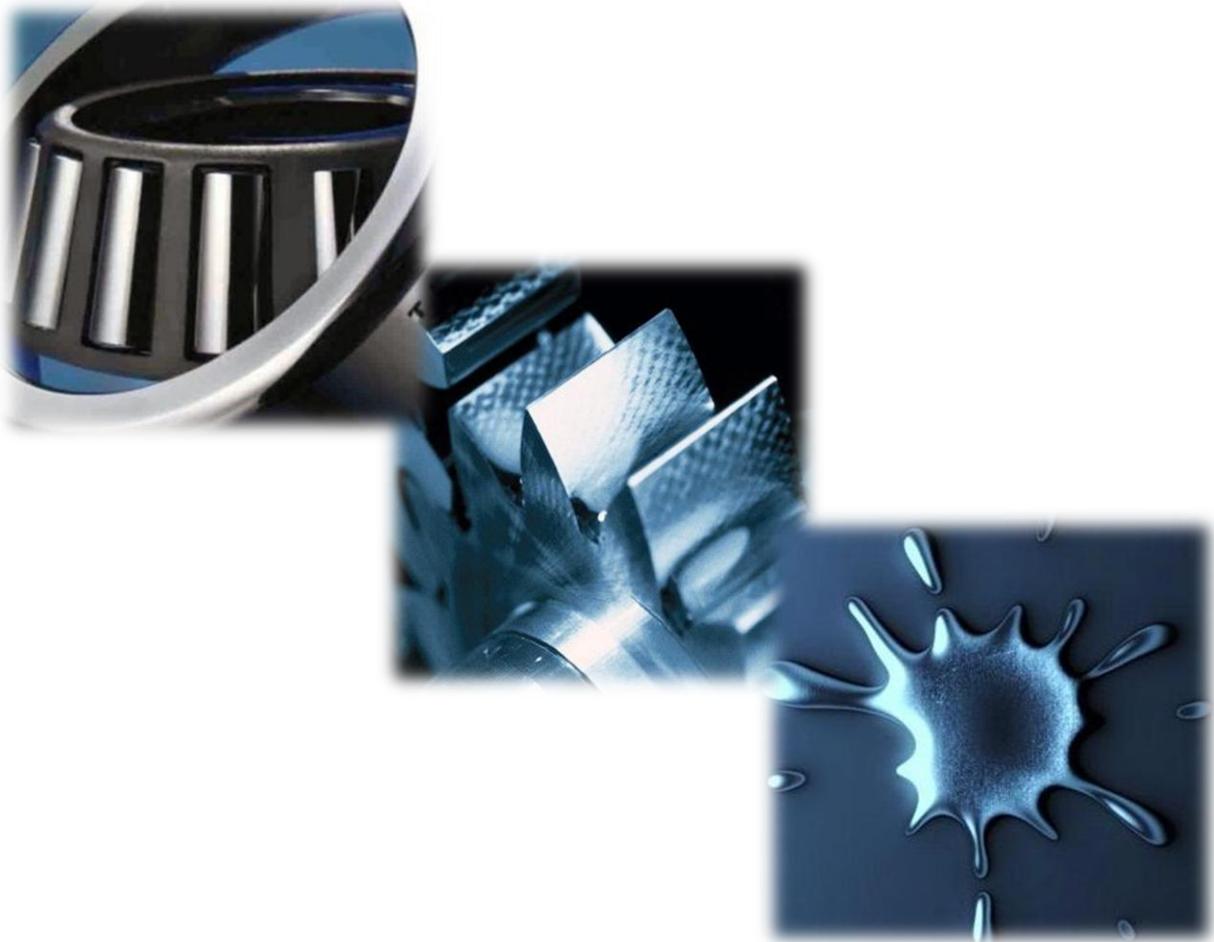


# Apostila de Lubrificação



## **LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL (Simples)**

### **Conteúdo:**

1. Considerações iniciais
2. Atrito
3. Lubrificação Correta
4. Tipos de Lubrificação
5. Seleção Geral dos Lubrificantes
6. Funções dos Lubrificantes
7. Problemas causados por lubrificação deficiente:
8. Película Lubrificante
9. Classificação da Lubrificação
10. Cunha Lubrificante
11. Métodos de lubrificação a Óleo
12. Métodos de lubrificação a Graxa
13. Precauções na aplicação de lubrificantes
14. Classificação dos Lubrificantes
15. Especificações de lubrificantes
16. Definições de Termos Genéricos
  - A. Viscosidade
  - B. Ponto de Fulgor
  - C. Ponto de fluidez
  - D. Água por destilação
  - E. Água e sedimentos
  - F. Número de neutralização
  - G. Demulsibilidade
  - H. Diluição
  - I. Consistência
  - J. Ponto de gota
  - K. Espectroscopia
  - L. Infravermelho
  - M. Cor
17. Graxa ou Óleo?
18. Óleos Minerais
19. Óleos sintéticos
20. Óleos Hidráulicos
21. Fluido de Corte
22. Aditivos para Óleos
23. Graxas
  - A. Entre as vantagens Desvantagens
  - B. Componentes de uma Graxa Lubrificante:
  - C. Aditivos para Graxas
  - D. Vantagens e desvantagens dos diversos tipos de graxas
  - E. Descrição de alguns dos Principais tipos de Graxas
  - F. Consistência de graxas
  - G. Ponto de gota
  - H. Miscibilidade

## 1. Porque Lubrificar

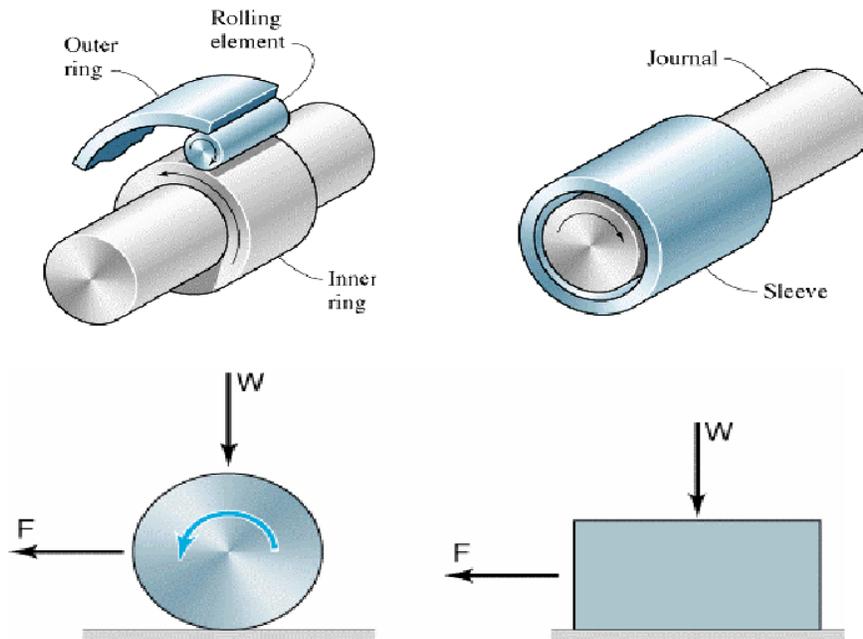
Uma vez que o atrito e o desgaste provêm do contato das superfícies, a melhor maneira de reduzi-los é manter as superfícies separadas por uma camada de lubrificante, reduzindo o desgaste e o calor gerado, aumentando o desempenho geral.

