

# Lubrificação industrial I

**U**ma empresa de bebidas utiliza em sua linha de produção uma esteira com mancais de rolamento. A esteira transporta garrafas que são enchidas com um delicioso refrigerante diet.

De tempos em tempos, o funcionário encarregado da lubrificação das máquinas e equipamentos ia até a esteira para lubrificá-la. Ele sabia que os mancais de rolamento da esteira utilizavam um lubrificante com características especiais.

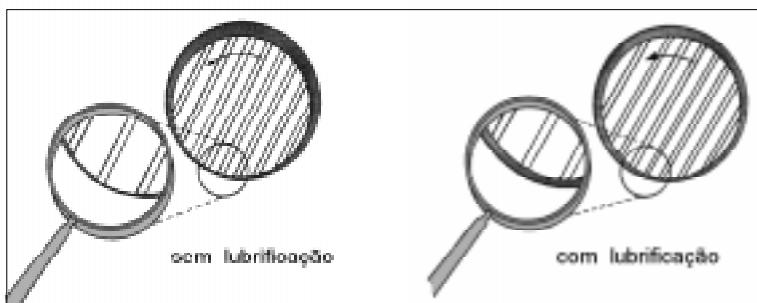
Quais eram as características especiais do lubrificante usado nos mancais de rolamento da esteira?

Resposta para esta pergunta e outras informações a respeito de lubrificação e lubrificantes serão dadas nesta aula.

## Conceito e objetivos da lubrificação

A lubrificação é uma operação que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas.

Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluido, ou seja, em atrito entre uma superfície sólida e um fluido. Nessas condições, o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido.

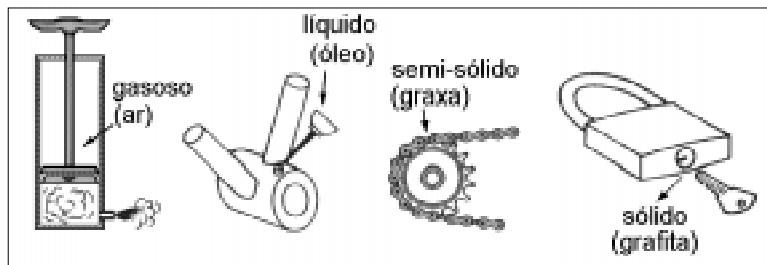


Além dessa redução do atrito, outros objetivos são alcançados com a lubrificação, se a substância lubrificante for selecionada corretamente:

- menor dissipação de energia na forma de calor;
- redução da temperatura, pois o lubrificante também refrigera;
- redução da corrosão;
- redução de vibrações e ruídos;
- redução do desgaste.

## Lubrificantes

Os lubrificantes podem ser gasosos como o ar; líquidos como os óleos em geral; semi-sólidos como as graxas e sólidos como a grafita, o talco, a mica etc.



Contudo, os lubrificantes mais práticos e de uso diário são os líquidos e os semi-sólidos, isto é, os óleos e as graxas.

## Classificação dos óleos quanto à origem

Quanto à origem, os óleos podem ser classificados em quatro categorias: óleos minerais, óleos vegetais, óleos animais e óleos sintéticos.

**Óleos minerais** – São substâncias obtidas a partir do petróleo e, de acordo com sua estrutura molecular, são classificadas em óleos parafínicos ou óleos naftênicos.

**Óleos vegetais** – São extraídos de sementes: soja, girassol, milho, algodão, arroz, mamona, oiticica, babaçu etc.

**Óleos animais** – São extraídos de animais como a baleia, o cachalote, o bacalhau, a capivara etc.

**Óleos sintéticos** – São produzidos em indústrias químicas que utilizam substâncias orgânicas e inorgânicas para fabricá-los. Estas substâncias podem ser silicones, ésteres, resinas, glicerinas etc.

