

# **BOMBAS**

## **1 - TIPOS DE BOMBAS**

As bombas são equipamentos usados para o transporte de líquidos. Segundo o princípio de funcionamento, as bombas são classificadas nos tipos seguintes:

- Centrífugas
- Rotativas
- Alternativas

## **2 - BOMBAS CENTRÍFUGAS**

As bombas centrífugas são as mais empregadas, pela simplicidade, baixo custo e facilidade de operação nas condições mais variadas de temperatura, pressão e vazão. O princípio empregado numa bomba centrífuga é o do acionamento do líquido pela ação da força centrífuga.

A noção de força centrífuga pode ser visualizada quando rodamos um barbante com um objeto amarrado na ponta. Soltando-se o barbante, o objeto é lançado longe pela ação da força centrífuga. Quanto mais rápido for o movimento rotatório, maior a força centrífuga e mais longe será lançado o objeto. A força centrífuga é proporcional à velocidade de rotação.

### **2.1 - Partes Componentes**

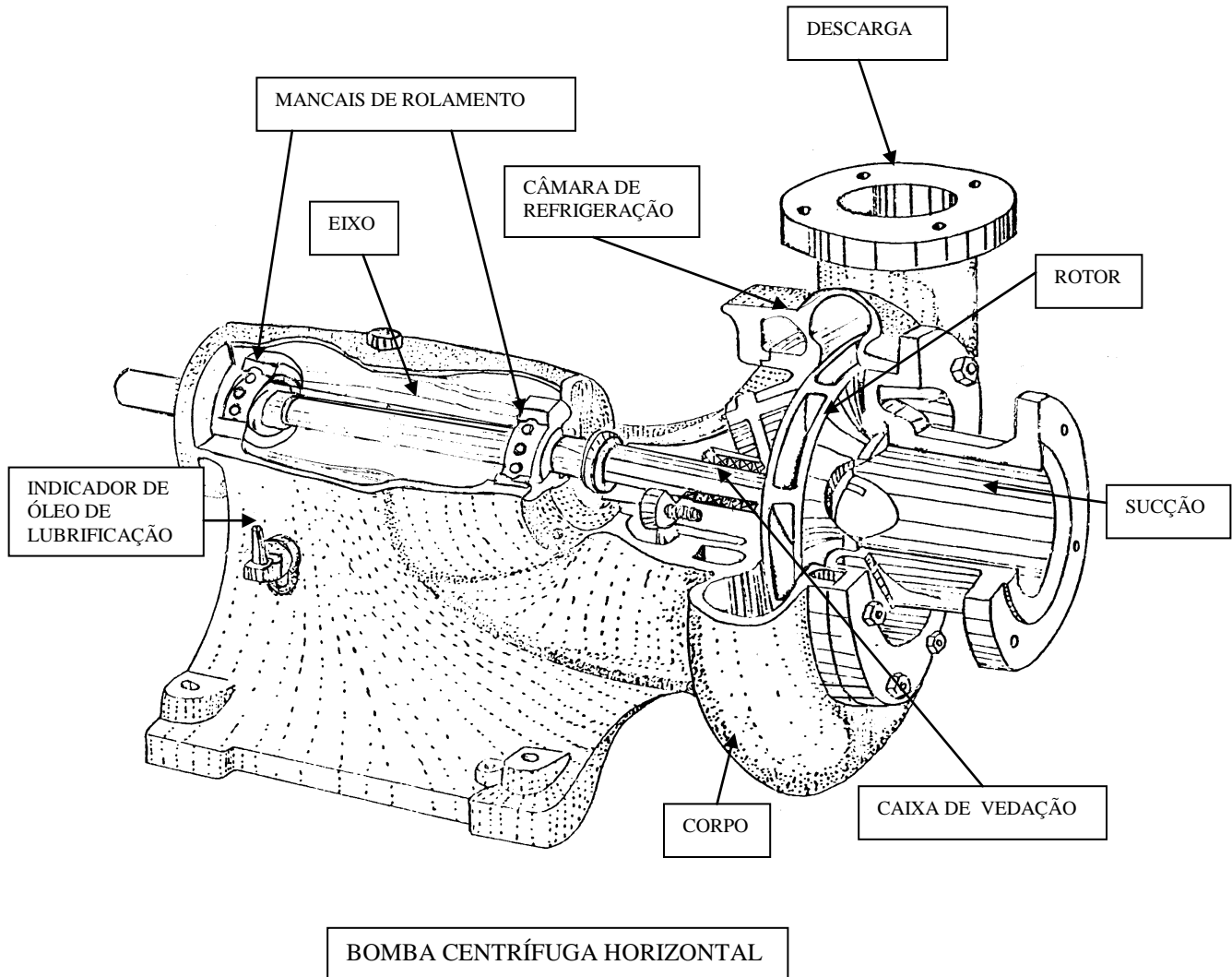
A bomba centrífuga consta, em resumo, de dois tipos de elementos.

- Elementos rotatórios - eixo e rotor
- Elementos fixos - corpo ou carcaça, câmara de vedação e mancal.

As funções destes elementos são as seguintes:

- Eixo - suporta e faz girar o rotor da bomba.
- Rotor - está preso ao eixo e é formado de pás. É acionado pelo eixo e impulsiona o líquido.
- Corpo ou carcaça - envolve o rotor e possui duas finalidades:
  - 1ª - encaminha o líquido que entra na bomba para o centro do rotor
  - 2ª - recebe o líquido deslocado pelo rotor e encaminha-o para a saída da bomba

- Câmara de vedação - impede o vazamento de líquido no ponto em que o eixo aflora do corpo da bomba:



- Mancal - suporta o peso do conjunto “eixo-rotor”.

Estes cinco elementos são os constituintes essenciais da bomba centrífuga; os demais componentes constituem aprimoramentos de projeto, suplementando as funções dos elementos principais.