## 2. Atrito

Resistência ao movimento de um corpo sobre outro durante o deslizamento, gerando calor, perda de potência e desgaste. Como o atrito fluido é sempre menor que o atrito sólido, a lubrificação consiste na interposição de uma substância fluida entre duas superfícies, evitando, assim, o contato sólido com sólido, e produzindo o atrito fluido.

O atrito sólido pode se manifestar de duas maneiras: como atrito de deslizamento e como atrito de rolamento. No atrito de deslizamento, os pontos de um corpo ficam em contato com pontos sucessivos do outro. No caso do atrito de rolamento, os pontos sucessivos de um corpo entram em contato com os pontos sucessivos do outro. O atrito de rolamento é bem menor do que o atrito de deslizamento.

### Tipos de Atrito “Friction”



### As leis que regem o atrito de deslizamento são as seguintes:

- **1ª Lei** - O atrito é diretamente proporcional à carga aplicada
- **2ª Lei** - O atrito, bem como o coeficiente de atrito, independem da área de contato aparente entre superfícies em movimento.
- **3ª Lei** - O atrito cinético (corpos em movimento) é menor do que o atrito estático (corpos sem movimento), devido ao coeficiente de atrito cinético ser inferior ao estático.
- **4ª Lei** - O atrito diminui com a lubrificação e o polimento das superfícies, pois reduzem o coeficiente de atrito.

### As leis do atrito de rolamento são as seguintes:

- **1ª Lei** - A resistência ao rolamento é diretamente proporcional à carga aplicada.
- **2ª Lei** - O atrito de rolamento é inversamente proporcional ao raio do cilindro ou esfera.



## Tipos de Desgaste

### Abrasivo

Polimento e abrasão por partículas de desgaste ou contaminantes sólidos.

### Adesivo

Soldadura das rugosidades em regimes de lubrificação mista ou limite.

### Corrosivo

Reação química pelo ambiente envolvente.

### Pitting

Causado pela fadiga da superfície por contacto de rolamento.

### Erosão (Cavitação)

Formação e rebentamento de bolhas nas superfícies devido a mudanças rápidas de pressão.

## 3. Lubrificação Correta

O ponto só recebe “*lubrificante certo*” 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.

## 4. Tipos de Lubrificação

**Lubrificação Hidrodinâmica** - Criação de uma película de carga hidrodinâmica.

**Lubrificação Hidrostática** - Realizada sob pressão

**Lubrificação Limítrofe** - É a situação onde, embora exista um filme lubrificante, este não é suficientemente espesso para evitar o contato metálico.

## 5. Seleção Geral dos Lubrificantes

### Parâmetros das Superfícies a Lubrificar:

- Carga que o contacto pode suportar;
- Débito de fluido necessário ao funcionamento do mecanismo;
- Força de atrito;
- Energia dissipada pelo mecanismo;
- Temperatura máxima de contacto.

### Parâmetros do Lubrificante:

- Viscosidade do Lubrificante;



- Carga (pressão);
- Velocidade relativa de escorregamento entre as superfícies;
- Temperatura.

## 6. Funções dos Lubrificantes

- **Controle de atrito** - transformando o atrito sólido em atrito fluido, reduzindo assim a perda de energia.
- **Controle do desgaste** - reduzindo ao mínimo o contato entre as superfícies de origem do desgaste.
- **Controle da temperatura** - absorvendo o calor gerado pelo contato de superfícies (motores, operações de corte, etc.);
- **Controle da corrosão** - evitando que a ação de ácidos destrua os metais.
- **Amortecimento de choques** - transferindo energia mecânica para energia fluida.
- **Remoção de contaminantes** - evitando a formação de borras e vernizes.
- **Vedação** - impedindo a saída de lubrificantes e a entrada de partículas ou fluidos estranhos.
- **Limpeza**
- **Transmissão de força**

## 7. Problemas causados por lubrificação deficiente:

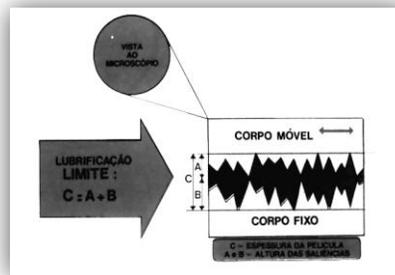
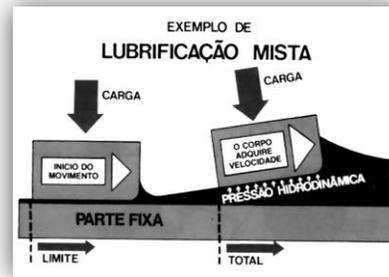
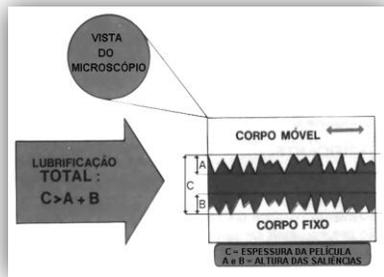
- Aumento do atrito
- Aumento do desgaste
- Aquecimento
- Dilatação das peças
- Desalinhamento
- Ruídos
- Grimpagem
- Ruptura das peças

## 8. Película Lubrificante

Para que haja formação de película lubrificante, é necessário que o fluido apresente adesividade, para aderir às superfícies e ser arrastada por elas durante o movimento, e coesividade, para que não haja rompimento da película. A propriedade que reúne a adesividade e a coesividade de um fluido é denominada oleosidade.

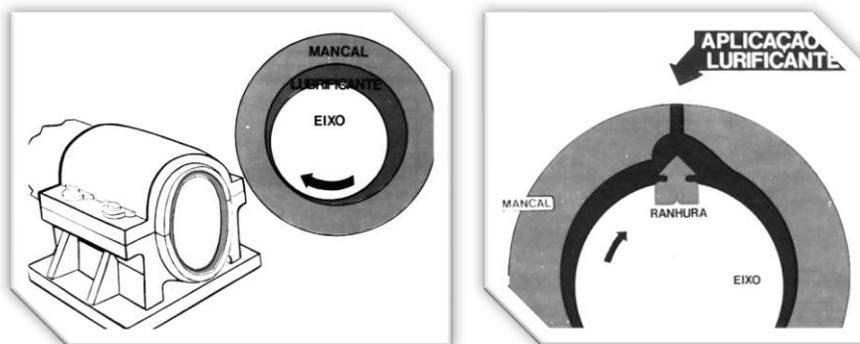
## 9. Classificação da Lubrificação

- Lubrificação total ou fluida, a película lubrificante separa totalmente as superfícies, não havendo contato metálico entre elas, isto é, a película possui espessura superior à soma das alturas das rugosidades das superfícies.
- Na lubrificação limite, a película, mais fina, permite o contato entre as superfícies de vez em quando, isto é, a película possui espessura igual à soma das alturas das rugosidades das superfícies.
- Na lubrificação mista, podem ocorrer os dois casos anteriores.



