evitando desgaste excessivo, evitando aquecimento, ruídos e vibrações. Portanto, a lubrificação se torna uma das principais atividades do setor de manutenção, com base nos cronogramas de lubrificação e treinamento freqüente das pessoas envolvidas com a atividade, garantem a empresa uma gestão organizada de seus recursos e materiais. Neste trabalho será demonstrado como criar planos de lubrificação, reduzindo custos e aumentando a vida útil dos equipamentos que garantem a competitividade em um processo produtivo.

**Palavras-chave:** Planos de lubrificação. Redução de Custos. Competitividade.

## **ABSTRACT**

*The purpose of this paper is to show the need for lubrication designed to prepare businesses about the importance of working with plans lubrication especially identifying the advantages and disadvantages of this method. Where the guarantee of life of the equipment is directly related to the care of preventive maintenance, and especially validity of lubricants with the fierce competition between companies, you can not productivity through carelessness with equipment involved in the production process, becomes vitally important to maintain the quality and competitiveness of enterprises, the maintenance sector has its proper planning, providing guarantees the production sector, preventing excessive wear, avoiding heat noise and vibration. Therefore, lubrication becomes of the man activities of the maintenance sector, based on training schedules and frequent lubrication of the people involved with the activity, ensure a company organized management of their resources and materials. This news paper will demonstrate how to create plans lubrication , reducing costs and increasing the useful life of the equipment ensure competitiveness in a production process.*

*Keywords : Plans lubrication, cost reduction, competitiveness*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>09</b>
1.1 MANUTENÇÃO .....	09
1.1.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	09
<b>1.2 O ATRITO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 HISTÓRICO DE LUBRIFICAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.3.1 A lubrificação .....	14
1.3.2 Tipos de lubrificantes .....	16
1.3.2.1 Óleos .....	17
1.3.2.2 Graxas .....	21
1.3.3 Aditivos .....	24
<b>1.4 LUBRIFICANTES DE GRAU ALIMENTICIO .....</b>	<b>25</b>
<b>1.5 ANALISES DE LUBRIFICANTES .....</b>	<b>27</b>
<b>1.6 PLANEJAMENTO DA LUBRIFICAÇÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>2 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>31</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	32
2.2 ANALISE DOS DADOS .....	33
2.2.1 Sistema de Lubrificação Usado Atualmente .....	33
2.2.2 Desenvolvimento do Plano de Lubrificação .....	34
2.2.3 Mudanças no setor Lubrificação .....	38
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSAO .....</b>	<b>40</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>42</b>

## INTRODUÇÃO

A manutenção pode ser considerada como uma atividade estratégica do processo produtivo, pois ela deve garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados. Contudo entender a importância da lubrificação, e os métodos de controle são de vital importância para aumentar a vida útil dos equipamentos e diminuir os custos de manutenção da empresa.

Com a necessidade cada vez maior das empresas em otimizar os seus equipamentos, reduzindo o número de paradas do processo produtivo, um plano de lubrificação adequado visa otimizar o tempo em manutenção, aumentar a vida útil dos equipamentos, reduzir o custo final em manutenção, se tornando de vital importância a escolha correta do lubrificante para cada tipo de equipamento e ambiente no qual estão inserido.

Para garantir a confiabilidade dos equipamentos com altos níveis de automação, principalmente na indústria alimentícia, onde se defrontam com condições operacionais diversificadas quanto ao processamento de alimentos, que precisa lidar com ambientes severos, temperaturas extremas, uma atmosfera úmida e lavagens regulares, seguidos constantemente de requisitos rígidos de segurança alimentar que são exigidos para garantir a qualidade dos alimentos.

Para acompanhar a manutenção preventiva se torna necessário planejar e programar os intervalos de troca dos lubrificantes nos equipamentos, este artigo demonstrará a importância do planejamento e controle da lubrificação, demonstrando sua aplicação e real redução dos custos de manutenção com a implementação dos planos de lubrificação.



## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 MANUTENÇÃO

Atualmente o setor de manutenção se transformou em um setor estratégico dentro das organizações, diminuindo o número de horas de máquinas paradas, oferecendo ao setor produtivo, condições, confiabilidade e aumento da vida útil dos equipamentos envolvidos no processo produtivo.

A manutenção, palavra derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, está presente na história humana há eras, desde o momento em que se começou a manusear instrumentos de produção. Com o advento da revolução industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a se agitar, no tocante da sua capacidade de produzir bens de consumo. No século XX as revoluções foram várias, sendo importantes e intensas as ocorridas no campo da tecnologia, cada vez mais rápidas e impactantes no *modus vivendi* do homem (VIANA, 2002).

Formalmente, a manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou a recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462, 1994).

De acordo com Xenos (1998), o objetivo da manutenção não é apenas o de manter ou restaurar as condições físicas das máquinas e equipamentos, mas de também manter as suas capacidades funcionais. Ou seja, além de manter a condição física do equipamento, também é necessário manter a sua capacidade funcional. Na verdade, a manutenção da condição física do equipamento tem como objetivo final a manutenção da capacidade funcional, além da qualidade do produto, da segurança e integridade do meio ambiente.

### 1.2 Tipos de Manutenção

As diferentes formas pelas quais são feitas as intervenções nos equipamentos caracterizam os vários tipos de manutenções existentes.

Viana (2002) classifica os tipos em manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção autônoma.

Para Xenos (1998), além destes tipos, ainda se incluem a manutenção de melhoria e a prevenção da manutenção, que consiste de atividades que são conduzidas juntamente com o fabricante, desde a fase de projeto do equipamento, visando a reduzir o volume de serviços de manutenção durante sua operação.

Já Pinto e Xavier (2001), separam a manutenção corretiva em planejada e não planejada, e incluem a manutenção detectiva e a engenharia de manutenção. A seguir são apresentados e definidos os tipos de manutenção:

De acordo com a ABNT, manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condição de executar uma função requerida (NBR 5462 – 1994). Manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes, corretiva não planejada e corretiva planejada.

Manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de maneira aleatória. Já manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela de decisão de operar até a quebra (PINTO; XAVIER, 2001, p.38).

Viana (2002) diz que pode-se designar, ou classificar como manutenção preventiva todo o serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

Manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática, com o objetivo de prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas (PINTO; XAVIER, 2001, p.41).

Para Viana (2002) são tarefas de manutenção preventiva, que tem a finalidade de acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam predizer a proximidade da ocorrência da falha. Existem quatro técnicas preditivas, bastante usadas nas indústrias nacionais que optaram por um programa desta envergadura, são elas: ensaio por ultra-som; análise de vibrações; análise de óleos lubrificantes e termografia.

Manutenção autônoma é a manutenção onde há um planejamento e programação para realização de serviços por parte das pessoas envolvidas diretamente no processo, os operadores, com uma atividade mantenedora presente e efetiva no organismo produtivo. Na manutenção autônoma vale à máxima: da minha máquina eu mesmo cuido, que é adotada

pelos operadores que passam a executar serviços de manutenção no maquinário que operam (VIANA, 2002).

Para se obter uma redução dos custos de manutenção, se torna necessário que a manutenção seja um setor organizado e controlado, visualizando metas e prazos estabelecidos junto a produção, detectando falhas nos equipamentos e intervindo de forma planejada, evitando quebras inesperadas.

Um dos maiores problemas enfrentados pela manutenção e que trazem prejuízos e aumento nos custos de produção, são as falhas prematuras e indesejáveis que ocorrem nos equipamentos. Estas falhas ou quebras estão ligadas na sua grande maioria a problemas referentes ao desgaste das máquinas e seus componentes, em função do atrito.

## 1.2 ATRITO

O Atrito pode ser definido como um processo de dissipação de energia que surge na presença do contato superficial de dois ou mais corpos em movimento. Dentro dos equipamentos o atrito deve ser o mínimo possível, para se evitar a fadiga entre as peças.

Moura e Carreiro (1975), distinguem os tipos de contato entre as superfícies em:

Atrito sólido: quando há contato de duas superfícies sólidas entre si. O atrito sólido pode ser subdividido em dois grupos:

a) Atrito de deslizamento: quando uma superfície se desloca diretamente em contato com a outra.

b) Atrito de rolamento: quando o deslocamento se efetua através de rotação de corpos cilíndricos ou esféricos, colocados entre as superfícies em movimento. Como a área de contato é menor, o atrito também é bem menor.

Atrito Fluido: quando existir, separando as superfícies em movimento, uma camada fluida (líquida ou gasosa).

Conforme Rousso (1990) pode-se afirmar e, é também intuitivo, que o atrito sólido é sempre maior que o atrito fluido, devido a todos os fatores responsáveis pelo atrito, sendo o mais evidente a rugosidade das superfícies sólidas.

As superfícies sólidas, mesmo as mais polidas, apresentam asperezas e irregularidades. O modo como se relacionam as superfícies, caracterizam os mecanismos de atrito: cisalhamento e adesão.