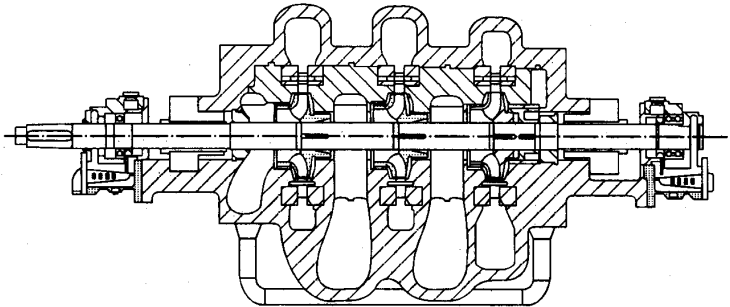
O encaminhamento do líquido dentro da bomba é o seguinte:

- O líquido que entra no corpo da bomba é encaminhado por este para o centro do rotor.
- Pelo movimento de rotação do rotor, as pás jogam o líquido (ação da força centrífuga) contra a parte interna do corpo da bomba.
- O líquido lançado pelo rotor é recolhido pela parte interna do corpo e encaminhado à saída da bomba.
- O líquido ao passar pela bomba tem a sua pressão aumentada.

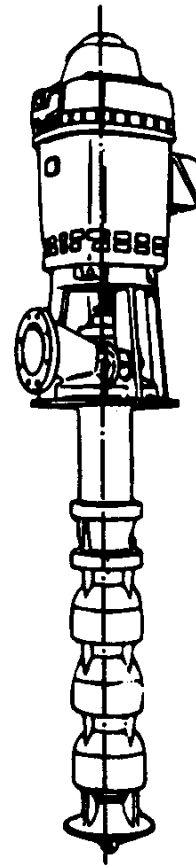
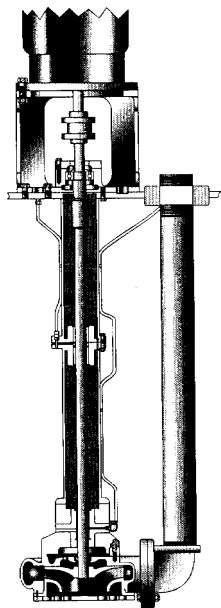
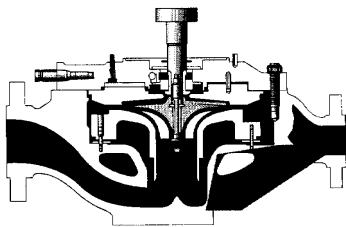
### 2.1.1 - Eixo

O eixo de uma bomba centrífuga pode ser montado na posição horizontal ou vertical:

- Eixo horizontal - bomba horizontal



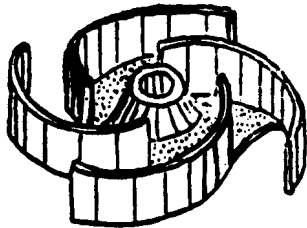
- Eixo vertical - bomba vertical



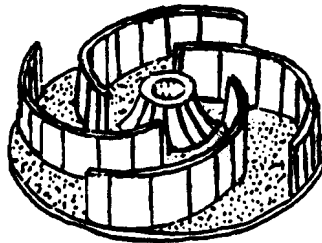
### 2.1.2 - Rotor

O rotor, também chamado de impelidor, é formado de pás ou palhetas e pode ser aberto, semi-aberto ou fechado.

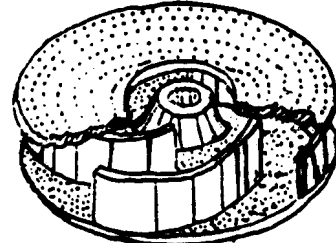
- Rotor aberto - as palhetas são reforçadas por uma parede reduzida como um pé de pato.
- Rotor fechado - tem duas paredes laterais que funcionam como suporte das palhetas.
- Rotor semi-aberto - com parede lateral apenas em um dos lados.



**ABERTO**



**SEMI-ABERTO**

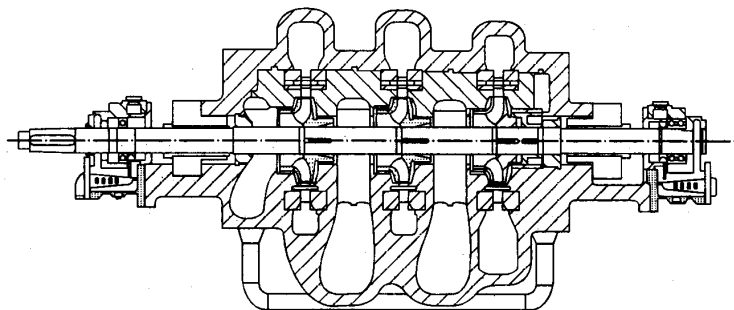


**FECHADO**

O rotor fechado é o que dá melhor rendimento, sendo por isto utilizado, a não ser em caso de líquido contendo matéria sólida, ou de líquido de alta viscosidade ou líquido abrasivo. O líquido pode chegar ao centro do rotor vindo de um único lado ou simultaneamente de ambos os lados.

### 2.1.3 - Estágios

Como o rotor tem a sua capacidade limitada pelo seu diâmetro e pela sua velocidade, muitas vezes um único rotor não é capaz de dar ao líquido a pressão desejada. Neste caso, são empregados dois ou mais rotores montados no mesmo eixo e ligados em série.

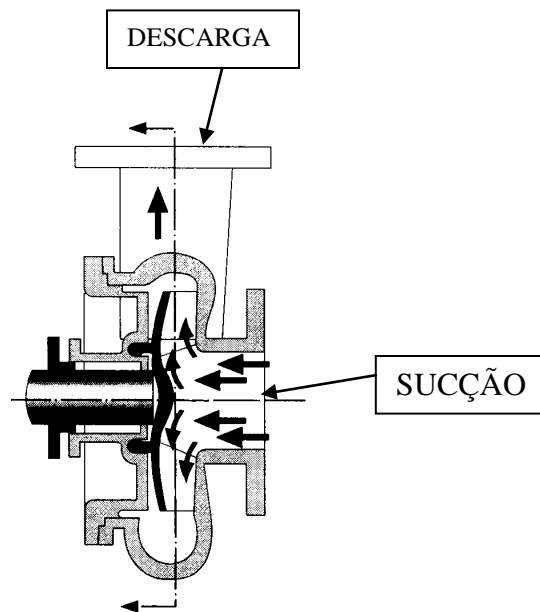


O líquido depois de entrar no corpo da bomba passa sucessivamente por todos os rotores, ganhando maior pressão em cada um deles. A elevação de pressão dada pela bomba ao líquido, é como se fosse feita em diversos degraus, constituindo cada rotor um degrau ou estágio desta elevação. Cada rotor constitui um estágio da bomba e o número de rotores determina o número de estágios da bomba.