## 10. Cunha Lubrificante

Os mancais são suportes que mantêm as peças (geralmente eixos) em posição ou entre limites, permitindo seu movimento relativo. Os mancais de deslizamento possuem um espaço entre o eixo e o mancal denominado folga. As dimensões da folga são proporcionais ao diâmetro "d" do eixo (0,0006d a 0,001d) e suas funções são suportar a dilatação e a distorção das peças, bem como neutralizar possíveis erros mínimos de alinhamento. Além disso, a folga é utilizada para introdução do lubrificante. O óleo introduzido na folga adere às superfícies dos eixo e do mancal, cobrindo-as com uma película de lubrificante. Para permitir a rápida distribuição do óleo lubrificante ao longo do mancal, nele são feitas as ranhuras. A eficiência da distribuição depende do formato e da localização das ranhuras.



## 11. Métodos de lubrificação a Óleo

### A. Por Gravidade

#### Lubrificação manual

A lubrificação manual é feita por meio de almotolias e não é muito eficiente, pois, não produz uma camada homogênea de lubrificante.

**Copo conta gotas**

Esse é o tipo de copo mais comumente usado na lubrificação industrial, sua vantagem está na possibilidade de regular a quantidade de óleo aplicado sobre o mancal.

**B. Por Capilaridade****Copo com mecha**

Nesse dispositivo, o lubrificante flui através de um pavio que fica encharcado de óleo. A vazão depende da viscosidade do óleo, da temperatura e do tamanho e traçado do pavio.

**Por estopa ou almofada**

Por esse método, coloca-se uma quantidade de estopa (ou uma almofada feita de tecido absorvente) embebida em óleo em contato com a parte inferior do eixo. Por ação capilar, o óleo de embebição escorrega pela estopa (ou pela almofada) em direção ao mancal.

**C. Por Salpico**

Na lubrificação por salpico, o lubrificante contido num depósito (ou carter) é borrifado por meio de uma ou mais peças móveis. Esse tipo de lubrificação é muito comum, especialmente em certos tipos de motores.

**D. Lubrificação por anel ou por corrente**

Nesse método de lubrificação, o lubrificante fica em um reservatório abaixo do mancal. Um anel, cuja parte inferior permanece mergulhada no óleo, passa em torno do eixo. Quando o eixo se movimenta, o anel acompanha esse movimento e o lubrificante é levado ao eixo e ao ponto de contato entre ambos. Se uma maior quantidade de lubrificante é necessária, utiliza-se uma corrente em lugar do anel. O mesmo acontecerá se o óleo utilizado for mais viscoso.

**E. Lubrificação por colar**

O método é semelhante a lubrificação por anel, porém, o anel é substituído por um colar fixo ao eixo. O óleo transportado pelo colar vai até o mancal por meio de ranhuras. Emprega-se esse método em eixos de maior velocidade ou quando se quer óleo mais viscoso.

**F. Por Imersão****Lubrificação por banho de óleo**

Nesse método, as peças a serem lubrificadas mergulham total ou parcialmente num recipiente de óleo. O excesso de lubrificante é distribuído por meio de ranhuras a outras peças. O nível do óleo deve ser constantemente controlado porque, além de lubrificar, ele tem a função de resfriar a peça. Esse tipo de lubrificação é empregado em mancais de rolamentos de eixos horizontais e em caixas de engrenagens.

**G. Por Sistema Forçado****Lubrificação por perda**

É um sistema que utiliza uma bomba que retira óleo de um reservatório e força-o por entre as superfícies metálicas a serem lubrificadas. Esse método é empregado na lubrificação de cilindros de compressores e de mancais.

**Lubrificação por circulação**

Neste sistema o óleo é bombeado de um depósito para as partes a serem lubrificadas. Após a passagem pelas peças, o óleo volta para o reservatório.

**12. Métodos de lubrificação a Graxa****A. Lubrificação manual com pincel ou espátula**

É um método através do qual se aplica uma película de graxa sobre a peça a ser lubrificada.

**B. Lubrificação manual com pistola**

Nesse método a graxa é introduzida por intermédio do pino graxeiro de uma bomba manual.



### **C. Copo Stauffer**

Nesse método os copos são enchidos com graxa e, ao se girar a tampa a graxa é impelida pelo orifício, localizada na parte inferior do copo.

### **D. Lubrificação por enchimento**

Esse método de lubrificação é usado em mancais de rolamento. A graxa é aplicada manualmente até 1/3 da capacidade do depósito.

### **E. Sistema centralizado**

O sistema centralizado é um método de lubrificação a graxa ou a óleo que tem a finalidade de lubrificar um elevado número de pontos, independentemente de sua localização. Esse sistema possibilita o abastecimento da quantidade exata de lubrificante, além de reduzir custos de mão de obra de lubrificação. Um sistema centralizado completo possui os seguintes componentes: bomba e manômetro; redes de suprimento (principal e distribuidores; válvulas e porca de compressão; conexões e joelhos; acoplamentos e uniões).

### **F. Sistema operado manualmente**

É empregado na lubrificação de pontos de moderada frequência. Geralmente são circuitos pequenos. Nem sempre esse sistema requer retorno do óleo, e por isto, é adequado para tipo perda total.

### **G. Sistema automatizado**

Empregam-se os automáticos, onde há necessidade de lubrificação contínua. Há um dispositivo acoplado ao motor elétrico que permite regular o número de operações por hora de efetivo trabalho.

## **13. Precauções na aplicação de lubrificantes**

Antes de se aplicar um lubrificante - óleo ou graxa - a uma máquina, é indispensável ter a certeza de que o produto está limpo, isento de contaminações e com suas características típicas dentro das faixas normais. Para isso, cuidados especiais devem ser tomados com relação ao manuseio e armazenamento dos tambores ou baldes de lubrificantes, assunto que será abordado mais adiante.

- a) Na lubrificação por ALMOTOLIA, a aplicação do óleo deve ser periódica e regular, evitando-se sempre os excessos e vazamentos.
- b) Nos dispositivos semiautomáticos, tais como COPO CONTA-GOTAS, COPO COM AGULHA ou TORCIDA etc., os níveis devem ser verificados periodicamente.
- c) Com lubrificadores do tipo PERDA TOTAL DE ÓLEO, os níveis devem ser estabelecidos cuidadosamente. Por ocasião do enchimento, certificar-se de que o mecanismo funciona corretamente, a agulha está livre ou a torcida está em boas condições para conduzir o óleo aos pontos de aplicação.
- d) Nos casos de lubrificação POR ESTOPA, esta deverá estar corretamente embebida e ter contato completo com o munhão a lubrificar.
- e) Nos casos de PEQUENOS BANHOS DE ÓLEO, os níveis serão periodicamente revistos e, se necessário, completados.
- f) Quando houver ANEL lubrificador, deve-se estar certo de que ele gira com velocidade normal e conduz bem o óleo do banho.
- g) LUBRIFICADORES MECÂNICOS devem ter seu mecanismo bem ajustado, a fim de medir a quantidade correta do óleo. Os visores devem estar limpos, sem a presença de água ou impurezas. O óleo deve ser adicionado com a necessária frequência.



h) Em sistemas de LUBRIFICAÇÃO FORÇADA, é importante manter os níveis, deixar limpos os filtros, observar periodicamente as pressões e as temperaturas.