## Aplicações dos óleos

Os óleos animais e vegetais raramente são usados isoladamente como lubrificantes, por causa da sua baixa resistência à oxidação, quando comparados a outros tipos de lubrificantes. Em vista disso, eles geralmente são adicionados aos óleos minerais com a função de atuar como agentes de oleosidade. A mistura obtida apresenta características eficientes para lubrificação, especialmente em regiões de difícil lubrificação.

Alguns óleos vegetais são usados na alimentação humana. Você é capaz de citar alguns?

Os óleos sintéticos são de aplicação muito rara, em razão de seu elevado custo, e são utilizados nos casos em que outros tipos de substâncias não têm atuação eficiente.

Os óleos minerais são os mais utilizados nos mecanismos industriais, sendo obtidos em larga escala a partir do petróleo.

A U L A

31

## Características dos óleos lubrificantes

Os óleos lubrificantes, antes de serem colocados à venda pelo fabricante, são submetidos a ensaios físicos padronizados que, além de controlarem a qualidade do produto, servem como parâmetros para os usuários.

Os principais ensaios físicos padronizados para os óleos lubrificantes encontram-se resumidos na tabela a seguir.

TIPO DE ENSAIO	O QUE DETERMINA O ENSAIO
Viscosidade	Resistência ao escoamento oferecida pelo óleo. A viscosidade é inversamente proporcional à temperatura. O ensaio é efetuado em aparelhos denominados viscosímetros. Os viscosímetros mais utilizados são o Saybolt, o Engler, o Redwood e o Ostwald.
Índice de viscosidade	Mostra como varia a viscosidade de um óleo conforme as variações de temperatura. Os óleos minerais parafínicos são os que apresentam menor variação da viscosidade quando varia a temperatura e, por isso, possuem índices de viscosidade mais elevados que os naftênicos.
Densidade relativa	Relação entre a densidade do óleo a 20°C e a densidade da água a 4°C ou a relação entre a densidade do óleo a 60°F e a densidade da água a 60°F.
Ponto de fulgor (flash point)	Temperatura mínima à qual pode inflamar-se o vapor de óleo, no mínimo, durante 5 segundos. O ponto de fulgor é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em altas temperaturas.
Ponto de combustão	Temperatura mínima em que se sustenta a queima do óleo.
Ponto de mínima fluidez	Temperatura mínima em que ocorre o escoamento do óleo por gravidade. O ponto de mínima fluidez é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em baixas temperaturas.
Resíduos de carvão	Resíduos sólidos que permanecem após a destilação destrutiva do óleo.

## Graxas

As graxas são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, sódio, lítio e bário. Elas são utilizadas onde o uso de óleos não é recomendado.

As graxas também passam por ensaios físicos padronizados e os principais encontram-se no quadro a seguir.

TIPO DE ENSAIO	O QUE DETERMINA O ENSAIO
Consistência	Dureza relativa, resistência à penetração.
Estrutura	Tato, aparência.
Filamentação	Capacidade de formar fios ou filamentos.
Adesividade	Capacidade de aderência.
Ponto de fusão ou gotejo	Temperatura na qual a graxa passa para o estado líquido.

### Tipos de graxa

Os tipos de graxa são classificados com base no sabão utilizado em sua fabricação.

**Graxa à base de alumínio:** macia; quase sempre filamentosa; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; pode trabalhar em temperaturas de até 71°C. É utilizada em mancais de rolamento de baixa velocidade e em chassis.

**Graxa à base de cálcio:** vaselinada; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; deixa-se aplicar facilmente com pistola; pode trabalhar em temperaturas de até 77°C. É aplicada em chassis e em bombas d'água.

**Graxa à base de sódio:** geralmente fibrosa; em geral não resiste à água; boa estabilidade estrutural quando em uso. Pode trabalhar em ambientes com temperatura de até 150°C. É aplicada em mancais de rolamento, mancais de rodas, juntas universais etc.

**Graxa à base de lítio:** vaselinada; boa estabilidade estrutural quando em uso; resistente à água; pode trabalhar em temperaturas de até 150°C. É utilizada em veículos automotivos e na aviação.