De acordo com Rousso (1990), as conseqüências desfavoráveis do atrito são: o consumo de certa parcela de energia necessária para vencer a força do atrito, a elevação da temperatura na região de contato entre as superfícies, o próprio desgaste das superfícies. No entanto, o atrito apresenta características favoráveis, como a eliminação de energia indispensável e a transformação de formas de energia.

O movimento entre os corpos dá origem aos diversos tipos de atrito, que causam conseqüências desfavoráveis às máquinas e seus componentes, produzindo calor, desgaste, perda de energia, entre outros. Para diminuir estes efeitos indesejáveis inúmeras referências são encontradas de povos antigos como egípcios, gregos, fenícios e astecas.

### 1.3 HISTÓRICO DA LUBRIFICAÇÃO

Conforme Moura e Carreteiro (1975), a mais antiga manifestação de lubrificação da qual se tem notícia foi achada no Egito no túmulo de *RA-EM-KA*, 2.600/1.700 a.C., é mostrado um tipo de trenó transportando um monumento de pedra e um homem que despeja um líquido para lubrificar os deslizadores do trenó evidenciando a necessidade da lubrificação já nessa época. Já a graxa foi realmente encontrada no eixo de uma carruagem enterrada no túmulo de Yuua e Thuiu, datando de cerca de 1.400 a.C.

A história do campo petrolífero de Baku está ligada aos adoradores do fogo, que por volta de 600 a.C. faziam peregrinações ao fogo, proveniente de gás natural que emergia do solo. Hoje, Baku é um dos grandes campos petrolíferos da Rússia.

Deve-se aos romanos o mais antigo registro de utilização de petróleo para iluminação. O óleo obtido em Agrigentum, na Silícia, era usado em lamparinas no templo de Júpiter. Há também referências ao petróleo nos escritos gregos, sendo também conhecido na China de 2.000 nos atrás, bem como na Índia (*Rangoon Oil*). Os colonizadores da América do Norte descobriram que os índios usavam o petróleo como remédio para toda sorte de doenças.

A primeira notícia de destilação industrial de petróleo data de 1810, em Praga, com o fito de se obter óleo para iluminação. Importante papel coube a Escócia, no século passado, no desenvolvimento da indústria e comércio do petróleo. James Young de Kelly, nascido em 1811, foi o primeiro a produzir em 1848 *parafin oil* em escala comercial, com seu sócio Meldrum. Elaboravam dois tipos de óleo de parafina: um fino, para uso como *burning oil* (combustível) em lâmpadas, e outro, pesado, para fins lubrificantes, Rousso (1990).

A primeira sondagem profunda feita no Brasil foi realizada entre 1892 e 1896, em Bofete (São Paulo), resultando apenas em água sulfurosa. Na Amazônia, passou-se a busca por petróleo a partir de 1917. Somente em 1939, na localidade de Lobato (Bahia) é que surgiu o petróleo, abrindo-se o caminho para a indústria petrolífera. Daí em diante, intensificou-se a pesquisa na Amazônia, Sergipe, Paraná e outras bacias sedimentares. Com o advento da lei 2.004, de 3 de outubro de 1953, criando a Petrobrás, passaram os trabalhos de pesquisa em todo território nacional à responsabilidade desta empresa, resultando descoberta de novos poços profundos.

De acordo com Moura e Carreteiro (1975), a origem da palavra petróleo é latina; de *petra* (pedra) e *oleum* (óleo). Não existe, até hoje, unanimidade sobre a origem do petróleo. Didaticamente eles apresentam como sendo três origens as principais a respeito:

**Teoria inorgânica:** o petróleo teria sido produzido no interior da terra pela ação de elevada temperatura e pressão sobre minerais; o carbono e o hidrogênio teriam, então, se combinado, formando os hidrocarbonetos constituintes do petróleo. Somente uma pequena minoria de geólogos defendia esta teoria, hoje já praticamente superada.

**Teoria vegetal:** de acordo com esta teoria, matérias vegetais teriam sido cobertas por uma camada de material impermeável, sendo excluída, a fermentação sobreveio e a lenta deterioração durante centena de milhares de anos transformou matéria vegetal em petróleo. Esta teoria é ainda defendida por vários geólogos.

**Teoria dos animais marinhos:** segundo esta teoria o petróleo teve origem de pequenos animais marinhos que na ausência de ar transformaram-se lentamente em petróleo. A maioria dos geólogos é favorável a essa teoria.

Não fica excluída, porém, a simbiose destas duas últimas teorias, como hipótese possível.

Conforme Albuquerque (1977), o petróleo (óleo cru) é a matéria prima para combustíveis e lubrificantes. Ele vem a ser uma mistura de centenas de hidrocarbonetos líquidos, com diversos hidrocarbonetos sólidos e gasosos dissolvidos, usualmente. A combinação de tratamentos executados no petróleo para a obtenção dos produtos é chamada de refinação, os tratamentos podem ser classificados em operações de separação, processos de conversão e processos de tratamento químico.

Os óleos básicos são obtidos de petróleos de composição variada, pertencentes a três classes: parafínicos, naftênicos e aromáticos. As frações de óleos lubrificantes obtidas na torre de fracionamento a vácuo contêm diversos constituintes indesejáveis. A escolha e seqüência dos tratamentos dependem tanto da natureza do cru como dos produtos desejados.

É difícil deixar de relacionar a idéia de lubrificação ao petróleo, pois suas substâncias e derivados são os mais usados na formulação de óleos lubrificantes e graxas. Estes lubrificantes tem como função principal diminuir o atrito sólido entre as superfícies dando origem ao que chama-se de lubrificação.

### 1.3.1 A lubrificação

Muito embora o objetivo imediato da lubrificação seja reduzir o atrito, pode-se considerar que sua finalidade última seja diminuir o desgaste. Por meio da lubrificação adequada procura-se minimizar os desgastes, que se apresentam sob várias formas, algumas provenientes de deficiência de lubrificação, outras das causas mais diversas.

Segundo Xenos (1998), a lubrificação desempenha um papel vital em vários tipos de equipamentos, já que evita desgaste excessivo por atrito entre as diversas partes, como também o sobreaquecimento e vibrações, ruídos, além de remover poeira e materiais estranhos. A falta de lubrificação adequada é uma importante causa de falha a ser considerada. Portanto, a lubrificação é uma das atividades mais importantes da manutenção preventiva.

Para Rousso (1990), a lubrificação consiste em introduzir-se uma película fluida de qualquer substância lubrificante entre duas superfícies rígidas dotadas de movimento relativo. Desta forma pode-se dizer que a lubrificação consiste na eliminação do contato entre duas - superfícies sólidas. Assim, o que se consegue com a lubrificação é a transformação do atrito sólido existente entre duas superfícies em atrito entre uma superfície sólida e um fluido.

Quando duas superfícies sólidas são separadas por uma película de uma substância fluida, havendo movimento relativo entre as primeiras, as moléculas do fluido (substância lubrificante) deslizam umas sobre as outras. O fato de haver um movimento de deslizamento entre as moléculas do fluido acarreta no surgimento da força de atrito que se opõe a esta movimentação. Como esta ocorre num meio fluido e decorrente deste fluxo de moléculas, ele é chamado atrito fluido.

Os lubrificantes podem estar presentes no ambiente das mais variadas formas, para Moura e Carreiro (1975), qualquer fluido pode funcionar como um lubrificante, ao menos teoricamente. Além disso, alguns sólidos podem atuar como redutores de atrito, ou seja, lubrificar.

A lubrificação envolve não somente a seleção e formulação de lubrificantes, mas também o delineamento da geometria de contato e métodos de entrega, filtro e condição deles. Em termos gerais, os lubrificantes podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. Lubrificantes sólidos podem ser na forma de filmes finos, fases constituintes em materiais compósitos, ou pós. A definição do lubrificante, desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), grupo de pesquisa internacional sobre o desgaste de Engenharia de Materiais, diz que o lubrificante é qualquer substância interposta entre duas superfícies em movimento relativo com a finalidade de reduzir o atrito e desgaste entre eles.

Conforme Soares (1994, p. 55), “os lubrificantes têm por objetivo o controle do atrito, do desgaste e das perdas nas superfícies dos órgãos de máquinas, protegendo-as do calor excessivo, tendo como principais fatores, a viscosidade e a aditivização”.

Como se sabe, o atrito entre dois corpos em contato direto, quando em movimento relativo, é altamente prejudicial, pois além do desgaste causam aquecimento.

Para Albuquerque (1977), as superfícies ainda que cuidadosamente trabalhadas, quando examinadas ao microscópio, apresentam-se constituídas de saliências e reentrâncias. Os corpos em contato direto apoiar-se-ão, conseqüentemente, em apenas parte desta superfície, os contatos serão localizados e a distribuição de carga em diminutas áreas provocará altas pressões, com deformações plásticas, adesão local e solda dos metais.