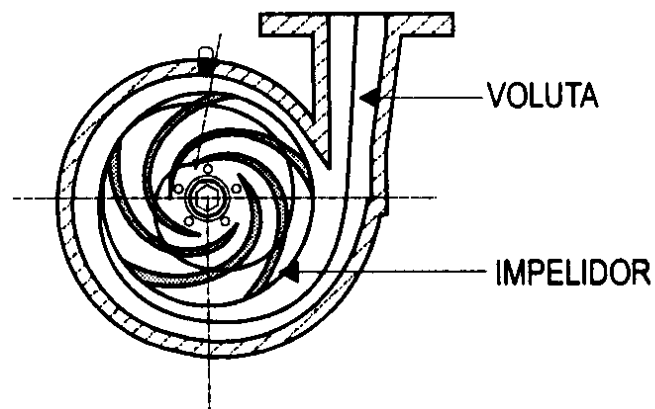
O corpo de uma bomba centrífuga de vários estágios é provido de dispositivos que levam o líquido descarregado pela periferia de um rotor ao centro do rotor do estágio seguinte.

#### 2.1.4 - Corpo

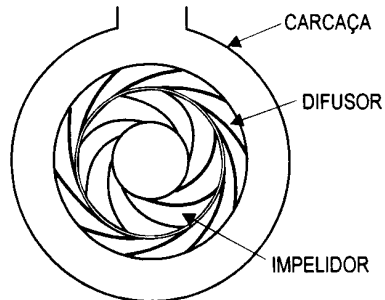
A entrada do líquido no corpo da bomba (também chamado de carcaça) recebe o nome de sucção ou admissão, enquanto a saída recebe o nome de descarga.



No caso mais simples do corpo de bomba centrífuga, a parte interna do corpo possui um formato especial para receber o líquido lançado pelo rotor, sem muita perda de carga.. Essas carcaças são chamadas de voluta.



Quando as características do líquido permitem, são empregados os difusores. Os difusores são chicanas fixas na parte interna da carcaça da bomba que recolhem o líquido, lançado pelo rotor, e dão o encaminhamento na direção da descarga da bomba. Com os difusores o rendimento é maior do que no primeiro caso.



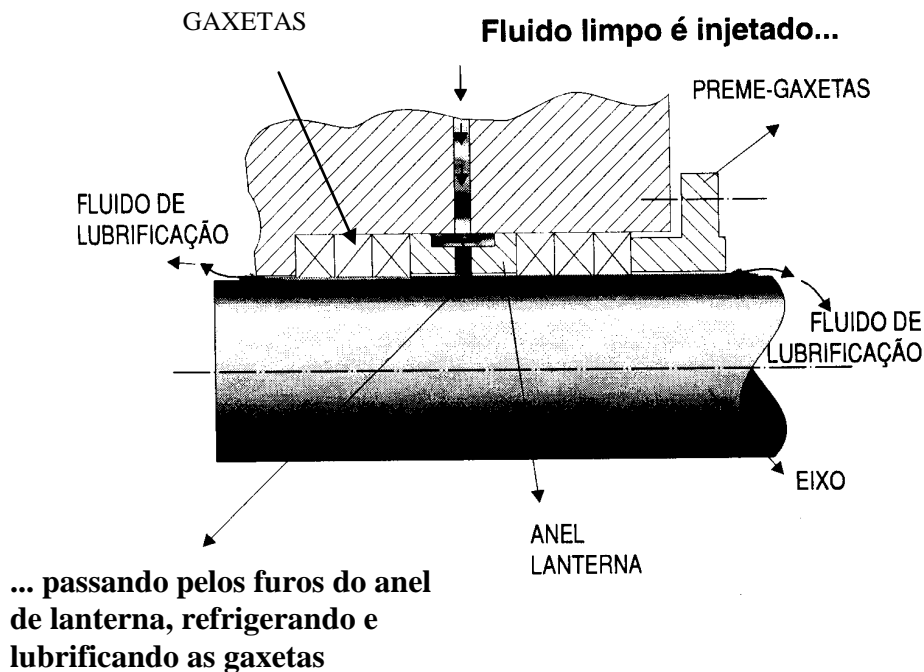
A carcaça da bomba geralmente é dividida em duas partes, aparafusadas uma à outra para facilitar o serviço de manutenção do equipamento. Assim a bomba pode ser aberta, removido o conjunto eixo-motor, sem necessidade de remoção das tubulações de sucção e descarga da bomba.

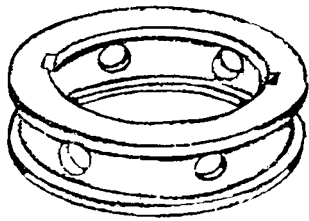
O corpo da bomba possui ainda um respirador e um dreno colocados, respectivamente, nos pontos mais alto e mais baixo do corpo da bomba centrífuga.

## 2.1.5 - Sistema de Selagem

### 2.1.5.1 - Caixa das Gaxetas

O tipo mais comum de câmara de vedação é o de caixa de gaxetas fixadas ao eixo pela sobreposta ou preme gaxetas e pela bucha, respectivamente no lado de fora e de dentro do corpo da bomba. O aperto das gaxetas é dado pela sobreposta.