**Graxa à base de bário:** características gerais semelhantes às graxas à base de lítio.

**Graxa mista:** é constituída por uma mistura de sabões. Assim, temos graxas mistas à base de sódio-cálcio, sódio-alumínio etc.

Além dessas graxas, há graxas de múltiplas aplicações, graxas especiais e graxas sintéticas.

### Lubrificantes sólidos

Algumas substâncias sólidas apresentam características peculiares que permitem a sua utilização como lubrificantes, em condições especiais de serviço.

Entre as características importantes dessas substâncias, merecem ser mencionadas as seguintes:

- baixa resistência ao cisalhamento;
- estabilidade a temperaturas elevadas;
- elevado limite de elasticidade;
- alto índice de transmissão de calor;
- alto índice de adesividade;
- ausência de impurezas abrasivas.

Embora tais características não sejam sempre atendidas por todas as substâncias sólidas utilizadas como lubrificantes, elas aparecem de maneira satisfatória nos carbonos cristalinos, como a grafita, e no bissulfeto de molibdênio, que são, por isso mesmo, aquelas mais comumente usadas para tal finalidade.

A grafita, após tratamentos especiais, dá origem à grafita coloidal, que pode ser utilizada na forma de pó finamente dividido ou em dispersões com água, óleos minerais e animais e alguns tipos de solventes.

É crescente a utilização do bissulfeto de molibdênio ( $\text{MoS}_2$ ) como lubrificante. A ação do enxofre (símbolo químico = S) existente em sua estrutura propicia uma excelente aderência da substância com a superfície metálica, e seu uso é recomendado sobretudo para partes metálicas submetidas a condições severas de pressão e temperaturas elevadas. Pode ser usado em forma de pó dividido ou em dispersão com óleos minerais e alguns tipos de solventes.

A utilização de sólidos como lubrificantes é recomendada para serviços em condições especiais, sobretudo aquelas em que as partes a lubrificar estão submetidas a pressões ou temperaturas elevadas ou se encontram sob a ação de cargas intermitentes ou em meios agressivos. Os meios agressivos são comuns nas refinarias de petróleo, nas indústrias químicas e petroquímicas.

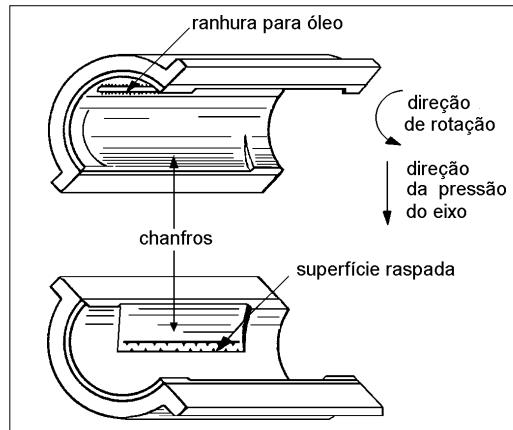
## Aditivos

Aditivos são substâncias que entram na formulação de óleos e graxas para conferir-lhes certas propriedades. A presença de aditivos em lubrificantes tem os seguintes objetivos:

- melhorar as características de proteção contra o desgaste e de atuação em trabalhos sob condições de pressões severas;
- aumentar a resistência à oxidação e corrosão;
- aumentar a atividade dispersante e detergente dos lubrificantes;
- aumentar a adesividade;
- aumentar o índice de viscosidade.

## Lubrificação de mancais de deslizamento

O traçado correto dos chanfros e ranhuras de distribuição do lubrificante nos mancais de deslizamento é o fator primordial para se assegurar a lubrificação adequada.



Os mancais de deslizamento podem ser lubrificados com óleo ou com graxa. No caso de óleo, a viscosidade é o principal fator a ser levado em consideração; no caso de graxa, a sua consistência é o fator relevante.

A escolha de um óleo ou de uma graxa também depende dos seguintes fatores:

- geometria do mancal: dimensões, diâmetro, folga mancal/eixo;
- rotação do eixo;
- carga no mancal;
- temperatura de operação do mancal;
- condições ambientais: temperatura, umidade, poeira e contaminantes;
- método de aplicação.