Soares (1994), afirma que o trabalho do lubrificante é o de impedir que esses pontos altos se toquem formando entre eles uma película fluida que auxilia o movimento de deslizamento com a redução do atrito.

Se for possível separar por um lubrificante as superfícies em movimento, de modo a evitar ou reduzir o contato entre elas, reduzem-se as forças de atrito, pois a resistência dos fluidos ao deslocamento é muito menor que as forças de adesão e cisalhamento, reduz-se o desgaste por se evitar o contato sólido das superfícies.

Conforme Moura e Carreteiro (1975), a formação de uma camada de fluido ou filme pode ser obtida por duas maneiras:

- Lubrificação hidrostática: se, estando às superfícies imóveis, o fluido for pressurizado no espaço entre elas, separando-as pela ação da pressão;
- Lubrificação hidrodinâmica: quando o filme de fluido se desenvolve entre as superfícies em virtude do próprio movimento relativo entre as superfícies.

Existirão casos em que não se conseguirá manter intacta a película lubrificante, fato que acarretará, em certas regiões, a recomposição do contato metal com metal, caracterizando

desta forma a existência de dois tipos de atrito, ou seja, atrito fluido, nos locais onde a película é mantida, e atrito sólido, nos que ela é interrompida.

Segundo Rouso (1990), as variáveis que definem o tipo de lubrificação existente em um sistema são: a viscosidade do lubrificante, a velocidade relativa das partes metálicas e a carga existente sobre as partes metálicas.

Quando, no mecanismo, a película fluida é sempre mantida, diz-se que a lubrificação é fluida, também denominada lubrificação hidrodinâmica. Nos casos em que a película é rompida em certas regiões, devido normalmente a baixas velocidades, pressões elevadas ou movimento intermitente, diz-se que a lubrificação é semifluida, também chamada lubrificação limítrofe.

Conforme Moura e Carreiro (1975), pode-se classificar os casos de lubrificação limítrofe em quatro tipos, que são:

- Tipo 01: lubrificação limítrofe suave, ou de baixa pressão e baixa temperatura. Exemplo: mancais de bucha sob velocidades pequenas.
- Tipo 02: Lubrificação limítrofe de temperatura elevada. Exemplo: cilindro de máquinas a vapor superaquecido, motores de combustão interna para aviões.
- Tipo 03: Lubrificação limítrofe de alta pressão. Exemplo: mancais de rolamentos.
- Tipo 04: lubrificação limítrofe extrema ou de elevada temperatura e alta pressão, comumente designado por EP (extrema pressão).

Existem diversos tipos de lubrificantes, e seu estado físico ou a sua composição estará ligada intimamente as suas requisições de uso de maneira que venha a reduzir o atrito entre as diversas partes, como também o aquecimento e vibrações, ruídos, além de remover poeira e materiais estranhos

### 1.3.2 Tipos de Lubrificantes

Os lubrificantes são classificados, de acordo com seu estado físico, em líquidos, pastosos, sólidos e gasosos.

Conforme Albuquerque (1977), os lubrificantes se dividem em três grupos: lubrificantes líquidos, lubrificantes pastosos e lubrificantes sólidos. Qualquer deles deve satisfazer às seguintes propriedades: ser capaz de manter separadas as duas superfícies



durante o movimento; ser estável em face da mudança de temperatura; não atacar as superfícies metálicas; manter limpas as superfícies lubrificadas.

Os lubrificantes gasosos são empregados em casos especiais, quando não é possível a aplicação dos tipos convencionais. 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.

Os lubrificantes sólidos apresentam excelentes propriedades de untuosidade e resistem a elevadas temperaturas e pressões. Os sólidos minerais mais usados são o grafite, dissulfeto de molibdênio, a mica e o talco.

Todos os líquidos, de certa maneira, podem ser considerados substâncias lubrificantes, embora não sejam capazes de atender a todas as finalidades exigidas para um lubrificante.

#### *1.3.2.1 Óleos*

Os lubrificantes líquidos são caracterizados pela viscosidade, mas outras propriedades também são importantes. Óleos lubrificantes têm propriedades e características que são designadas por nomes, e podem ser subdivididos em óleos minerais, óleos graxos, óleos compostos e sintéticos.

De acordo com Rousso (1990), para que um líquido seja considerado um lubrificante de boa qualidade, ele deve proporcionar a formação entre as superfícies a lubrificar, de uma película fluida de adequada espessura capaz de absorver os choques causados pelos esforços externos, de manter separadas as superfícies sólidas e ter características aderentes de forma a manter-se sempre em contato íntimo com as superfícies a serem lubrificadas.

Para Albuquerque (1977), os óleos lubrificantes podem ser de origem mineral, vegetal ou animal.

Além dessas origens Rousso (1990), classifica ainda os óleos chamados de óleos sintéticos.

Moura e Carreteiro (1975), na categoria de óleos, distinguem como: óleos minerais, óleos graxos (orgânicos), óleos compostos e óleos sintéticos.

De acordo com Moura e Carreteiro (1975), os óleos orgânicos tanto vegetais como animais, foram os primeiros lubrificantes a serem utilizados. Hoje, são praticamente

substituídos pelos óleos minerais que além de serem mais baratos, não sofrem hidrólise nem se tornam ácidos ou corrosivos pelo uso.

Devido ao verniz gomoso que os óleos orgânicos formam, quando superaquecidos, apenas os minerais, puros ou aditivados, são apropriados à lubrificação de partes metálicas (ALBUQUERQUE, 1977, p. 8).

Os óleos animais e vegetais são raramente usados isoladamente, em geral são combinados com óleos minerais, atuando como agentes de oleosidade, proporcionado à mistura assim obtida, características de lubrificação particularmente eficientes em regiões de lubrificação crítica (ROUSSO, 1990, p.31).

De acordo com Moura e Carreteiro (1975), os óleos minerais são os mais importantes para o emprego em lubrificação, são obtidos do petróleo e, conseqüentemente, suas propriedades relacionam-se à natureza do óleo cru que lhes deu origem e ao processo de refinação empregado. O petróleo consiste fundamentalmente, de carbono (C) e hidrogênio (H), sob forma de hidrocarbonetos.

Albuquerque (1977) classifica os óleos minerais em naftênicos e parafínicos, segundo o tipo predominante de hidrocarbonetos. Os parafínicos apresentam uma estrutura molecular do tipo em cadeia aberta ou retilínea, já os naftênicos apresentam uma estrutura molecular do tipo em cadeia ramificada, ou fechada.

Os naftênicos, que deixam poucos resíduos, prestam-se, especialmente, à lubrificação dos êmbolos de máquinas alternativas, diminuindo a tendência de colagem dos anéis de segmento. Os parafínicos alteram-se menos com a temperatura, não afinando tanto quanto os naftênicos.

Os óleos compostos são óleos minerais aos quais se adicionam certa quantidade de produto orgânico, em geral de 1% a 25%, podendo chegar até 30% de mistura. O objetivo da mistura é conferir ao lubrificante maior oleosidade ou maior facilidade de emulsão em presença de vapor de água. Por isso encontram-se algumas aplicações de óleos compostos em lubrificação sujeita a grandes cargas, e cilindros a vapor.

Conforme Moura e Carreteiro (1975), as necessidades industriais e, especialmente as militares, de lubrificantes aptos a suportar as condições mais adversas possíveis, conduziram ao desenvolvimento dos produtos sintéticos, isto é, obtidos por síntese química. Eles podem ser ésteres de ácidos dibásicos, ésteres organofosfatos, éster de silicatos e silicones, e têm características iguais ou superiores a um bom lubrificante de petróleo.

Albuquerque (1977), afirma que a viscosidade é a característica mais importante de um óleo lubrificante. A viscosidade é a resistência interna oferecida pelas moléculas de uma

camada, quando é deslocada em relação à outra; é o resultado do atrito interno do próprio lubrificante.

Para Moura e Carreteiro (1975), a viscosidade de um fluido é a propriedade que determina o valor de sua resistência ao cisalhamento, ela é devida, primariamente, à interação entre as moléculas do fluido.

Já Rousso (1990), diz que a viscosidade é uma propriedade inerente a todos os líquidos e pode ser definida, de uma forma simplista, como a resistência que um líquido oferece ao seu escoamento.

Conforme Moura e Carreteiro (1975), o conceito de viscosidade foi estabelecido, em princípio, por Isaac Newton. Louis Navier, na França, e George Stokes, na Inglaterra, no princípio do século XIX, estudaram matematicamente o equilíbrio dinâmico dos fluidos viscosos. Hágen e Poiseuille estudaram o escoamento dos líquidos em condutos circulares capilares, enquanto que Boussines e Reynolds se notabilizaram nos estudos de escoamento turbulento.