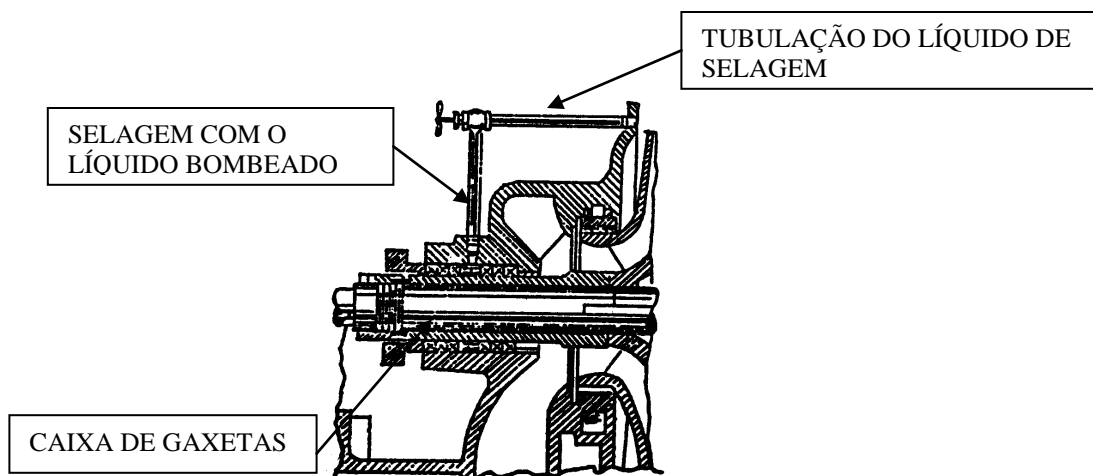


ANEL DE LANTERNA

Quando a bomba opera com líquido quente que dissolve o lubrificante das gaxetas, empregamos um selo líquido, o líquido de selagem. Este líquido de selagem protege a flexibilidade das gaxetas.

No centro das gaxetas é colocado o anel de lanterna, que permite o uso de um selo líquido ou de graxa. O anel de lanterna é um guia do líquido de selagem e a ele está ligado a tubulação do líquido de selagem.

O líquido de selagem, além de vedar, serve como lubrificante e refrigerante das gaxetas. O líquido de selagem pode ser o próprio líquido que está sendo bombeado.



Quando é um líquido diferente, ele é de composição parecida com a do líquido em bombeamento e é sempre um líquido de processamento. O líquido de selagem é introduzido no anel de lanterna com uma pressão maior ou igual à pressão de sucção da bomba.

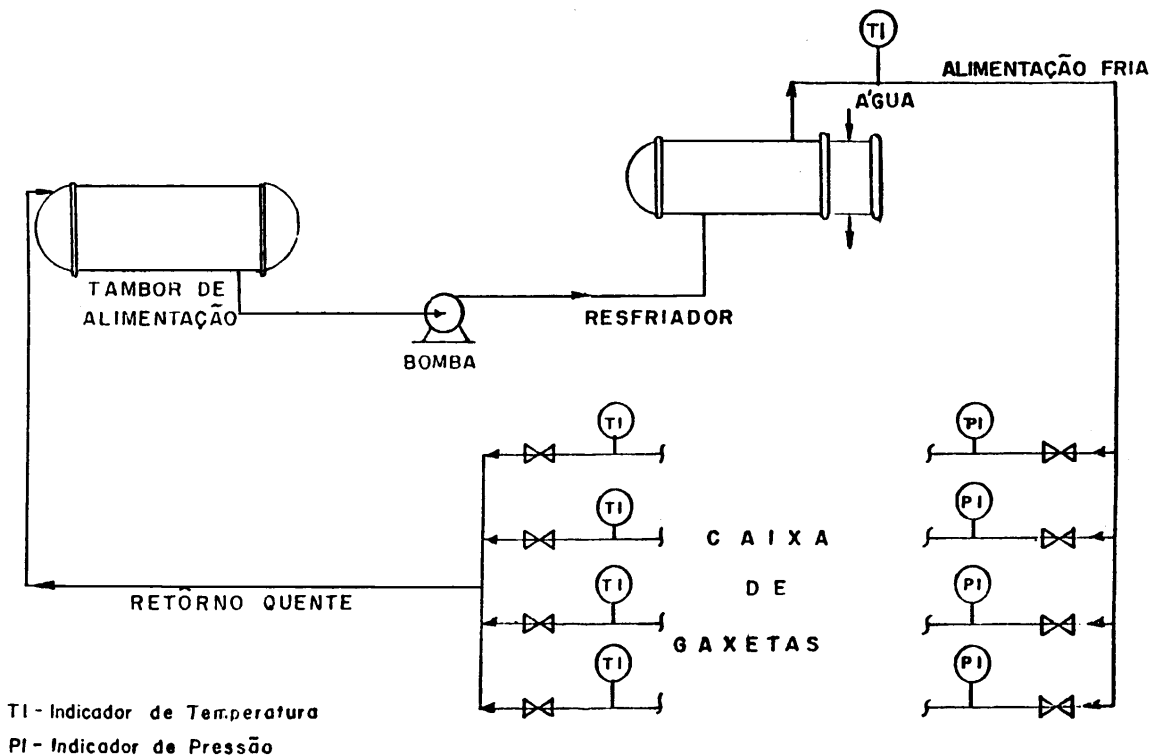
Quando o líquido de selagem não é o próprio líquido em bombeamento o seu retorno pode ser enviado à sucção da bomba ou a um sistema independente de recuperação.

No segundo caso, o líquido de selagem é succionado por uma bomba de um tambor de alimentação e bombeado através de um resfriador para uma rede de distribuição. Esta rede alimenta as diversas caixas de gaxetas de várias bombas.

Depois de passar pelas caixas de gaxetas o líquido de selagem volta ao tambor de alimentação. A válvula da linha de líquido de selagem na entrada do anel de lanterna, serve para regular a pressão do líquido de selagem sobre as gaxetas. Os medidores de pressão (PI) e de temperatura (TI) servem para a verificação das condições de pressão e temperatura do líquido de selagem.

O sistema de gaxetas simples é empregado com sucesso para líquidos de no mínimo 0,60 de densidade. Para líquidos quentes de processamento de petróleo, o melhor sistema é o de gaxetas com líquido de selagem. No bombeamento de líquidos muito voláteis o sistema mais adequado é o do selo mecânico.

O sistema de gaxetas reduz mas não elimina o vazamento na caixa das gaxetas. O vazamento serve como lubrificação das gaxetas, sendo que a não existência de vazamento, por aperto excessivo, pode resultar em aquecimento e desgaste exagerados.