## 14. Classificação dos Lubrificantes

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

- **Os lubrificantes líquidos** são os mais empregados na lubrificação. Podem ser subdivididos em: óleos minerais puros, óleos graxos, óleos compostos, óleos aditivados e óleos sintéticos.
- **Os óleos minerais puros** são provenientes da destilação e refinação do petróleo.
- **Os óleos graxos** podem ser de origem **animal** ou **vegetal**.

Foram os primeiros lubrificantes a serem utilizados, sendo mais tarde substituídos pelos óleos minerais. Seu uso nas máquinas modernas é raro, devido à sua instabilidade química, principalmente em altas temperaturas, o que provoca a formação de ácidos e vernizes. Os principais óleos graxos são:

- **Óleos animais**
  - de sebo bovino (tallow oil)
  - de mocotó (neat's foot oil)
  - de baleia (sperm oil)
  - de banha de porco (lard oil)
  - de lanolina (degras oil)
- **Óleos vegetais**
  - de mamona (castor oil)
  - de colza (rape seed oil)
  - de palma (palm oil)
  - de oliva (olive oil)

- **Os óleos aditivados** são óleos minerais puros, aos quais foram adicionados substâncias comumente chamadas de aditivos, com o fim de reforçar ou acrescentar determinadas propriedades.
- **Os óleos sintéticos** são provenientes da indústria petroquímica. São os melhores lubrificantes, mas são também os de custo mais elevado. Os mais empregados são os polímeros, os diésteres etc. Devido ao seu custo, seu uso limitado aos locais onde os óleos convencionais não podem ser utilizados.
- **Os óleos compostos** são constituídos de misturas de óleos minerais e graxos. A percentagem de óleo graxo é pequena, variando de acordo com a finalidade do óleo. Os óleos graxos conferem aos óleos minerais propriedades de emulsibilidade, oleosidade e extrema pressão.

## 15. Especificações de lubrificantes

A especificação descreve as exigências mínimas e métodos de teste para produtos que foram determinados pelo fabricante de máquinas. A especificação mais conhecida para fabricantes de graxas e óleos é, por exemplo, a especificação MIL do exército dos Estados Unidos. Outro exemplo são as especificações AGMA "American-Gear-Manufactures-Association" que incluem recomendações para óleos de câmbios em 9 faixas de viscosidade. A principal ferramenta para determinar estas exigências e métodos de teste são as normas de ensaios, como, por exemplo, normas DIN, ASTM, ISO VG etc. Estas normas facilitam a escolha mais correta possível do lubrificante a ser usado e assim pode ser obtido um bom funcionamento do elemento de máquina durante a sua vida útil esperada.

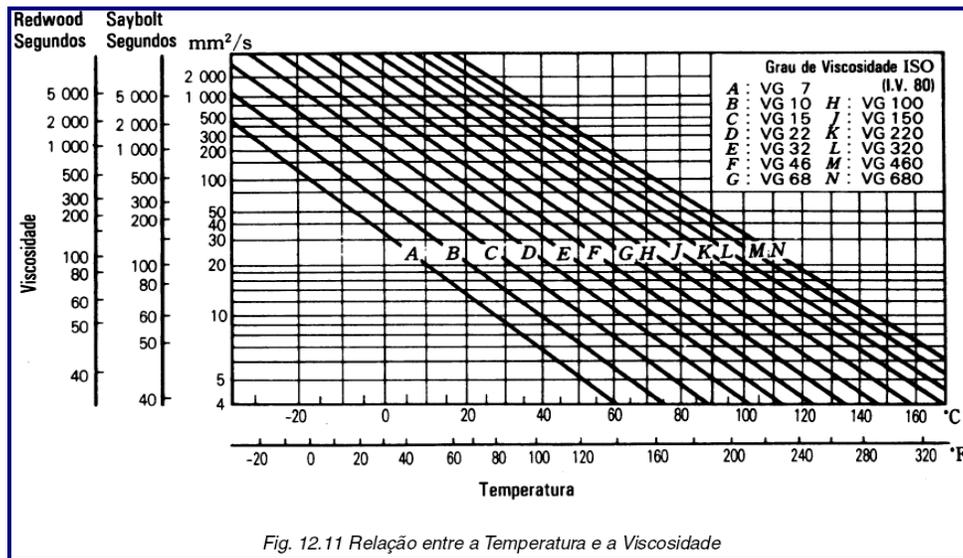
**DIN** é a norma Alemã de Indústrias: Deutsche Industrie Norm. **ASTM** (American Society for Testing Materials) é a associação de profissionais nos Estados Unidos para a normatização de métodos de testes e determinações para especificações de lubrificantes. Para determinar a consistência de graxas usa-se na maioria dos casos a especificação NLGI = National Lubrication Grease Institute (USA). Exemplo: Molykote BR-2 plus, aonde o número dois indica a consistência da graxa. Na página consistência de graxas você pode encontrar uma tabela da NLGI sobre este assunto.

## 16. Definições de Termos Genéricos

### A. Viscosidade

É a principal propriedade física de óleos lubrificantes. A viscosidade está relacionada com o atrito entre as moléculas do fluido, podendo ser definida como a resistência ao escoamento que os fluidos apresentam sob influência





### Métodos de Medição da Viscosidade

A viscosidade é determinada em aparelhos chamados **viscosímetros**.

São os seguintes os viscosímetros mais comumente usados para medir viscosidade de óleo lubrificantes:

- *Saybolt* (**Estados Unidos**)
- *Redwood* (**Inglaterra**)
- *Engler* (**Alemanha**)
- *Cinmático* (**Uso Universal**)

Temperatura de Trabalho	Rotação	Carga Normal ou Leve	Carga de Impacto ou Pesada
-30 ~ 0°C	Abaixo do limite de rotação	ISO VG 15, 22, 32 (óleo para máquinas de refrigeração)	-
0 ~ 50°C	Abaixo de 50% do limite de rotação	ISO VG 32, 46, 68 (óleo para rolamento, óleo para turbina)	ISO VG 46, 68, 100 (óleo para rolamento, óleo para turbina)
	Entre 50 ~ 100% do limite de rotação	ISO VG 15, 22, 32 (óleo para rolamento, óleo para turbina)	ISO VG 22, 32, 46 (óleo para rolamento, óleo para turbina)
	Acima do limite de rotação	ISO VG 10, 15, 22 (óleo para rolamento)	-
50 ~ 80°C	Abaixo de 50% do limite de rotação	ISO VG 100, 150, 220 (óleo para rolamento)	ISO VG 150, 220, 320 (óleo para rolamento)
	Entre 50 ~ 100% do limite de rotação	ISO VG 46, 68, 100 (óleo para rolamento, óleo para turbina)	ISO VG 68, 100, 150 (óleo para rolamento, óleo para turbina)
	Acima do limite de rotação	ISO VG 32, 46, 68 (óleo para rolamento, óleo para turbina)	-
80 ~ 110°C	Abaixo de 50% do limite de rotação	ISO VG 320, 460 (óleo para rolamento)	ISO VG 460, 680 (óleo para rolamento, óleo para engrenagem)
	Entre 50 ~ 100% do limite de rotação	ISO VG 150, 220 (óleo para rolamento)	ISO VG 220, 320 (óleo para rolamento)
	Acima do limite de rotação	ISO VG 68, 100 (óleo para rolamento, óleo para turbina)	-

### B. Ponto de Fulgor



Ponto de fulgor ou lampejo é a temperatura em que o óleo, quando aquecido em aparelho adequado, desprende os primeiros vapores que só inflamam momentaneamente (lampejo) ao contato de uma chama.