De acordo com Rousso (1990), as grandezas físicas que medem a viscosidade absoluta e cinemática de um líquido são, em geral, o “POISE” e o “STOKE” respectivamente, sendo a viscosidade cinemática definida como a relação existente entre a viscosidade absoluta de um líquido e a sua densidade absoluta. O “Poise” e o “Stoke” são grandezas do sistema CGS (Centímetro – Grama - Segundo).

As escalas não físicas usadas na prática para determinar a viscosidade são: *Saybolt*, *Engler e Redwood*. As relações existentes entre as diversas escalas de viscosidade mencionadas são fixadas através de expressões matemáticas que para uso prático foram transformadas em ábacos e tabelas (ROUSSO, 1990, p.34).

Albuquerque (1977), afirma que os óleos de petróleo podem ser misturados uns com os outros, em qualquer proporção de óleo pesado e fino, para formar um óleo estável, só separável por destilação.

Conforme Moura e Carreteiro (1975), a finalidade é conhecer a viscosidade da mistura, sabendo-se a viscosidade dos óleos componentes, e para isso utiliza-se a carta de mistura da ASTM. O índice de viscosidade é o método mais usual para se expressar o relacionamento da viscosidade com a temperatura baseada em uma escala empírica.

Para Rousso (1990), “o índice de viscosidade representa então a taxa de variação de viscosidade de um óleo, quando varia a temperatura, e é representado por uma grandeza adimensional, sendo tanto maior quanto menor a variação da viscosidade do óleo”.

A densidade absoluta ou simplesmente densidade é conceituada como a massa da unidade de volume, ou seja, é a relação entre a massa de uma determinada substância e o volume por ela ocupada. É muito utilizada para definir a densidade de um óleo, a chamada “densidade API” que é expressa em uma grandeza designada como graus API, e conceituada por Moura e Carreteiro (1975), não como uma grandeza, e sim como uma unidade de densidade, e sua vantagem de ser conhecida, é tornar possível a conversão do volume em peso, ou vice-versa, necessária nos cálculos de fretes e conferências de recebimentos.

Outra característica importante dos óleos lubrificantes é o ponto de fulgor, Rousso (1990), o define como sendo a temperatura na qual o vapor despendido pelo óleo em mistura com o ar atmosférico é capaz de se inflamar momentaneamente em presença de uma chama. O conhecimento do ponto de fulgor permite avaliar as temperaturas de serviços que um óleo lubrificante pode suportar com absoluta segurança.

Uma característica importante para óleos destinados a baixas temperaturas é o ponto de fluidez, pois indica a menor temperatura que pode submeter um óleo lubrificante, mantendo inalterada a sua condição de fluidez. O ponto de fluidez é uma característica fundamental no emprego de lubrificantes para máquinas frigoríficas.

Conforme Moura e Carreteiro (1975), os resíduos de carvão deixados pelo óleo lubrificante em motores de combustão interna ou em compressores, são muito inconvenientes, sob vários aspectos, sendo que o ensaio de Conradson para resíduo de carbono foi estabelecido, para se calcular o índice de quantidade de resíduo que o óleo poderia deixar nos motores de combustão interna e de outras máquinas, quando submetido à evaporação sob elevadas temperaturas.

Para Moura e Carreteiro (1975), algumas das principais análises que definem características e especificações de óleos lubrificantes são:

Os lubrificantes variam de cor, desde transparentes (incolores) até pretos (opacos). A cor pode ser observada por transparência, isto é, contra a luz refletida. Existem vários aparelhos para se determinar a cor dos óleos lubrificantes: Colorímetros *Union*, *Lovinbond*, *Tag-Robinson* e *Saybolt*;

Os lubrificantes são submetidos a testes para determinar a quantidade de cinzas resultantes da queima completa de uma amostra de óleo, que indica a quantidade de matéria inorgânica presente;

O número de precipitação indica o volume de matérias estranhas no óleo lubrificante. O ensaio é feito com uma pequena amostra de óleo que é misturada a uma nafta de petróleo, agitada e aquecida a certa temperatura e submetida à centrifugação;

O grau de acidez ou alcalinidade do óleo pode ser avaliado pelo seu número de neutralização, este é expresso em miligramas de KOH (hidróxido de potássio) necessário para neutralizar os ácidos contidos em um grama de óleo;

O número de saponificação é um índice da quantidade de gordura do óleo graxo presente em um óleo mineral composto, este ensaio consiste, essencialmente, em medir o peso, em miligramas, de hidrato de potássio necessário para saponificar um grama de óleo;

O número de emulsão é o tempo em segundos, que a amostra do óleo leva para separar-se da água condensada proveniente de uma injeção de vapor;

O chamado ponto de anilina é a temperatura mais baixa, na qual partes iguais, em volume, de amostra do produto de petróleo em ensaio, e de anilina recém destilada, permanecem em solução equilibrada;

O ensaio de corrosão mais comum é efetuado em uma lâmina de cobre, posta sob a ação do óleo, durante certo período de tempo, numa determinada temperatura elevada. A lâmina sofre algumas alterações de cor que são comparadas a uma tabela;

Através da análise espectrográfica é possível determinar as quantidades dos diversos elementos presentes em partes por milhão, como sílica, ferro, chumbo, cobre ou prata, alumínio entre outros. Trata-se de uma técnica amplamente utilizada na determinação qualitativa e quantitativa de metais em óleos lubrificantes.

A qualidade de um lubrificante é comprovada somente após a sua aplicação e avaliação de seu desempenho em serviço. Existem ensaios de laboratório que simulam condições de aplicação do lubrificante, no entanto, sem garantir um bom desempenho em serviço.

### *1.3.2.2 Graxas*

Existem substâncias semi-sólidas destinadas à lubrificação de equipamentos industriais, sempre que o uso de substâncias líquidas, não são as mais recomendadas. Estas substâncias, denominadas genericamente de graxas, são obtidas a partir da dispersão de um agente aglutinante num líquido.

Geralmente este agente é um sabão obtido a partir de gorduras animais ou vegetais em combinação com um álcali, tendo este componente a finalidade de servir de veículo para o líquido lubrificante, dando corpo à mistura e permitindo sua aplicação, por diversos meios,

nos equipamentos a serem lubrificados. A substância líquida, que atua efetivamente como lubrificante, é em geral, um óleo mineral que é, assim, o principal responsável pelas características lubrificantes das graxas (ROUSSO, 1990, p.44).

Conforme Moura e Carreteiro (1975), a graxa é uma combinação semi-sólida de produtos de petróleo e um sabão ou mistura de sabões, adequada para certos tipos de lubrificação. As graxas são usadas nos pontos onde os óleos não seriam eficazes em face de sua tendência natural a escorrerem, por mais viscosos que sejam. Pode-se considerar que em 90% dos casos os espessantes empregados são sabões metálicos. Estes sabões não se diferem muito, em essência, aos tradicionais sabões domésticos.

Segundo Moura e Carreteiro (1975), o desempenho de uma graxa depende do sabão, do método de fabricação, dos aditivos e do líquido lubrificante utilizado, e algumas das suas principais características são:

**Consistência:** a consistência das graxas é medida por meio de um método e um aparelho chamado penetrômetro;

**Viscosidade aparente:** como as características de fluxo das graxas não são newtonianas, a relação entre a tensão de cisalhamento e o grau de cisalhamento é denominada viscosidade aparente;

**Ponto de gota:** indica a temperatura que o produto torna-se fluido, capaz de gotejar através do orifício padronizado, dentro das condições exigidas pela ASTM;

**Resistência ao cisalhamento:** A variação de penetração trabalhada de uma graxa, após o rolamento, indica a medida de sua resistência ao cisalhamento;

**Separação do óleo durante a armazenagem:** as graxas apresentam uma tendência à separação do óleo quando armazenadas durante longo período de tempo;

**Estabilidade a oxidação:** as graxas estão sujeitas a oxidação, e por este motivo, certas graxas possuem aditivos antioxidantes;

**Capacidade de carga:** é de suma importância para a caracterização da extrema pressão, que corresponde à maior pressão que as peças em movimento podem suportar;

**Ação de lavagem pela água:** a resistência de uma graxa à ação de lavagem pela água tem grande importância onde há a possibilidade de contaminação pela água;

**Bombeabilidade:** é a capacidade de fluir de uma graxa pela ação de bombeamento.

As graxas podem ser divididas em diversos tipos, considerando-se sua utilização em serviço que, em geral, são definidos pelo tipo de sabão utilizado na sua fabricação.

Conforme Rousso (1990), considerando-se o tipo mais comumente utilizado, ou seja, graxa de sabões metálicos, elas podem ser divididas em:

Graxas de múltiplas aplicações: são aquelas que se destinam as diversas aplicações, cobrindo desta forma um vasto campo de utilização.

Graxas especiais: são aquelas com características específicas, para aplicações em determinados tipos de serviços;

Graxas sintéticas: são substâncias lubrificantes semi-sólidas, onde o componente líquido é um óleo sintético combinado com um sabão metálico.