### 2.1.5.2 - Selo Mecânico

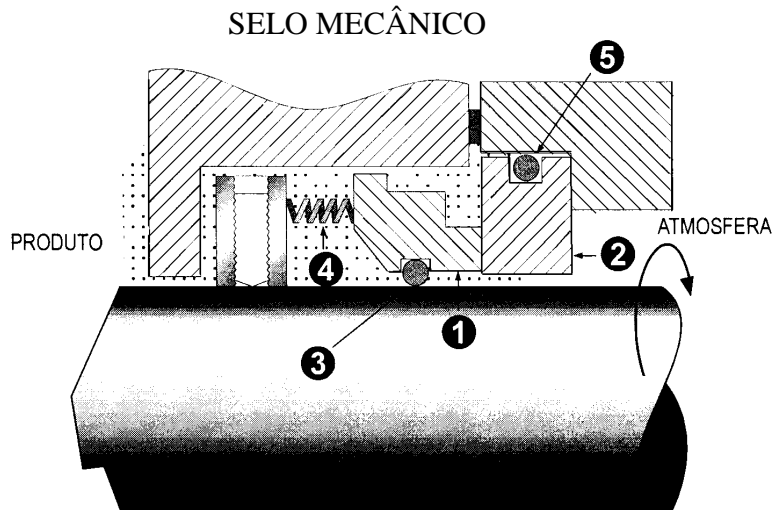
Em muitos casos, em que há necessidade de uma vedação mais rigorosa do que é conseguido com a caixa das gaxetas, o sistema empregado é o do selo mecânico. O selo mecânico consiste, em essência, de dois anéis polidos mantidos em contato por um sistema de molas. Um dos anéis está preso ao eixo por um anel de borracha e gira com o eixo da bomba, é o elemento móvel do selo mecânico. O sistema de molas mantém a face polida, do elemento rotatório, firmemente em contato contra a face polida em um anel de carvão fixo. Este anel de carvão faz parte do elemento fixo do selo mecânico que fica solidamente preso ao corpo da bomba.

As superfícies polidas dos dois discos, rotatório e fixo, formam o meio vedante e frequentemente operam por longo tempo sem o menor vazamento.

Atualmente há uma tendência de generalização do uso do selo mecânico.

Entre as vantagens do selo mecânico encontramos as seguintes:

- a) Menor custo de manutenção;
- b) Não precisa de ajustes;
- c) Vedação perfeita;
- d) Não há contaminação do líquido em bombeamento.



1. **Sede rotativa** - Gira junto com o eixo. Desliza sobre a sede estacionária e é responsável pela vedação primária.
2. **Sede estacionária** - Fica fixa à carcaça através da sobreposta.
3. **Vedação secundária** - Evita vazamento entre o eixo e a sede rotativa.
4. **Mola** - Mantém a sede rotativa sempre em contato com a sede estacionária.
5. **Vedação secundária** - Evita vazamento entre a sobreposta e a sede estacionária.

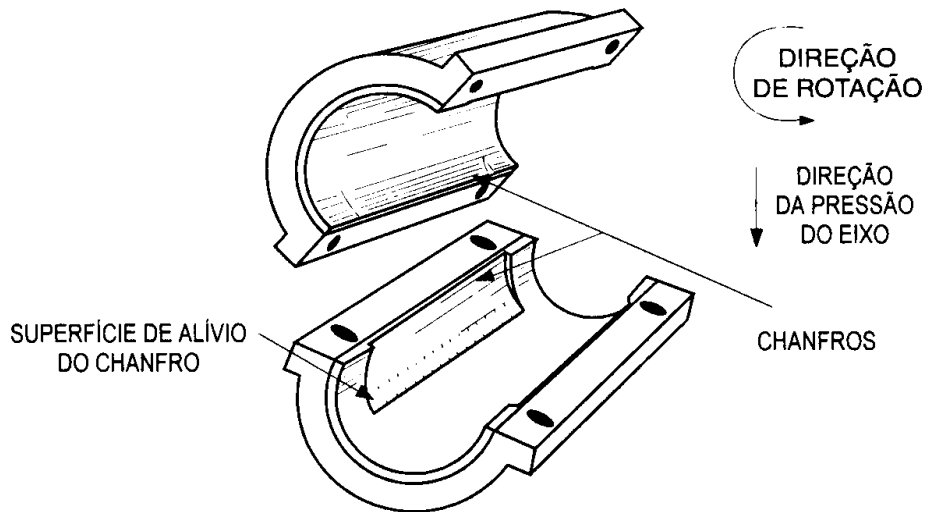
### 2.1.6 - Mancal

O mancal pode variar em número e tipo, de acordo com as condições de trabalho e tamanho da bomba centrífuga. Geralmente para bombas centrífugas de grande porte onde as cargas axiais e radiais são consideravelmente grandes se utiliza os mancais de deslizamento, onde o eixo desliza sobre uma outra superfície metálica lubrificada com óleo sob pressão, mais adequados a essas condições.

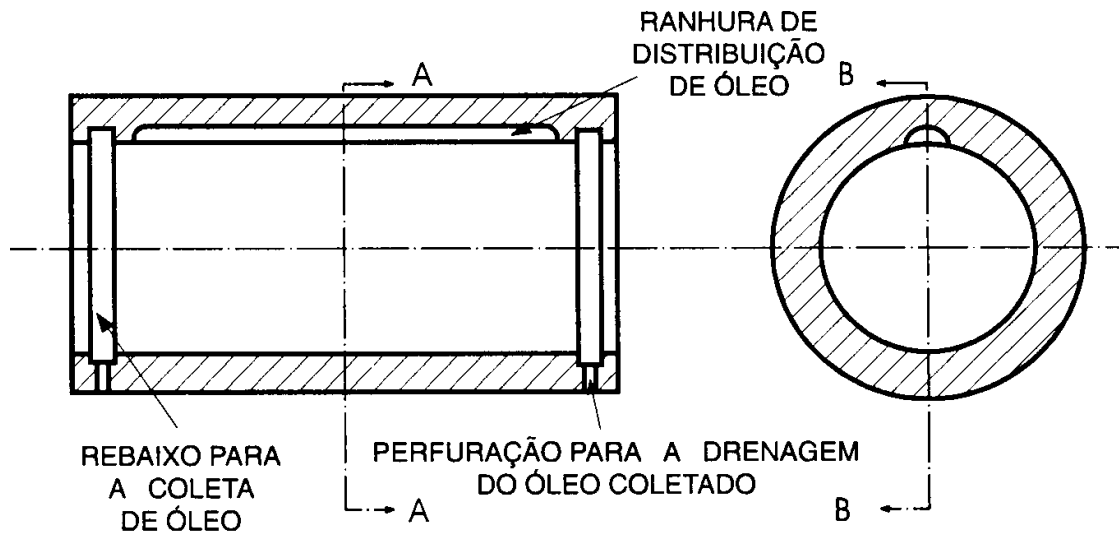
O mais comum é o mancal de rolamento lubrificado óleo ou graxa. Este mancal é constituído de uma série de esferas montadas entre duas guias, uma interna e outra externa. A guia interna gira com o eixo e a externa é fixa na caixa do mancal.