### **C. Ponto de fluidez**

Ponto de fluidez é a menor temperatura, expressa em múltiplos de 3°C, na qual a amostra ainda flui, quando resfriada e observada sob condições determinadas.

### **D. Água por destilação**

Determina a porcentagem de água presente em uma atmosfera de óleo.

### **E. Água e sedimentos**

Por esse método, podemos determinar o teor de partículas insolúveis contidas numa amostra de óleo, somadas com a quantidade de água presente nesta mesma amostra.

### **F. Número de neutralização**

Este teste determina a quantidade e o caráter ácido ou básico dos produtos. As características ácidas ou básicas dependem da natureza do produto, do conteúdo de aditivos, do processo de refinação e da deterioração em serviço.

### **G. Demulsibilidade**

Demulsibilidade é a capacidade que possuem os óleos de se separarem da água.

### **H. Diluição**

Dá-nos a porcentagem de combustível que se apresenta como contaminante numa amostra de óleo lubrificante.

### **I. Consistência**

Consistência de uma graxa é a resistência que esta opõe à deformação sob a aplicação de uma força.

### **J. Ponto de gota**

O ponto de gota de uma graxa é a temperatura em que se inicia a mudança de estado pastoso para o estado líquido (primeira gota).

### **K. Espectroscopia**

Trata-se de uma técnica amplamente utilizada na determinação qualitativa e quantitativa de metais em óleos lubrificantes. Os elementos metálicos podem ser provenientes da aditivação (melhoradores de desempenho) e/ou de desgaste. Atualmente há equipamentos que podem determinar a concentração em parte por milhão (PPM) de 20 elementos simultaneamente. Os principais tipos de espectrômetros usados são: absorção atômica, espectrômetro de emissão atômica, plasma, raios-X e fluorescência, todos apresentam vantagens e desvantagens na sua utilização, daí as empresas optarem por aquele que melhor atende as expectativas definidas no atendimento de seus clientes.

### **L. Infravermelho**

**Transformada de Fourier** - A espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier é uma técnica que está sendo aceita como um método rápido que permite quantificar: oxidação, nitração, fuligem, sulfatação, água, diluição por combustível, contaminação por glicol e depleção de aditivos.

### **M. Cor**

Os óleos lubrificantes variam de cor, desde transparentes (incolores) até pretos (opacos). A cor pode ser observada por transparência, isto é, contra luz, ou por luz refletida. Existem diversos aparelhos para se determinar a cor de óleos lubrificantes: calorímetros Union, Lovibond, Tag-Robinson e Saybolt. Para óleos do mesmo tipo, o mais claro possui menos viscosidade. É preciso lembrar, porém, que existem óleos de alta viscosidade e cor clara.

## **17. Graxa ou Óleo?**



## Lubrificação a óleo ou a massa?

### Óleos

- Fluidos
- Escapam do local de aplicação
  - Troca de calor (arrefecimento)
  - Remoção de partículas
  - Remoção de resíduos
- Classificação



Viscosidade (SAE; ISO VG)

### Massas

- Semi-fluida/semi-sólida
- Ficam no local de aplicação
  - Vedam
  - Não arrefecem os componentes
  - Não limpam os componentes
- Classificação



Consistência (NLGI) 

Item	Lubrificação a Graxa	Lubrificação a Óleo
Configuração do alojamento e sistema de vedação	Simplificada	Torna-se um pouco complexa e necessita de cuidados na manutenção
Velocidade de rotação	O limite permissível é de 65 ~ 80% da lubrif. a óleo	Aplicável também em altas rotações
Trabalho de resfriamento Efeito de resfriamento	Não tem	Permite retirar o calor com eficiência (como no caso do método de circulação do óleo)
Fluidez	Inferior	Muito bom
Substituição do Lubrificante	Um pouco complexa	Relativamente fácil
Filtragem de impurezas	Difícil	Fácil
Sujeira por vazamento	Reduzido	Inadequada para locais em que a sujeira é desagradável

## 18. Óleos Minerais

O óleo lubrificante pode ser formulado somente com óleos básicos (óleo mineral puro) ou agregados e aditivos. Inicialmente a lubrificação era feita com óleo mineral puro até a descoberta do aditivo. Esta palavra às vezes é confundida pelo usuário. Quando se fala em aditivo o consumidor associa-o tão somente com os produtos comercializados em postos de serviço, e utilizados diretamente nos combustíveis (álcool, gasolina e diesel).

O aditivo que vamos citar aqui é utilizado na formulação do óleo lubrificante. O tratamento percentual recomendado pelos fornecedores de aditivos pode variar em média de 0,25 a 28% em volume. O óleo básico, por ser um dos principais componentes do lubrificante, apresenta elevado índice de influência no desempenho do mesmo.

Podemos agrupar as características do óleo cru através dos tipos (estruturas) e propriedades. Assim sendo encontramos os tipos saturados com cadeias lineares, ramificadas, cíclicas e as aromáticas.

### Os óleos básicos do tipo saturado com cadeias lineares ou ramificadas são denominados PARAFÍNICOS.

- Densidade menor e é menos sensível a alteração de viscosidade/temperatura
- Maior estabilidade a oxidação
- Bom índice de viscosidade
- Ponto de congelamento mais alto
- Fraco poder solvente
- Boa estabilidade

### Os de cadeias cíclicas são chamados NAFTÊNICOS.

- Mais aplicados em condições de baixa temperatura
- Desvantagem dos naftênicos é sua incompatibilidade com materiais sintéticos e elastômeros
- Densidade mais alta
- Grande poder solvente
- Estabilidade mediana

## 19. Óleos sintéticos

São, ao contrário dos óleos minerais, produzidos artificialmente. Eles possuem, na maioria das vezes, um bom comportamento de viscosidade-temperatura com pouca tendência de coqueificação em temperaturas elevadas, baixo ponto de solidificação em baixas temperaturas, alta resistência contra temperatura e influências químicas. Quando falamos em óleos sintéticos temos de distinguir cinco tipos diferentes:

### A. Hidrocarbonetos sintéticos

Entre os hidrocarbonetos sintéticos destacam-se hoje com maior importância de um lado os polialfaoleofinas (PAO) e os óleos hidrocracoados. Estes óleos são fabricados a partir de óleos minerais, porém levam um processo de



sintetização, o qual elimina os radicais livres e impurezas, deixando-os assim mais estáveis à oxidação. Também se consegue através deste processo um comportamento excelente em relação viscosidade-temperatura. Estes hidrocarbonetos semi-sintéticos atingem de 4 (Índices de Viscosidade) até 150.