De acordo com Moura e Carreteiro (1975), os tipos mais comuns de graxas encontradas no mercado brasileiro, à base do sabão metálico são:

Graxas de cálcio: sua vantagem é a resistência à água. Muitas vezes contém em sua composição uma pequena porcentagem de água, usada como estabilizante, não deve ser usada em temperaturas acima de 70°C, pois havendo evaporação da água, o sabão e o óleo se separam;

Graxas de sódio: sua principal vantagem é a boa resistência ao calor podendo ser usadas até 90/120°C, algumas vezes mais. Não resistem à água, no entanto são resistentes à ferrugem;

Graxas de alumínio: sua máxima temperatura equivale às graxas de cálcio, quando quentes tornam-se gomosas, possuem boa resistência à água e boa adesividade;

Graxas de lítio: têm boa resistência ao calor e à água, e apresentam ainda boas características de bombeamento. São adequadas para funcionamentos entre -70°C e 150°C, e seu ponto de gota é em torno de 180°C;

Graxas de complexo de cálcio e chumbo: apresentam grande versatilidade de aplicações, possuindo elevado ponto de gota e boa resistência ao calor, propriedades de extrema pressão e resistência à água;

Graxas grafitadas: a grafita é um lubrificante sólido que sob a forma micro pulverizada ou em emulsão coloidal, é adicionada às graxas para emprego em temperaturas elevadíssimas, como é o caso, da lubrificação dos moldes de fabricação de vidros.

Graxas sem sabão: possuem excelente resistência à água, ótima proteção contra desgaste, boa resistência ao calor e grande estabilidade mecânica, porém não oferece proteção a corrosão.

Considerando-se que as exigências técnicas requeridas em uma substância lubrificante não são atendidas pelos produtos normalmente utilizados para tal finalidade (óleos minerais puros ou graxas), as características de tais produtos são alteradas através da adição, ao óleo ou graxa, de certas substâncias capazes de conferir-lhes as características desejadas, substâncias estas denominadas aditivos.

### 1.3.3 Aditivos

Os aditivos são compostos químicos que melhoram ou atribuem propriedades aos óleos básicos que serão usados na fabricação de lubrificantes e graxas.

Esses aditivos químicos têm diferentes funções, de acordo com a apostila, fundamento da lubrificação, da TEXACO (2005), normalmente os aditivos pertencem a uma das categorias descritas abaixo:

**Anticorrosivos:** são aditivos que protegem as superfícies metálicas lubrificadas do ataque químico pela água ou outros contaminantes;

**Antidesgaste:** estes aditivos formam um filme protetor nas superfícies metálicas, evitando o rompimento da película lubrificante, quando o óleo é submetido a cargas elevadas. A formação deste filme ocorre a temperaturas pontuais de até 300°C;

**Antiespumantes:** têm a propriedade de fazer com que esta espuma formada na circulação normal do óleo se desfaça o mais rápido possível;

**Antioxidantes:** sua propriedade é a de aumentar a resistência à oxidação do óleo. Retardam a reação com o oxigênio presente no ar, evitando a formação de ácidos e borras e, conseqüentemente, prolongando a vida útil do óleo. Evitando a oxidação, minimizam o aumento da viscosidade e o espessamento do óleo;

**Detergentes:** têm a propriedade de manter limpas as partes do motor. Também têm basicidade para neutralizar os ácidos formados durante a combustão;

**Dispersantes:** as suas propriedades são a de impedir a formação de depósitos de produtos de combustão (fuligem) e oxidação (borra) nas superfícies metálicas de um motor, mantendo estes produtos indesejáveis em suspensão, de modo que sejam facilmente retidos nos filtros ou removidos quando da troca do óleo;

**Extrema pressão:** estes aditivos reagem com o metal das superfícies sob pressão superficial muito elevada, formando um composto químico que reduz o atrito entre as peças. Minimizam o contato direto entre as partes, evitando o rompimento da película lubrificante, quando o óleo é submetido a cargas elevadas. Esta reação se dá a temperaturas pontuais elevadas (cerca de 500°C). Estes aditivos são comumente utilizados em lubrificantes de engrenagens automotivas e industriais e também em graxas;



Melhoradores do índice de viscosidade: têm a função de reduzir a tendência dos óleos lubrificantes variarem a sua viscosidade com a variação da temperatura.

Rebaixadores do ponto de fluidez: melhoram a fluidez dos óleos quando submetidos a baixas temperaturas, evitando a formação de cristais que restringem o fluxo dos mesmos.

Modificadores de Atrito: os aditivos modificadores de atrito reduzem a energia necessária para deslizar partes móveis entre si, formando uma película que se rompe com o movimento, mas que se recompõe automaticamente. Podem ser substâncias orgânicas (teflon), inorgânicas (grafite, bissulfeto de molibdênio) ou organometálicas (à base de molibdênio ou boro).

Outros Aditivos: além destes tipos de aditivos, existem vários outros de uso corrente como corantes, agentes de adesividade.

Os aditivos que são adicionados aos lubrificantes além das exigências técnicas de desempenho que são fundamentais, muitas vezes têm que atender as especificações referentes ao ambiente de trabalho em que serão usados, como no caso em ambientes de produção do setor de alimentos, onde os lubrificantes e seus componentes têm que ter características livres de riscos de contaminação do alimento.

#### **1.4 LUBRIFICANTES DE GRAU ALIMENTÍCIO**

As empresas do ramo alimentício devem atender a normas rígidas que garantam a fabricação de alimentos livres de contaminação, seja ela qual for. Os lubrificantes apresentam um risco iminente dentro do processo produtivo, pois estão em máquinas e equipamentos, e em locais onde pode ocorrer o contato os alimentos.

A indústria de processamento de alimentos apresenta desafios únicos para os fabricantes de lubrificantes, distribuidores, engenheiros responsáveis pelas plantas industriais, projetistas e fabricantes de máquinas. Embora seja desejado que o lubrificante nunca contamine a matéria prima, ou o produto acabado, durante o processo de fabricação, as conseqüências de um produto contaminado normalmente são mais graves na indústria de processamento de alimentos do que em outras. Como tal, os lubrificantes usados neste tipo de indústria têm exigências, protocolos, e performances que vão além dos lubrificantes típicos.

Os lubrificantes de grau alimentício são compostos de produtos ou substâncias aceitáveis para o uso em equipamentos e máquinas utilizados para o processamento de carnes

de frango e derivados, e outras aplicações e plantas industriais. A distinção é feita para produtos que podem entrar em contato, aqueles que ocasionalmente entrarão em contato, e aqueles que nunca poderão entrar em contato com os gêneros alimentícios.

Lubrificantes de grau alimentício são baseados em óleos minerais brancos e óleos sintéticos, tais como polialefinas e polialquileno glicóis, ou óleos vegetais.

Para atender aos fabricantes, a NSF (*National Sanitation Foundation*) que é uma organização independente, sem fins lucrativos, que lidera nos Estados Unidos o fornecimento de informações aos usuários em matéria de saúde pública, informações sanitárias e de segurança, assumiu o monitoramento da lista de produtos do *White Book* (livro branco) do USDA, e se encarrega do registro e da aprovação de novas formulações e produtos para a indústria de alimentos e bebidas.

Inicialmente para lubrificantes de grau alimentício, a designação H1, H2 e H3. Lubrificantes H1 são lubrificantes de grau alimentício usados em processamento de alimentos onde há a possibilidade de contato acidental do lubrificante com o alimento. Lubrificantes H2 são lubrificantes de grau não – alimentícios usados em partes de equipamentos onde não há possibilidade de contato com o alimento. Lubrificantes H3 são lubrificantes de grau alimentício, óleos tipicamente comestíveis, usados para prevenir ferrugem em ganchos, carrinhos e equipamentos similares.

Os lubrificantes autorizados pelo USDA para uso no processamento de certos alimentos e outras aplicações são tipicamente definidos por uma das duas categorias de classificação:

USDA H-1: Estes lubrificantes podem ser utilizados em equipamentos ou aplicações do lubrificante que podem ter contato acidental com os produtos comestíveis;

USDA H-2: Estes lubrificantes só podem ser utilizados quando não há a possibilidade do lubrificante entrar em contato direto com produtos comestíveis.

Além dos requisitos gerais que um lubrificante necessita para ter um bom desempenho mecânico, o ambiente de uma indústria de alimentos possui demandas bastante específicas tais como: habilidade para operar a temperaturas extremas; resistência à água; compatibilidade com componentes sintéticos; resistência química; resistência à contaminação por alimentos ou bebidas; compatibilidade com elastômeros; resistência ao vapor; e propriedade de desintegração do açúcar. Provavelmente seja um dos ambientes mais exigentes para a operação de um lubrificante.