O lubrificante serve para reduzir o desgaste pela diminuição do atrito entre as partes em contato.

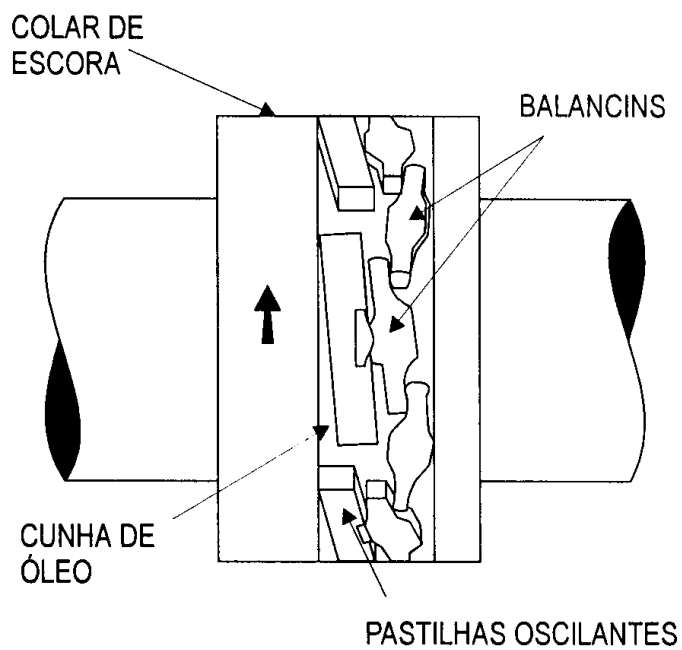
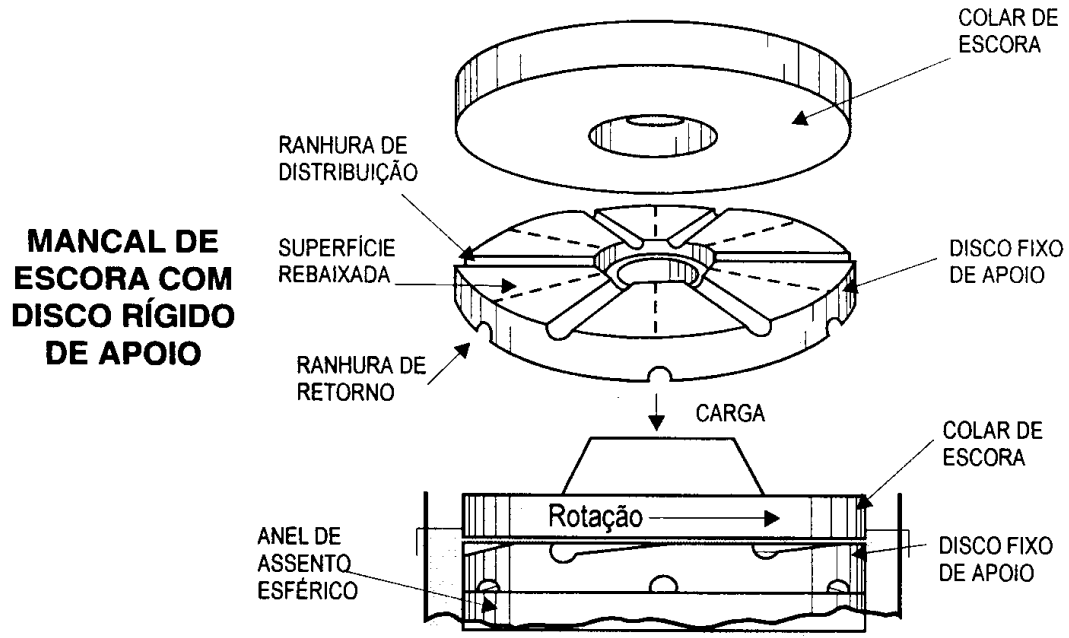
## Mancais Radiais de Deslizamento Bi-Partidos



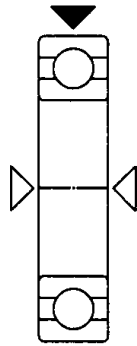
## Mancais Radiais de Deslizamento Inteiro (Buchas)



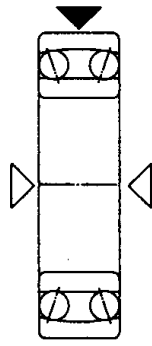
## Mancais de deslizamento axiais



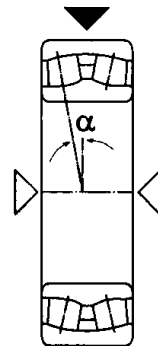
## Mancais de rolamento



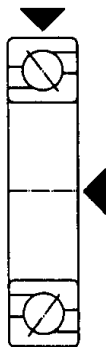
**Rolamento de esferas**



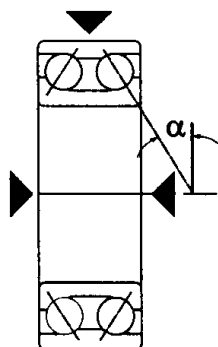
**Rolamento auto compensador de esferas**



**Rolamento auto compensador de rolos**



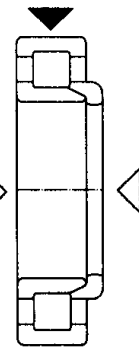
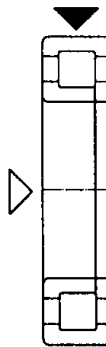
**Rolamento de esferas de contato angular**