### B. Poliolésteres

Para a fabricação de lubrificantes especiais, fluidos de freios, óleos hidráulicos e fluidos de corte os poli-alquilenoglicóis, miscíveis ou não miscíveis em água tem hoje cada vez mais importância.

### C. Diésteres

São ligações entre ácidos e alcoóis através da perda de água. Certos grupos formam óleos de éster que são usados para a lubrificação e, também, fabricação de graxas lubrificantes. Os Diésteres estão hoje aplicados em grande escala em todas as turbinas da aviação civil por resistir melhor a altas e baixas temperaturas e rotações elevadíssimas. Dos óleos sintéticos eles têm o maior consumo mundial.

### D. Óleos de silicone

Os silicones destacam-se pela altíssima resistência contra temperaturas baixas, altas e envelhecimento, como também pelo seu comportamento favorável quanto ao índice de viscosidade. Para a produção de lubrificantes destacam-se os Fenil-polisiloxanes e Metil-polisiloxanes. Grande importância tem os Fluorsilicones na elaboração de lubrificantes resistentes a influência de produtos químicos, tais como solventes, ácidos, etc.

### E. Poliésteres Perfluorados

Óleos de flúor e fluorclorocarbonos tem uma estabilidade extraordinária contra influência química. Eles são quimicamente inertes, porém em temperaturas acima de 260°C eles tendem a craquear e liberar vapores tóxicos.

Miscibilidade entre os óleos básicos								
	Mineral oil	Synth. hydro-carbon	Ester oil	Poly-glycol	Silicone oil (methyl)	Perfluoro-alkyl ether	Silicone oil (phenyl)	Poly-phenyl ether oil
Mineral oil	+	+	+	-	-	-	+/-	+
Synthetic hydrocarbon	+	+	+	-	-	-	-	+
Ester oil	+	+	+	+	-	-	+	+
Polyglycol	-	-	+	+	-	-	-	-
Silicone oil (Methyl)	-	-	-	-	+	-	+/-	-
Perfluoro-alkyl ether	-	-	-	-	-	+	-	-
Silicone oil (Phenyl)	+/-	-	+	-	+/-	-	+	+
Poly-phenyl ether oil	+	+	+	-	-	-	+	+

+ miscível      - imiscível      +/- parcialmente miscível

## 20. Óleos Hidráulicos

São óleos com um pacote de aditivos especiais para serem aplicados a sistemas hidráulicos, bem como em sistemas de transmissão de força veicular. São termicamente estáveis, podendo trabalhar sob condições extremas de temperatura e carga. Sua elevada resistência à degradação e a formação de borra garantem melhor limpeza e confiabilidade do sistema.

O óleo hidráulico, como é chamado, além de sua função principal como transmissor de força, deve lubrificar os componentes do sistema hidráulico, possuindo condições antidesgaste, antioxidante, antiferrugem e antiespumante.



Em um sistema hidráulico, o óleo exerce três funções.

- a) Age primeiro como elemento transmissor de força.
- b) Preserva do desgaste as partes móveis do mecanismo.
- c) Funciona como selo à entrada de ar no sistema.

Quanto ao sistema, três fatores influem preponderantemente na escolha do óleo. O primeiro e, mais importante, é o tipo da bomba, seguindo-se a pressão e a temperatura de operação. Para um sistema hidráulico funcionar perfeitamente, é necessário que as tubulações de descarga e de sucção estejam abaixo do nível inferior do óleo no reservatório, mantendo-se sempre a sucção, abaixo e bem afastada da de descarga, para que se evite a circulação de bolha de ar.

Constantemente deve ser observado o nível e completado se necessário, não permitindo que o nível e completado se necessário, não permitindo que o nível mínimo permissível seja ultrapassado. Um período de mudança do óleo e troca ou limpeza dos filtros e telas deverá ser estabelecido para cada caso e operação em particular, levando-se em consideração que o período de utilidade de um óleo depende das condições da máquina.

## 21. Fluido de Corte

O calor reproduzido entre a peça e a ferramenta precisa ser extraído a fim de minimizar o desgaste da ferramenta, a dilatação térmica da peça (manter a precisão da usinagem da peça) e o dano térmico superficial a estrutura da peça. A geração do calor pode ser reduzida com a diminuição do coeficiente de atrito. Se isto acontecer, não somente a geração de calor é diminuída, mas também os esforços e a potência de corte. Para isso o fluido de corte tem que possuir algumas funções:

**Controles:**

**Valor do pH** – trata-se de um valor que nos diz se a substância é ácida, neutra ou alcalina

**Concentração do óleo na água**

## 22. Aditivos

Chamados popularmente no ramo de pacotes (package) são um conjunto de aditivos componentes que são incorporados aos óleos básicos. Este pacote seria formado principalmente dos seguintes aditivos componentes: dispersante, detergente, antidesgastante, anticorrosivo, antioxidante e modificador de viscosidade (em se tratando somente de um óleo multiviscoso), além, se for necessário, da presença de abaixador do ponto de fluidez e antiespumante. Alguns exemplos:

### A. Detergente-dispersante

**Aplicações** - Motores de combustão interna.

**Finalidades** - Este aditivo tem a função de limpar as partes internas dos motores, e manter em suspensão, finamente dispersos, a fuligem formada na queima do combustível e os produtos de oxidação do óleo.

### A. Antioxidante

**Aplicações:** Motores de combustão interna, turbinas, compressores, motores elétricos, fusos, sistemas hidráulicos, sistemas de circulação de óleo etc.

**Mecanismo da oxidação** - Um óleo, simplesmente exposto ao ar, tende a oxidar-se devido à presença de oxigênio. Esta oxidação se processa lenta ou rapidamente, conforme a natureza do óleo. Óleos em serviços estão mais sujeitos à oxidação, devido a vários fatores: contaminação, calor, hidrocarbonetos oxidados.

### B. Anticorrosivo

**Aplicações:** Motores de combustão interna, turbinas, compressores, motores elétricos, fusos, sistemas hidráulicos, sistemas de circulação de óleo etc.

**Finalidades** - Os anticorrosivos têm por finalidade a neutralização dos ácidos orgânicos, formados pela oxidação do óleo, dos ácidos inorgânicos, no caso de lubrificantes de motores, e proteger as partes metálicas da corrosão. No funcionamento dos motores, são formados ácidos sulfúrico e nítrico, devido à presença de enxofre e nitrogênio nos combustíveis, que são altamente corrosivos.

### C. Antiferrugem



**Aplicações:** Óleos protetivos, turbinas, sistemas hidráulicos, compressores, motores de combustão interna, sistemas de circulação de óleo etc.

**Finalidades** - Semelhante ao anticorrosivo, este aditivo tem a finalidade de evitar a corrosão dos metais ferrosos pela ação da água ou umidade. A presença de sais na água acelera consideravelmente a ferrugem. Envolvendo as partes metálicas com uma película protetora, o aditivo antiferrugem evita que a água entre em contato com as superfícies.

#### D. Antiespumante

**Aplicações:** Óleos para máquinas e motores em geral.

**Finalidades** - A formação da espuma é devido à agitação do óleo. Quando a bomba de óleo alimenta as partes a lubrificar com uma mistura óleo-ar, dá-se o rompimento da película de óleo, o contato metal com metal e o conseqüente desgaste.