## 1.5 ANÁLISES DE LUBRIFICANTES

Embora a análise de óleos e lubrificantes e as respectivas interpretações fujam, normalmente, a responsabilidade dos elementos responsáveis pela lubrificação em uma empresa, é importante salientar que tais resultados possam ser entendidos quando tais análises forem solicitadas a laboratórios especializados ou a firmas fornecedoras de lubrificantes.

Segundo Rousso (1990), vários motivos podem justificar um pedido de análise de lubrificante, podendo entre outros se mencionarem, a verificação da possibilidade de contaminação do produto em serviço, o estabelecimento dos períodos de troca, a determinação do estado do lubrificante em serviço e a análise dos danos em equipamentos.

Em geral, o acompanhamento do comportamento dos lubrificantes por meio de análises é feito quando a lubrificação é a óleo e, cuidados especiais devem ser tomados na coleta da amostra do produto que vai ser analisado. Os objetivos da análise dos óleos são o de economizar o lubrificante e dominar o defeito, dessa forma, com a evolução dos equipamentos de análise que trazem informações mais precisas e rápidas, num tempo suficientemente curto, tornam-se imprescindíveis para função manutenção.

As informações são de grande utilidade, seja determinado o momento adequado para a renovação do óleo de um componente, uma parte lubrificada, ou de um circuito hidráulico, regulando com isto, o grau de degradação ou de contaminação, e buscando assim economizá-lo, através da otimização do intervalo entre trocas, seja detectando os primeiros sintomas de desgaste de um componente, ou estudando as particularidades do desgaste criadas pelo atrito entre as peças em contato.

São dois os fatores que intervêm para modificar as características de um lubrificante de torná-lo incapaz de realizar as suas funções: degradação e contaminação. A degradação de um lubrificante se produz geralmente devido à oxidação (ação da temperatura e do oxigênio do ar). Os produtos da oxidação acarretam uma alteração das características dos lubrificantes, bem como uma formação de depósitos.

A contaminação do óleo é provocada pelos dejetos originados no desgaste, pelas partículas sólidas, pela água que está no ar ambiente, pelos poluentes solúveis e, ainda, pelos solventes capazes de alterar a capacidade física do fluido.

Para conseguir economizar, é preciso, sem dúvida, buscar uma forma que diminua freqüência das trocas, verificando periodicamente a qualidade do lubrificante e controlando a sua taxa de contaminação. Com o uso da análise físico-química é possível detectar eventuais

alterações na qualidade do lubrificante, por meio do controle de parâmetros como viscosidade, índice de acidez ou alcalinidade, teor de água, produtos de oxidação, cor, teor de carbono, qualidade e taxa de eventuais aditivos entre outros.

Existem vários métodos de controle da taxa de contaminação que vem contribuir na prevenção de anomalias antes que ela se transforme em avaria. Entre esses métodos estão:

Medida da poluição gravimétrica, que permite determinar o teor de impurezas sólidas de um óleo por filtração em membranas com poder absoluto de retenção determinada, geralmente 0,5  $\mu\text{m}$ ;

Centrifugação, que determina de um modo global, o volume de água e de sedimentos, metálicos ou não, dentro de uma amostra de óleo;

Medida da diluição, que permite conhecer a porcentagem de diluição de contaminante por vaporização, com a ajuda de um solvente, seguida de uma condensação dentro de uma pipeta graduada;

Cromatografia, que é um método de separação por migração diferencial de certos constituintes, levados por uma corrente líquida ou gasosa e depositados num meio poroso dotado de propriedades de absorção, que permitem conhecer a concentração do produto contaminante;

Fotometria, que permite determinar, por comparação da capacidade com padrões de referência, a concentração de uma dada substância;

Espectrografia, que informa a porcentagem de absorção da intensidade luminosa de um corpo no domínio espectral, tal como raios ultravioletas e os infravermelhos, verificam através da concentração de certos aditivos, a evolução das propriedades do lubrificante e detectam a poluição.

Espectrometria de emissão, que permite determinar rapidamente a concentração de elementos estranhos presentes no fluido, seja sob forma de aditivo, seja sob forma de contaminante (proveniente de desgaste).

Entre as principais técnicas utilizadas para estabelecer um diagnóstico de desgaste, podem ser citadas: a ferrografia por leitura direta, a espectrometria por leitura direta e a análise por ferrografia analítica.

A ferrografia por leitura direta é feita com base na extração das partículas contaminantes magnetizadas, contidas no lubrificante, pela ação de um campo magnético. Por meio da ferrografia de leitura direta pode-se determinar a condição de trabalho de uma máquina, avaliando-se a concentração total das partículas de desgaste e verificando-se a proporção existente das partículas ferro-magnéticas maiores.

A espectrometria de emissão permite determinar rapidamente, por meio de comparação com padrões de referência, as concentrações expressas em partes por milhão na massa dos diferentes elementos presentes no fluido. Já a análise por ferrografia analítica é usada para se efetuar um estudo mais aprofundado das partículas cujo tamanho esteja entre 1 a 250  $\mu\text{m}$ , no caso da ferrografia por análise direta indicar um grande desgaste.

A análise dos lubrificantes com o auxílio da tribologia, leva a informação correta sobre a real condição do equipamento nas condições em que ele está trabalhando, com isso o gestor de manutenção pode agir diretamente sobre causa do problema, até mesmo antes que ele ocorra.

As causas que levam um equipamento a uma falha são as mais diversas, devendo o responsável pela manutenção estar atento a todas. Os dispositivos de lubrificação têm papel importante na prevenção de falhas, pois eles podem ser fontes de contaminação ou má aplicação de lubrificante se não forem usados conforme as recomendações.

## 1.6 PLANEJAMENTO DA LUBRIFICAÇÃO

O planejamento e organização da lubrificação constituem papel fundamental para manter o bom funcionamento dos equipamentos de forma a suprirem as necessidades do processo produtivo. Os planos de lubrificação são à base da gestão da lubrificação, pois são eles que padronizam todos os passos para uma correta execução, além de conter dados primordiais como: localização do equipamento, tipo de ferramenta a ser utilizada, tipo de lubrificante e muitas vezes instruções para segurança do trabalhador.

Conforme Rousso (1990), em qualquer empreendimento industrial, independentemente do seu porte, o estabelecimento de um programa racional de lubrificação é fator primordial para a obtenção da melhor eficiência operacional dos equipamentos, influenciando de maneira direta nos custos industriais, pela redução do número de paradas para manutenção, diminuição das despesas com peças de reposição e com lubrificantes e pelo aumento da produção. Além desses aspectos podem ainda ser mencionados o aumento da vida útil dos equipamentos corretamente lubrificados e a melhoria das condições de segurança do serviço de lubrificação.

De acordo com Pinto e Xavier (2001), a quantidade de capital investido em itens físicos, juntamente com o aumento do custo deste capital, levaram as empresas a partir em

busca de meios para aumentar a vida útil dos itens físicos, o que nos remete a uma reflexão mais profunda acerca dos planos de lubrificação, pois é através da sua correta elaboração e aplicação, que se poderá obter um maior desempenho e aumento da vida útil dos equipamentos, com o menor custo possível.

No contexto globalizado em que as empresas estão inseridas, a disponibilidade e a confiabilidade das máquinas são fatores fundamentais para manter a empresa competitiva e lucrativa.

Segundo Soares (1994), com o elevado desempenho das máquinas modernas, a lubrificação exerce um trabalho de grande influência na redução do desgaste e no aumento do rendimento mecânico. O custo de manutenção passou também a se elevar muito em comparação aos outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que, hoje, são parte integrante da manutenção moderna.

Para implantar um sistema de gestão organizada da lubrificação, primeiramente é preciso elaborar os planos preventivos de manutenção. Pinto e Xavier (2001) afirmam que a manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou a evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos de tempo, contribuindo de forma efetiva no processo produtivo.

Xenos (1998) afirma que o plano de manutenção, que contem todas as ações preventivas necessárias, é à base do gerenciamento do departamento de manutenção. Por sua vez, o plano deve ser elaborado a partir das recomendações do fabricante do equipamento e da própria experiência acumulada pela empresa na operação de equipamentos similares. Este conhecimento deve ser consolidado nos padrões de manutenção, que são a origem das informações do plano.

O planejamento é um exercício de previsão de comportamento das variáveis que estarão (ou não) sob controle. Seu objetivo é mostrar os caminhos, as alternativas, as dúvidas e as possibilidades. Através do plano de lubrificação o lubrificador terá explicitado um caminho, e ficará ciente de onde e como lubrificar, com que frequências e que tipo de lubrificante utilizar.

Planejar é o processo de determinar os recursos e métodos necessários para executar trabalhos de manutenção eficientes e eficazes. Planejamento é diferente de programação. Em suma, o planejamento define o que e como, já a programação define quem e quando. A programação é um trabalho que deve ser identificado com antecedência e estar registrado em

um cronograma para que possa ser realizado de uma forma antecipada baseada em sua criticidade.