**Rolamento de dupla carreira de esferas de contato angular**



**Rolamentos de rolos cilíndricos**



**SENTIDO DA CARGA:**

▼ **PRINCIPAL**

▽ **SECUNDÁRIO**

### 2.1.7 - Refrigeração

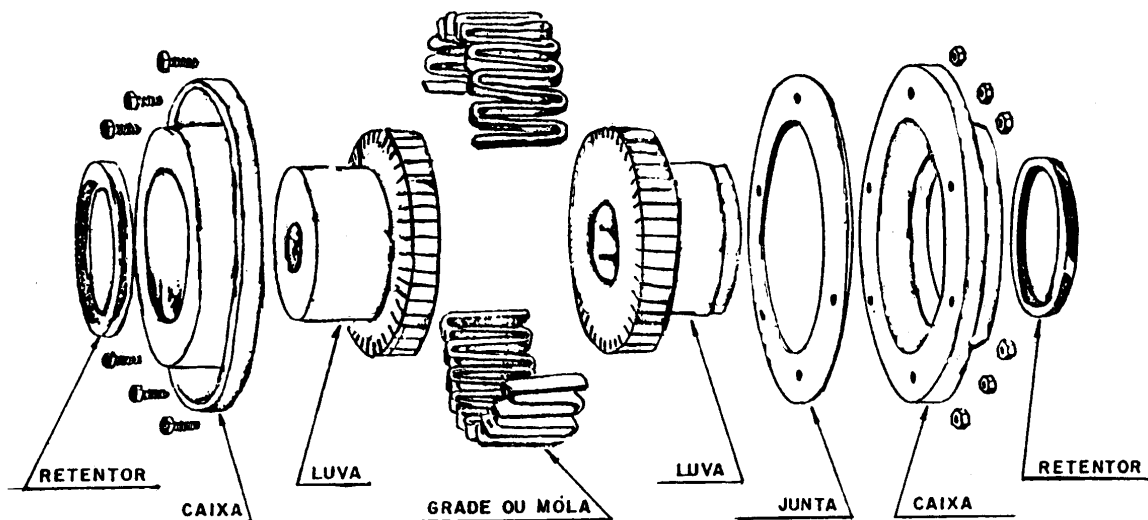
Quando a bomba trabalha com líquido quente, para que a temperatura do equipamento não suba muito, é feita refrigeração do mancal e de outras partes possíveis de serem afetadas por meio de camisas de refrigeração, que envolvem o elemento em questão.

Nas camisas de refrigeração circula água tratada para a remoção do calor. Uma água não tratada pode acarretar depósitos e corrosão nas camisas de refrigeração.

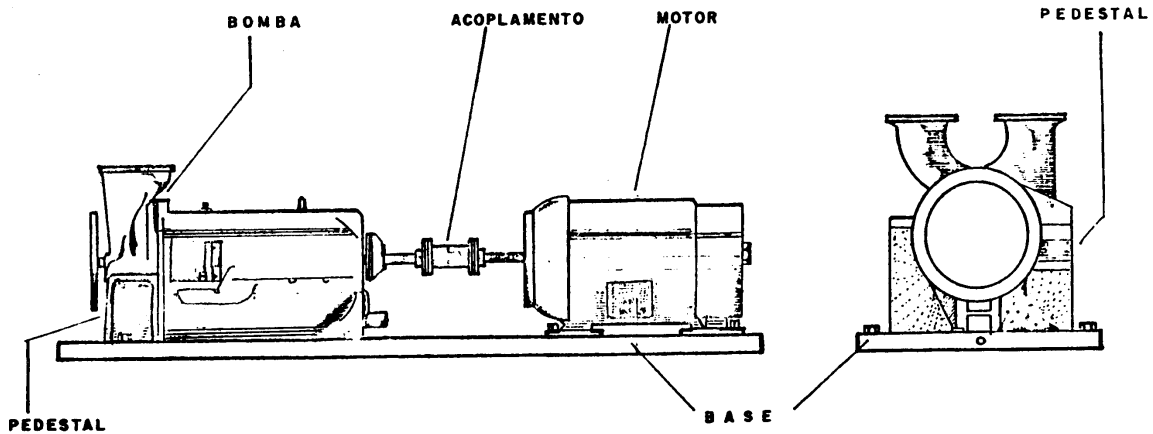
### 2.1.3 - Acionador, Acoplamento e Base

Uma bomba centrífuga dá ao líquido que está sendo bombeado um aumento de pressão que é conseguido a custa de um fornecimento de energia.

Esta energia é suprida pela acionador da bomba, que pode ser um motor elétrico, uma turbina a vapor ou um motor a explosão. Como a bomba e o acionador são montados em separado, é necessário o emprego de uma ligação entre ambos. O eixo da bomba é ligado ao eixo do acionador por um dispositivo chamado acoplamento.



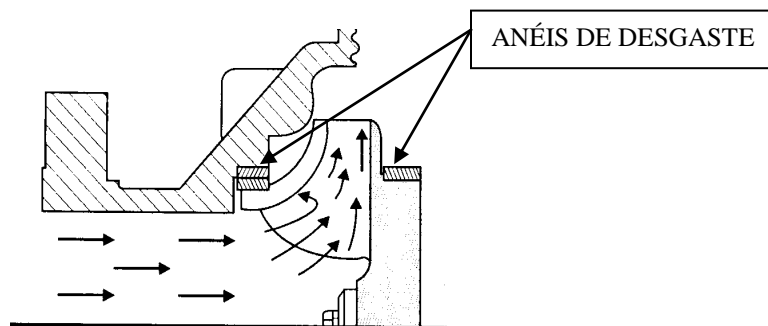
A bomba e seu acionador ficam montados sobre uma placa única que serve de base. O corpo da bomba fica apoiado na base por meio de um pedestal.