### **Lubrificação de mancais de rolamento**

Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos são lubrificados, normalmente, com óleo. Todos os demais tipos de rolamentos podem ser lubrificados com óleo ou com graxa.

#### **Lubrificação com graxa**

Em mancais de fácil acesso, a caixa pode ser aberta para se renovar ou completar a graxa. Quando a caixa é bipartida, retira-se a parte superior; caixas inteiriças dispõem de tampas laterais facilmente removíveis. Como regra geral, a caixa deve ser cheia apenas até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade, possivelmente à base de lítio.

#### **Lubrificação com óleo**

O nível de óleo dentro da caixa de rolamentos deve ser mantido baixo, não excedendo o centro do corpo rolante inferior. É muito conveniente o emprego de um sistema circulatório para o óleo e, em alguns casos, recomenda-se o uso de lubrificação por neblina.

#### **Intervalos de lubrificação**

No caso de rolamentos lubrificados por banho de óleo, o período de troca de óleo depende, fundamentalmente, da temperatura de funcionamento do rolamento e da possibilidade de contaminação proveniente do ambiente. Não havendo grande possibilidade de poluição, e sendo a temperatura inferior a 50°C, o óleo pode ser trocado apenas uma vez por ano. Para temperaturas em torno de 100°C, este intervalo cai para 60 ou 90 dias.

### **Lubrificação dos mancais dos motores**

Temperatura, rotação e carga do mancal são os fatores que vão direcionar a escolha do lubrificante.

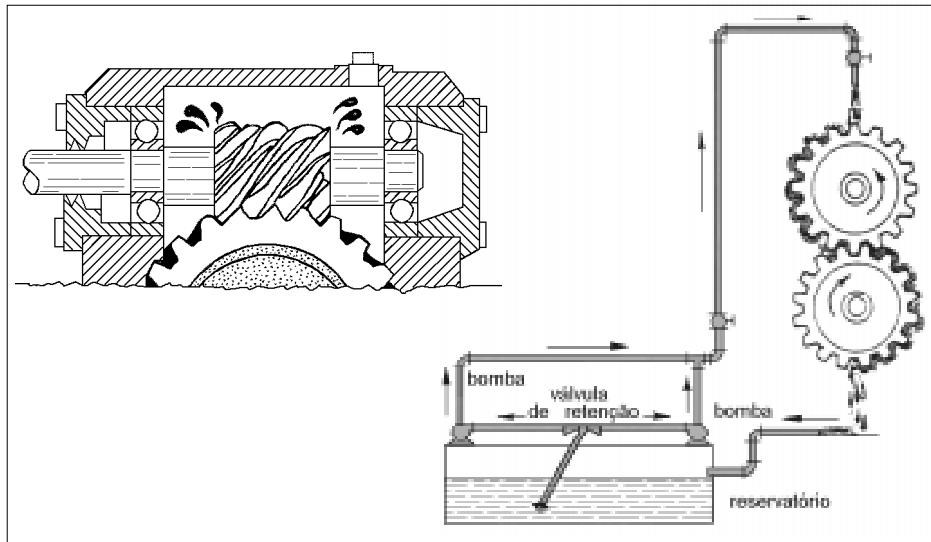
#### **Regra geral:**

- temperaturas altas: óleo mais viscoso ou uma graxa que se mantenha consistente;
- altas rotações: usar óleo mais fino;
- baixas rotações: usar óleo mais viscoso.

## Lubrificação de engrenagens fechadas

A completa separação das superfícies dos dentes das engrenagens durante o engrenamento implica presença de uma película de óleo de espessura suficiente para que as saliências microscópicas destas superfícies não se toquem.

O óleo é aplicado às engrenagens fechadas por meio de salpico ou de circulação.



A seleção do óleo para engrenagens depende dos seguintes fatores: tipo de engrenagem, rotação do pinhão, grau de redução, temperatura de serviço, potência, natureza da carga, tipo de acionamento, método de aplicação e contaminação.