Para Moura e Carreteiro (1975), a lubrificação perfeita é a conjugação de seis fatores: tipo certo, qualidade certa, quantidade certa, condição certa, local certo e ocasião certa. A coordenação destes fatores mediante um correto controle é o que se chama de lubrificação organizada, que necessita dos seguintes princípios fundamentais: número mínimo e adequado de lubrificantes, adequado às exigências dos equipamentos, sistemática correta de armazenagem, manuseio e distribuição de lubrificantes, controle de serviços de lubrificação, controle do consumo de lubrificantes, codificação e identificação dos lubrificantes.

A elaboração e implantação de programas de lubrificação planejada, podem ser desenvolvidos por meio da execução de algumas fases, conforme fluxograma de trabalho apresentado na figura 22. Neste fluxograma são indicadas as ações a serem desenvolvidas, e seus responsáveis, como seguem:

Fase 1.0: Desenvolver o programa de lubrificação com o auxílio da manutenção, fabricante do equipamento, fornecedor do lubrificante e suprimentos;

Fase 2.0: Implementar o programa de lubrificação de forma a incluir não apenas os setores citados acima, como também o auxílio de um CMMS;

Fase 3.0: A manutenção tem o papel de gerir o programa de lubrificação;

Fase 4.0: A manutenção, os fabricantes dos equipamentos e fornecedores dos lubrificantes devem trabalhar em conjunto em busca da melhoria contínua do programa de lubrificação.

## **2 ESTUDO DE CASO**

O presente estudo de caso foi desenvolvido em uma indústria do setor alimentício, denominada por Empresa "X", localizada na região do Sul de Minas Gerais. Sendo que o mesmo foi realizado no período de janeiro de 2010 a setembro de 2011, na unidade que fabrica produtos elaborados a partir de um sistema complexo de secagem, onde a lubrificação se torna fator crucial para garantir a competitividade da empresa, garantindo a eficiência dos equipamentos envolvidos no processo produtivo, limitando-se ao estudo da elaboração e implantação de planos de lubrificação.

## 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Esta industria já esta inserida no mercado a mais de 50 anos, e é hoje uma das principais empresas de alimentos do Brasil, oferecendo uma grande variedade de produtos em sua linha, contando atualmente com 1200 funcionários diretos.

Atualmente a empresa conta com uma produção instalada para produzir 300 toneladas de massa por dia, sendo que hoje está produção já não é suficiente para atender o mercado, forçando a empresa estar sempre investindo em novos equipamentos, com maiores produção, e a maior complexidade mecânica e elevado índice de automação, ficando evidenciado a conseqüente responsabilidade da lubrificação para garantir a confiabilidade dos equipamentos envolvidos no processo produtivo, e a utilização de lubrificantes especiais, principalmente por se tratar de alimentos.



Figura 01: Vista interior máquina de massas  
Fonte: o autor

## 2.2 ANÁLISE DOS DADOS

Verificou-se que na empresa não havia um plano de lubrificação estruturado de forma a suprir todas as condições consideradas ideais para obtenção de uma lubrificação



satisfatória e segura. Existiam apenas dados relativos às últimas trocas, não evidenciando o prazo de validade do lubrificante e seu tempo de vida útil.

A análise dos dados foi feita baseada na comparação entre o referencial teórico descrito no capítulo 1 e as observações descritas no estudo de caso.

### **2.2.1 Sistema de Lubrificação Usado Atualmente**

A lubrificação era realizada por todos os mecânicos, a empresa não contava com um setor para emitir as ordens de serviço identificando os pontos de lubrificação, que deveriam ser atendidos semanalmente, mais conhecido como rota de lubrificação.

Verificou-se que os mecânicos que realizavam as lubrificações, desconheciam na maioria das vezes a quantidade e o tipo de lubrificante a ser utilizado, podendo colocar em risco a vida útil dos equipamentos como também a segurança alimentar.

Evidenciou-se também a falta de indicação dos equipamentos de lubrificação, o que acarretava em mistura entre dois lubrificantes de bases diferentes, favorecendo a contaminação e diminuindo a eficácia para qual o lubrificante foi fabricado.

Os lubrificantes eram adquiridos em sua maioria de um único fornecedor, no entanto, não havia assistência técnica para acompanhamento das trocas, envolvendo o fabricante, e não eram realizadas análises dos lubrificantes, ocasionando que as trocas eram realizadas em períodos pré estabelecidos sem nenhum conhecimento técnico, elevando os custos de manutenção, pois as trocas eram realizadas antes do vencimento da vida útil do lubrificante.

Seguidamente surgem dúvidas quanto ao tipo de lubrificante a ser aplicado em determinado ponto ou reservatório. Isso se deve ao fato de não haver uma correta identificação dos lubrificantes que devem ser aplicados e dos pontos de lubrificação, em linguagem operacional. Com isto o processo de relubrificação pode tornar-se mais oneroso para a empresa, já que é feito de forma mais lenta, à medida que o funcionário nem sempre tem certeza de qual o tipo de lubrificante deve ser aplicado. A dúvida é sanada após consulta aos manuais técnicos dos equipamentos, porém, nota-se uma recorrência desta lentidão, simplesmente pela troca do fabricante do lubrificante, ou em função da alteração da identificação nominal do lubrificante.

## 2.2.2 Desenvolvimento do Plano de Lubrificação

No início do ano de 2010 a empresa contratou uma equipe para ficar responsável pelo planejamento da lubrificação, onde o intuito era o de elaborar ferramentas para gerir o setor de manutenção, com intuito de reduzir os custos despendidos com equipamentos e lubrificantes, assim elaborou-se um plano de ação com o intuito de criar planos de lubrificação para todos equipamentos envolvidos no processo produtivo. Para isso foi criado uma equipe de lubrificação, envolvendo três funcionários da empresa, que divididos em setores, ficaram responsável por toda lubrificação a ser realizada no pastificio.

Os funcionários escolhidos para realizar esta tarefa, passaram por rigorosos treinamentos elaborados diretamente pelos novos fornecedores de lubrificantes, adquirindo conhecimento sobre os principais cuidados que se deve ter ao realizar a troca do lubrificante, diminuindo o índice de contaminação e aumentando a vida útil do lubrificante e conseqüentemente dos equipamentos.

Para evitar falhas nas trocas de lubrificantes, foi criado um quadro com cores, indicando o lubrificante contido no interior do equipamento, e colocado uma respectiva indicação em cada equipamento, visando facilitar a função do lubrificador, como pode ser visto.

Local	Tipo de Bombeamento	Graxa à Utilizar	Cores de Identificação	Lubrificar à cada :
Graxa para Mancais interno e externo	Bombeamento Automático	Graxa Shell FM-HD2 (grau alimenticio)	Amarelo	3 dias
Óleo para correntes	Bombeamento Automático	Óleo Shell Cassida Chain Fluido - 1000 (grau alimenticio)	Vermelho	3 dias
Redutores	Lubrificação Manual	Óleo Shell Tivela S 320	Verde	Cronograma
Motores Elétricos	Lubrificação Manual	Graxa Rocoli Sapphire Extreme 2	Cinza	Cronograma
Extratores de Tráfala	Lubrificação Manual	Óleo Shell Tellus 68	Azul	Cronograma
Compressores de Ar	Lubrificação Manual	Óleo Shell Cassida CR 46	Laranja	Cronograma

Figura 02: Tabela de cores de lubrificação

Com intuito de reduzir os custos com lubrificante, foi elaborado um cronograma específico de lubrificação, com datas e metas, a serem cumpridas pela nova equipe montada para atender toda à fábrica, para que ao final de julho de 2010, a implantação dos planos de lubrificação esteja em uso de forma efetiva.

O plano de lubrificação será formulado pela equipe de planejamento de manutenção da empresa juntamente com o coordenador de manutenção e em parceria com o fornecedor técnico dos lubrificantes, e com o auxílio de todos os técnicos de manutenção, com base nos manuais dos equipamentos e nas experiências dos envolvidos na lubrificação.

As etapas para a implantação do plano de lubrificação serão as seguintes:

Elaboração do plano: estrutura do plano corporativo e definição de conceitos, desenvolvimento da ficha de lubrificação e análise de riscos de contaminação com os lubrificantes, a ser realizado pela engenharia de manutenção.

Levantamento dos dados através da equipe de manutenção: definição da equipe de execução, levantamento dos equipamentos prioritários, levantamento dos equipamentos comuns, levantamento da infra-estrutura de lubrificação.

A primeira providência para a elaboração e implantação do plano de lubrificação será um levantamento cuidadoso das máquinas e equipamentos e de suas condições reais de operação, que será feito em cada setor da empresa, sendo que, as máquinas e equipamentos serão especificados de tal maneira que possam ser identificados de forma inequívoca.