#### E. Extrema pressão

**Aplicações:** Óleos para transmissões automotivas, óleos para mancais ou engrenagens industriais que trabalham com excesso de carga e óleos de corte.

**Finalidades** - Tanto os aditivos de extrema pressão, como os antidesgastes, lubrificam quando a película é mínima. Quando a pressão exercida sobre a película de óleo excede certos limites, e quando esta pressão elevada é agravada por uma ação de deslizamento excessiva, a película de óleo se rompe, havendo um contato metal com metal. Se o lubrificante possuir aditivo de extrema pressão, havendo o rompimento da película, este aditivo reage com as superfícies metálicas, formando uma película lubrificante que reduzirá o desgaste. Quase todos os aditivos de extrema pressão são compostos químicos que contêm **enxofre, fósforo, cloro e chumbo**.

#### F. Antidesgaste

**Aplicações:** Motores de combustão interna, sistemas hidráulicos etc.

**Finalidades** - Estes aditivos são semelhantes aos de extrema pressão, mas têm ação mais branda. Seus principais elementos são o **zinco** e o **fósforo**.

#### G. Abaixadores do ponto de fluidez

**Aplicações:** Podem ser empregados nos óleos de máquinas e motores que operem com o óleo em baixas temperaturas.

**Finalidades** - Este aditivo tem a função de envolver os cristais de parafina que se formam a baixas temperaturas, evitando que eles aumentem e se agrupem, o que impediria a circulação do óleo.

#### H. Aumentadores do índice de viscosidade

**Aplicações:** Motores de combustão interna.

**Finalidades** - A função destes aditivos é reduzir a variação da viscosidade dos óleos com o aumento da temperatura. Devido à manutenção de uma viscosidade menor variável, o consumo de lubrificante é reduzido e as partidas do motor em climas frios tornam-se mais fáceis.

Além dos aditivos citados, existem outros, como os emulsificantes (óleos de corte solúveis, óleos para amaciamento de fibras têxteis, óleos para ferramentas pneumáticas etc.), os de adesividade (óleos para máquinas têxteis etc.), grafite (óleos de moldagem etc.). Existem alguns aditivos que englobam diversas funções como dispersantes, antioxidantes, anticorrosivos e antidesgaste: são os chamados **multifuncionais**.

## Lubrificantes e Aditivos



Tabela 8.6. – Tipos de aditivos e sua utilização. [BP]

		Lubrificantes					
		Turbinas	Compressores	Hidráulicos	Engrenagens	Motor	Guias
Aditivos	Anti-ferrugem	X	X	X	X	X	X
	Anti-oxidação	X	X	X	X	X	X
	Anti-espuma	X	X	X	X	X	
	Demulsificante	X	X	X	X		
	Abaixador do ponto de congelamento			X		X	
	Anti-desgaste	X	X			X	
	Melhorador IV			X		X	
	Detregente/Dispersância					X	
	Alcalinidade					X	
	Extrema Pressão				X		

## 23. Graxas

### Vantagens de seu uso:

- As graxas promovem uma melhor vedação contra a água e impurezas.
- Quando a alimentação de óleo não pode ser feita continuamente, empregam-se as graxas, pois elas permanecem nos pontos de aplicação.
- As graxas promovem maior economia em locais onde os óleos escorrem.
- As graxas possuem maior adesividade do que os óleos.

### As desvantagens são:

- Os óleos dissipam melhor o calor do que as graxas.
- Os óleos lubrificam melhor em altas velocidades.
- Os óleos resistem melhor à oxidação.

São empregadas onde os lubrificantes líquidos não executam suas funções satisfatoriamente. As graxas podem ser subdivididas em:

- Graxas de sabão metálico** são as mais comumente utilizadas. São constituídas de óleos minerais puros e sabões metálicos, que são a mistura de um óleo graxo e um metal (cálcio, sódio, lítio, etc.). Como os óleos, estas graxas podem ser aditivadas para se alcançarem determinadas características.
- Graxas sintéticas** são as mais modernas. Tanto o óleo mineral, como o sabão, podem ser substituídos por óleos e sabões sintéticos. Como os óleos sintéticos, devido ao seu elevado custo, estas graxas têm sua aplicação limitada aos locais onde os tipos convencionais não podem ser utilizados.
- Graxas á base de argila** são constituídas de óleos minerais puros e argilas especiais de granulação finíssima. São graxas especiais, de elevado custo, que resistem a temperaturas elevadíssimas.
- Graxas betuminosas**, formuladas à base de asfalto e óleos minerais puros, são lubrificantes de grande adesividade. Algumas, devido à sua alta viscosidade, devem ser aquecidas para serem aplicadas. Outras são diluídas em solventes que se evaporam após sua aplicação.
- Graxas para processo** são graxas especiais, fabricadas para atenderem a processos industriais como a estampagem, a moldagem etc. Algumas contêm materiais sólidos como aditivos.

- F. **Lubrificantes sólidos** são usados, geralmente, como aditivos de lubrificantes líquidos ou pastosos. Algumas vezes, são aplicados em suspensão, em líquidos que se evaporam após a sua aplicação. O grafite, o **molibdênio**, o **talco**, a **mica**, etc., são os mais empregados. Estes lubrificantes apresentam grande resistência a elevadas pressões e temperaturas.
- G. **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.

## A. Componentes de uma Graxa Lubrificante:

**GRAXA LUBRIFICANTE = ESPESSANTE + LUBRIFICANTE FLUIDO + ADITIVOS**

### ESPESSANTE

Existe ampla gama de materiais, incluindo argilas ou pigmentos, embora o tipo empregado nas graxas mais convencionais seja um sabão, ou mistura de sabões. Estes resultam de reação de gorduras de origem animal ou vegetal, com o cálcio, hidróxido de sódio, ou lítio.

### LUBRIFICANTE FLUIDO

Igualmente componente fluido da graxa, pode ser de uma grande variedade de materiais, mas, habitualmente, é um óleo de petróleo, e, também neste caso, o fabricante de graxas dispõe de uma ampla escolha de óleos, variando muito em características físicas e químicas. Ultimamente tem sido grande o uso de óleos sintéticos.

## B. Aditivos para Graxas

TIPO DE ADITIVO	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	FINALIDADES
Agente espessante	Sabões metálicos	Manter o óleo por adsorção.
Cargas	Óxidos metálicos	Dar volume a graxa.
Inibidor de Oxidação	Fenil-beta-naftilamina	Inibir a oxidação.
Passivador de corrosão	Mercaptovenzotiazol	Impedir o efeito catalítico dos metais.
Inibidor de corrosão	Sulfonato de amônia Dinonil naftaleno	Impedir a corrosão.
Agente anti-desgaste	Dissulfeto dibenzílico	Reduzir o desgaste.
Agente de extrema pressão	Cera clorada Naftenato de chumbo	Reduzir o atrito.
Melhorador de ponto de gota	Sabões graxos	Aumentar o ponto de gota.
Estabilizadores	Esteres de ácido graxo	Aumentar a temperatura de uso.
Agente de aderência	Polibutilenos	Aderência nas partes metálicas.