## Lubrificação de engrenagens abertas

Não é prático nem econômico encerrar alguns tipos de engrenagem numa caixa. Estas são as chamadas engrenagens abertas.

As engrenagens abertas só podem ser lubrificadas intermitentemente e, muitas vezes, só a intervalos regulares, proporcionando películas lubrificantes de espessuras mínimas entre os dentes, prevalecendo as condições de lubrificação limítrofe.

Ao selecionar o lubrificante de engrenagens abertas, é necessário levar em consideração as seguintes condições: temperatura, método de aplicação, condições ambientais e material da engrenagem.

## Lubrificação de motorredutores

A escolha de um óleo para lubrificar motorredutores deve ser feita considerando-se os seguintes fatores: tipo de engrenagens; rotação do motor; temperatura de operação e carga. No geral, o óleo deve ser quimicamente estável para suportar oxidações e resistir à oxidação.

## Lubrificação de máquinas-ferramenta

Existe, atualmente, um número considerável de máquinas-ferramenta com uma extensa variedade de tipos de modelos, dos mais rudimentares àqueles mais sofisticados, fabricados segundo as tecnologias mais avançadas.

Diante de tão grande variedade de máquinas-ferramenta, recomenda-se a leitura atenta do manual do fabricante do equipamento, no qual serão encontradas indicações precisas para lubrificação e produtos a serem utilizados.

Para equipamentos mais antigos, e não se dispõe de informações mais precisas, as seguintes indicações genéricas podem ser obedecidas:

**Sistema de circulação forçada** – óleo lubrificante de primeira linha com número de viscosidade S 215 (ASTM).

**Lubrificação intermitente** (oleadeiras, copo conta-gotas etc.) – óleo mineral puro com número de viscosidade S 315 (ASTM).

**Fusos de alta velocidade** (acima de 3000 rpm) – óleo lubrificante de primeira linha, de base parafínica, com número de viscosidade S 75 (ASTM).

**Fusos de velocidade moderada** (abaixo de 3000 rpm) – óleo lubrificante de primeira linha, de base parafínica, com número de viscosidade S 105 (ASTM).

**Guias e barramentos** – óleos lubrificantes contendo aditivos de adesividade e inibidores de oxidação e corrosão, com número de viscosidade S 1000 (ASTM).

**Caixas de redução** – para serviços leves podem ser utilizados óleos com número de viscosidade S 1000 (ASTM) aditivados convenientemente com antioxidantes, antiespumantes etc. Para serviços pesados, recomendam-se óleos com aditivos de extrema pressão e com número de viscosidade S 2150 (ASTM).

**Lubrificação à graxa** – em todos os pontos de lubrificação à graxa pode-se utilizar um mesmo produto. Sugere-se a utilização de graxas à base de sabão de lítio de múltipla aplicação e consistência NLGI 2.

**Observações:** **S** = Saybolt; **ASTM** = American Society of Testing Materials (Sociedade Americana de Materiais de Teste). **NLGI** = National Lubricating Grease Institute (Instituto Nacional de Graxa Lubrificante).

Em resumo, por mais complicada que uma máquina pareça, há apenas três elementos a lubrificar:

1. Apoios de vários tipos, tais como: mancais de deslizamento ou rolamento, guia etc.

2. Engrenagens de dentes retos, helicoidais, parafusos de rosca sem-fim etc., que podem estar descobertas ou encerradas em caixas fechadas.

3. Cilindros, como os que se encontram nos compressores e em toda a espécie de motores, bombas ou outras máquinas com êmbolos.

Responda.

## Exercícios

### Exercício 1

No que consiste a lubrificação?

### Exercício 2

Em termos práticos, quais são os lubrificantes mais utilizados?

### Exercício 3

Quanto à origem, como se classificam os lubrificantes?

### Exercício 4

O que é viscosidade?

### Exercício 5

O que são graxas?

### Exercício 6

Um mancal de deslizamento que opera sob alta pressão e em baixa rotação deve ser lubrificado com óleo ou graxa? Justifique.