Foram elaboradas orientações para os lubrificadores, com intuito de reforçar o aprendizado, evitando falhas nos processos de lubrificação, sendo as seguintes:

- Uso dos equipamentos de lubrificação adequadamente;
- Uso adequado do lubrificante recomendado pelo plano de lubrificação;
- Uso da quantidade certa de lubrificante;
- Limpeza das áreas a serem lubrificadas;
- Localização de todos os pontos de aplicação antes de iniciar o serviço;
- Parada do equipamento antes de iniciar a lubrificação se necessário;
- Drenagem dos reservatórios nas ocasiões de troca;
- Utilização de 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;

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 sabão, evitando contaminação do alimento durante o resto da sua jornada de trabalho.

O funcionário da empresa devidamente treinado tem que saber a quantia correta de um lubrificante prescrito para uma aplicação específica e como medir isto. Isto é fundamental para que evolua qualquer procedimento novo, assegurando que a prática prescrita será seguida e os resultados desejados estão sendo alcançados, ou seja, um sistema de lubrificação planejado só atinge seus propósitos se os homens nela envolvidos cumprirem sua parte, no que tange à execução. Os homens-chaves são os lubrificadores, e as melhorias só serão sentidas se eles seguirem rigorosamente as orientações dadas no treinamento.

Os equipamentos de lubrificação serão identificados por cores, de tal forma que a cor indicará o uso de lubrificantes convencionais (tóxicos), ou uso de lubrificantes de grau alimentício (atóxico).



Figura 03: Equipamentos identificados com as cores da tabela

Fonte: empresa X

Em alguns pontos de lubrificação, como por exemplo a corrente dos pisos de secagem, os procedimentos de lubrificação eram elaborados de forma manual, com pincel e um lubrificador de cada lado do piso, durante um período de oito horas, assim para reduzir os custos homem hora de lubrificação, foi realizado um trabalho pela própria equipe de manutenção, utilizando de equipamentos já existentes na empresa, automatizando parcialmente as lubrificações nestes pontos, permitindo ao lubrificador apenas acompanhar o processo de lubrificação.



Figura 04: Lubrificação manual das correntes dos pisos de secagem

Fonte: empresa X



Figura 05: Adaptação de baixo custo, realizada pela equipe de lubrificação

Fonte: empresa X

### 2.2.3 Mudanças no setor Lubrificação

O plano de lubrificação foi implantado em toda planta industrial, sendo observadas as datas das trocas anteriores, realizando acompanhamento da real situação do lubrificante através de análises de ferrografia.

Com a realização do acompanhamento dos lubrificantes, ficou evidenciado que em alguns equipamentos do processo produtivo, principalmente os que estavam inseridos em ambiente de maior temperatura, a vida útil do lubrificante de base mineral era muito pequena, assim foi realizado um estudo de viabilidade da utilização de lubrificante sintético.

Os lubrificantes sintéticos fornecidos pelos atuais fornecedores da empresa, não correspondiam as reais necessidades dos equipamentos da empresa, assim foram contatados novos fornecedores, que aceitaram o desafio de duplicar o tempo de troca do lubrificante nos pontos mais críticos do processo, de maior temperatura ambiente e alta umidade.

Durante o período de testes dos novos lubrificantes nos equipamentos, o monitoramento foi constante, onde chegou-se a realizar análises dos lubrificantes a cada dois meses, tudo com intuito de garantir a vida útil do equipamento, e paralelamente, acompanhar estado físico do lubrificante.

Após o período inicial de testes, constatou-se que o lubrificante sintético, mesmo sendo duas vezes mais caro que o lubrificante mineral, atendeu as necessidades dos equipamentos, e ainda resultou em uma redução de custo real de 15% no período de um ano, pelo fato de triplicar o tempo de troca dos lubrificantes, diminuindo os trabalhos de lubrificação, e otimizando tempo de paradas de máquinas para troca de lubrificante.

Os lubrificantes utilizados nas correntes dos pisos de secagem, não eram atóxicos, mas após estudos realizados pela equipe de planejamento, acompanhado dos novos fornecedores e envolvendo a equipe de controle de qualidade, ficou evidenciado que existia a possibilidade do produto final entrar em contato com o lubrificante, contaminando o produto.

Assim foi realizada a troca dos lubrificantes antigos, para lubrificantes atóxicos em todos os pontos do processo produtivo, onde existisse risco eminente de contato do produto final com o lubrificante, tudo para garantir a qualidade do produto.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontradas dificuldades com relação a periodicidade de troca dos lubrificantes, pois o tempo antes praticado pela equipe de manutenção, não correspondia com o estipulado pelo fabricante do lubrificante, assim, foi preciso acompanhar o estado físico do lubrificante nos equipamentos de maiores quantidades de óleo por troca, através de análises realizadas em um curto intervalo de tempo, para diagnosticar o prazo correto de troca dos lubrificantes.

Foi necessário um estudo conjunto do setor de qualidade e planejamento da manutenção para diagnosticar o tipo de óleo utilizados nos pontos onde tem possibilidade do lubrificante entrar em contato com produto final, assim foram modificados os lubrificantes antes utilizados pela equipe de manutenção, por lubrificantes atóxicos, onde antes de escolher a marca a ser utilizada, foram realizados testes com três empresas fornecedoras de lubrificantes especiais.

Um fator muito importante que passou a ser considerado pela equipe de planejamento de manutenção, foi com relação a questão ambiental onde envolve principalmente o descarte de lubrificantes, assim em conjunto com o grupo de engenheiros responsáveis pela departamento ambiental da empresa, foi encontrada uma empresa para realizar o refino do óleo, para prolongar o uso do lubrificante impedindo de ser descartado no meio ambiente.

## CONCLUSÃO

Ao finalizar o estudo de caso, constatou-se que muitos dos objetivos propostos inicialmente foram alcançados com sucesso, trazendo um grande benefício para empresa em questão, como redução no valor anual gastos com lubrificantes, garantia da qualidade de seus produtos, com a utilização de produtos atóxicos, pessoal treinado e apto a realizar qualquer intervenção no equipamento, com relação ao tipo de lubrificante a ser utilizado em cada local específico.

Criação de um controle do equipamento, onde se registra toda troca de lubrificante, e qualquer intervenção a ser realizada no equipamento, implantação dos cronogramas de lubrificação, e roteiros semanais a serem executados pelos lubrificadores.

Demonstrar aos lubrificadores sua real importância para equipe de manutenção, gerando um ganho motivacional e empenho da equipe escolhida para realizar o projeto e continuar o trabalho apenas iniciado.

Embora os objetivos iniciais citados acima tenham sido atingidos, nem todos os propostos inicialmente foram atingidos, pois a implantação dos planos de lubrificação ainda está em processo de desenvolvimento e implantação.

Com a implementação do plano de lubrificação em todas as suas etapas, espera-se sanar a necessidade de padronização na execução dos serviços de lubrificação, para que ele possa ser feito por qualquer membro da equipe de manutenção que esteja devidamente treinado, sem que haja discordância em relação à quantidade e identificação dos pontos a lubrificar.

Acredita-se que a através da forma como está sendo elaborado o plano de lubrificação será possível adequar os serviços de lubrificação ao sistema de gerenciamento de qualidade e segurança alimentar, já que existem normas rigorosas quanto ao uso de determinados lubrificantes em equipamentos onde há o risco de contato com os alimentos.

O uso das fichas de lubrificação, aliadas a identificação do ponto de lubrificação, do equipamento de lubrificação e do lubrificante, com a cor referente à classe do lubrificante, deverá trazer uma maior segurança e garantia de que o lubrificante certo, na quantidade correta, no ponto especificado está sendo aplicado com o mínimo de erro possível.

Contudo este trabalho foi de extrema importância para redução anual dos custos de manutenção apresentados pela empresa X, e espera-se que os trabalhos iniciados, sejam



continuados pela equipe formada e treinada, para com o passar dos anos, garantir a confiabilidade, e produtividade dos equipamentos, favorecendo para o desenvolvimento do setor industrial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, Olavo A. L. Pires. **Lubrificação**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1977. 138 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade - terminologia. Rio de Janeiro, 1994. 37p.
- EMPRESA X. **Procedimentos de Lubrificação e Análises de Riscos com Lubrificantes**. [S.l.]: [s.n.], 2010. 16 p. Manual.
- MOURA, Carlos R. S.; CARRETEIRO, Ronaldo P. **Lubrificantes e Lubrificação**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 446 p.
- PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Julio Aquino Nascif. **Manutenção Estratégica**. 2ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 341p.
- ROUSSO, José. **Lubrificação Industrial**. 4ed. Rio de Janeiro: CNI/DAMPI, 1990. 125 p.
- SOARES, Rui Abreu. **Manutenção Preventiva**. 1ed. Rio de Janeiro: CNI, 1994. 59p.
- TEXACO. **Fundamentos da lubrificação**. [S.l.]: Chevron Brasil Ltda, 2005. 74 p. Apostila.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. 1ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2002. 192 p.
- XENOS, Harilaus Geogius D. Philips. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva**. 1ed. Belo Horizonte: DG, 1998. 302 p.