## C. Vantagens e desvantagens dos diversos tipos de graxas:

Tipo	Vantagens	Desvantagens
<b>Sabão de cálcio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• branda a baixas temperaturas</li> <li>• boa resistência à água</li> <li>• bom comportamento a baixas temp. Boa aderência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilizável somente até 60°C</li> <li>• ponto de gota aprox. 100°C</li> <li>• proteção anticorrosiva insuficiente</li> </ul>
<b>Sabão de sódio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• consistência fibrosa</li> <li>• pronto de gota aprox. 200°C</li> <li>• preço favorável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não resistente a água</li> <li>• somente utilizável até 80/100°C</li> <li>• baixa proteção anticorrosiva</li> </ul>
<b>Sabão de alumínio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mais resistente à água que o sabão de sódio</li> <li>• utilizável até aprox. 100°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• se hidrolizam paulatinamente por água</li> <li>• baixa estabilidade ao cisalhamento</li> </ul>
<b>Sabão de lítio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• resistente à água até 80/90°C</li> <li>• utilizável até 120°C</li> <li>• boa proteção contra corrosão</li> <li>• boa resistência ao trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não resistente ao vapor</li> <li>• não indicado para altas temperaturas</li> </ul>
<b>Sabão de bário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• resistente à água</li> <li>• utilizável até aprox. 100°C</li> <li>• protege contra corrosão</li> <li>• baixa separação de óleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fabricação difícil</li> <li>• caro</li> <li>• mal comportamento a baixas temp.</li> <li>• Inconvenientes toxicológicos</li> </ul>

## D. Descrição de alguns dos Principais tipos de Graxas

### 1. GRAXA A BASE DE SABÃO DE CÁLCIO (CA)

Graxa de cálcio tem uma estrutura macia similar a de manteiga e apresenta boa estabilidade mecânica. São normalmente estáveis com 1 a 3% de água e não dissolvem na água. Não devem ser utilizadas em temperaturas acima de 60 °C (140°F). As graxas de cálcio são recomendadas para instalações expostas a água em temperatura de até 60 °C (140 °F), tais como a seção úmida de máquinas de fabricação de papel. Graxas de cálcio proporcionam normalmente boa proteção contra água salina e podem ser utilizadas com segurança em ambientes marinhos.

Graxas de cálcio estabilizadas com outro agente que água podem ser utilizadas em temperatura de até 120°C (250°F). Graxas de complexo de cálcio são um exemplo.

### 2. GRAXAS A BASE DE SABÃO DE SÓDIO (NA)

Graxas à base de sabão de sódio podem ser utilizadas numa gama mais ampla do que graxas normais de cálcio. Estas graxas apresentam boas propriedades de aderência e vedação. Fornecem também, proteção contra ferrugem, embora, ao fazê-lo, diminua consideravelmente a sua capacidade de lubrificação. Se água demais penetra no rolamento, há risco da graxa ser expelida. Portanto, não devem ser utilizadas em aplicações muito úmidas.

Graxas sintéticas à base de sabão de sódio podem trabalhar em temperaturas de até 120 °C (259 °F).

### 3. GRAXAS À BASE DE SABÃO DE LÍTIO (LI)

A estrutura destas graxas é semelhante aquela das graxas de sabão de cálcio: macia e similar a manteiga. Possuem muitas das vantagens das graxas à base de sabão de cálcio e sódio, mas praticamente nenhuma das desvantagens. Sua capacidade de aderir às superfícies metálicas é boa. Estabilidade em temperatura elevada é excelente; a maioria das graxas à base de sabão de lítio pode ser utilizada em variação muito ampla de temperatura.



Graxas de lítio são desprezivelmente solúveis em água. Podem ser utilizadas em aplicações úmidas quando a temperatura é muito alta para a graxa à base de cálcio.

4. **GRAXAS DE COMPLEXO DE SABÃO**

Este termo é utilizado para graxas que contém um sal, bem como o sabão metálico, geralmente do mesmo metal. O mais comum é o complexo de cálcio. O principal ingrediente salino é acetato de cálcio. Outros exemplos são complexos de Li, Na, Ba (bário) e Al (alumínio). Estas graxas podem resistir às temperaturas mais elevadas do que as graxas convencionais.

5. **GRAXAS SINTÉTICAS**

Este grupo inclui graxas baseadas em óleos sintéticos, tais como éster e silicone, que não oxidam tão rapidamente como óleos minerais. Portanto, graxas sintéticas têm, em geral, uma gama mais ampla de aplicações do que outras graxas. São utilizados diversos agentes espessante, incluindo sabão de lítio, bentonita e PTFE. A maioria das graxas sintéticas são produzidas a fim de satisfazer padrões militares de testes para aplicações em instrumentação e dispositivos de controle em aeronaves, robôs e satélites. Estas graxas revelam frequentemente baixa resistência ao atrito em temperaturas baixas como - 70 °C (-95 °F).

**E. Consistência de graxas**

Consistência é uma medida de qualidade de graxas lubrificantes. O aparelho de ensaio para medir a consistência de uma graxa é o penômetro. Para medir a consistência usa-se um cone, um copo com o material a ser analisada e uma escala em 1/10 mm. O ensaio é feito com 25°C e medem-se, quantos mm o cone penetra na massa. Em geral a penetração é feita em repouso, porém para verificar se a graxa é estável ao trabalho (amassamento), existe o ensaio com 60 ou 100.000 ciclos. Caso o material abaixe muito nestes ciclos de amassamento sua consistência é um indicador que o sabão ou espessante não resistem ao trabalho. A consistência é indicada conforme tabela NLGI (National Lubricating Grease Institute). A classificação mais simples de consistência de graxa lubrificante é dividida em nove classes e medida como penetração trabalhada (60 ciclos), como por exemplo:

Classe de consistência (NLGI)	Penetração trabalhada (1/10 mm)
00	400 – 430
0	355 – 385
1	310 – 340
2	265 – 295
3	235 – 255

Grau de Consistência	0	1	2	3	4
Consistência (1) 1/10 mm	385~ 355	340 ~ 310	295 ~ 265	250 ~ 220	205 ~ 175
Condição de Trabalho (Aplicação)	* Para lubrificação centralizada * Para aplicações com facilidade de ocorrerem arranhaduras	* Para lubrificação centralizada * Para aplicações com facilidade de ocorrerem arranhaduras * Para baixa temperatura	* Uso genérico * Para rolamentos blindados ou vedados	* Uso genérico * Para rolamentos blindados ou vedados * Para alta temperatura	* Para alta temperatura * Para vedação com graxa

**F. Ponto de gota**

O ponto de gota de uma graxa é a temperatura em que se inicia a mudança do estado pastoso para o estado líquido (primeira gota). O ponto de gota varia de acordo com o sabão metálico empregado, as matérias-primas usadas e com o método de fabricação. Na prática, usa-se limitar a temperatura máxima de trabalho em 20 a 30°C abaixo do ponto de gota das graxas. As **graxas de argila não possuem ponto de gota** podendo assim ser usadas a elevadas temperaturas. Em geral, as graxas possuem seu ponto de gota nas seguintes faixas:

- **Graxas de cálcio ..... 65 a 105°C**