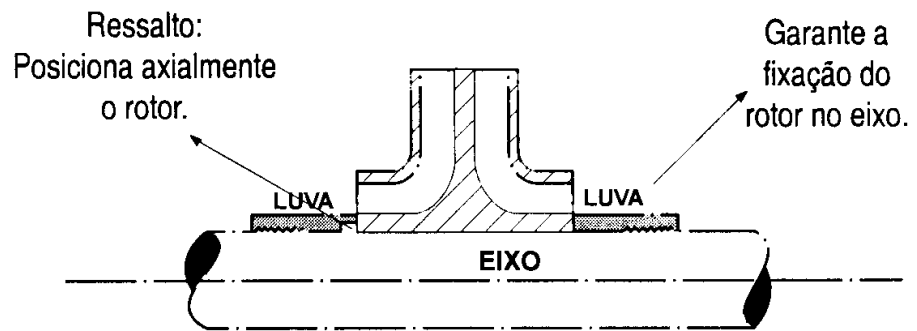
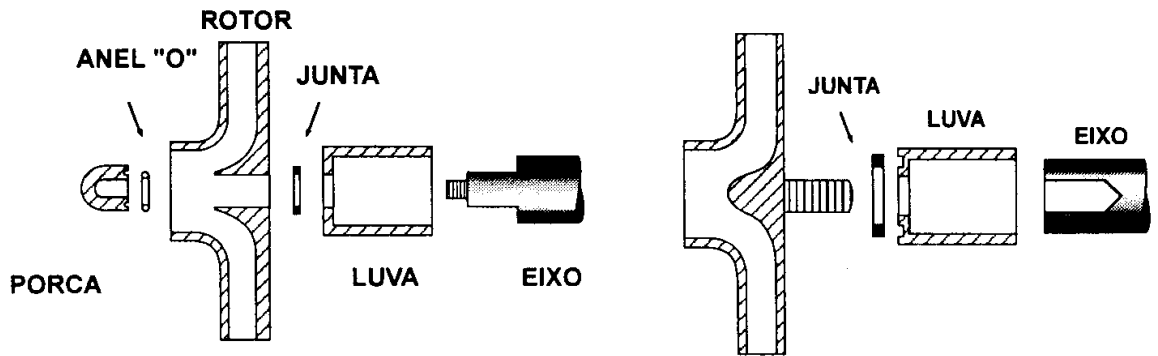


### 2.1.9 - Proteção ao Desgaste

Contra o desgaste pelo atrito, o eixo está protegido em diversos pontos por luvas e anéis de desgaste. Por exemplo, na altura da caixa das gaxetas o eixo é mais grosso pela existência de uma luva de desgaste. Assim, com o desgaste são trocados os anéis e luvas de desgaste do eixo, permanecendo a peça principal intacta.

A manutenção fica mais barata, pois um anel ou uma luva do eixo tem menor custo do que o eixo inteiro.

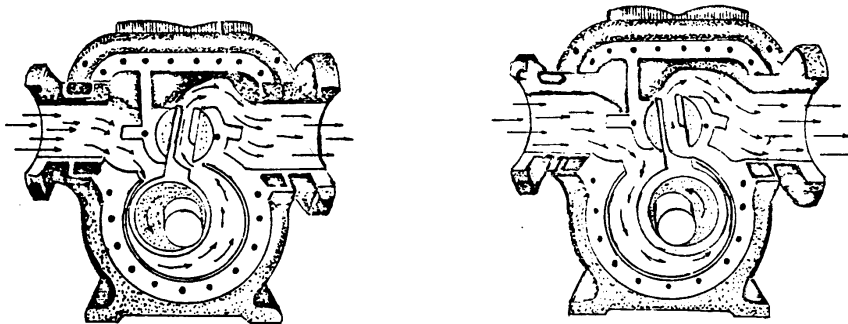




### 3 - BOMBAS ROTATIVAS

A Bomba Rotativa consta, em essência, de uma parte móvel girando dentro de uma carcaça. A rotação desta parte móvel cria uma cavidade onde o líquido é transportado da sucção para a descarga. O líquido aprisionado na cavidade é forçado a passar da sucção para a descarga por efeito do empurrão dado pelo elemento rotatório.

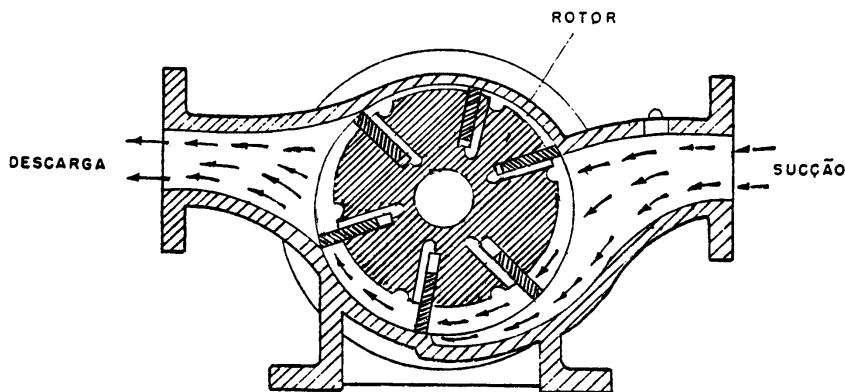
Nas figuras abaixo podemos verificar o princípio de funcionamento de uma bomba rotativa. O elemento rotatório ao entrar em movimento cria um espaço, onde o líquido penetra e é aprisionado. Com o deslocamento do espaço, o líquido é empurrado para a descarga da bomba.



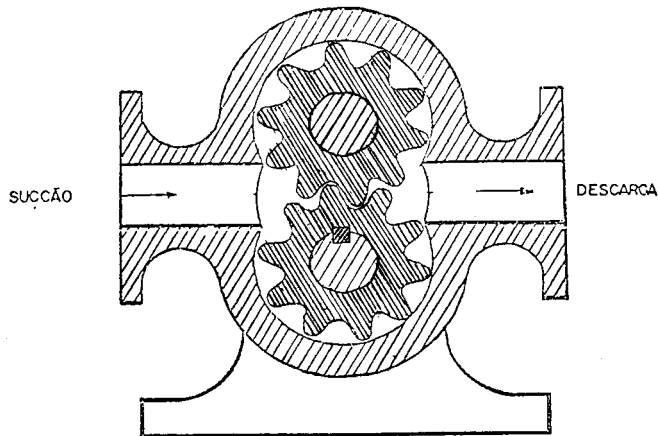
Existem diversos tipos de bombas rotativas: de palhetas, de engrenagem, de parafusos e de lóbulos.

**Bomba rotativa de palhetas:** esta bomba possui um rotor cilíndrico com ranhuras radiais dentro das quais são montadas as palhetas. Este rotor é montado excentricamente dentro de uma carcaça cilíndrica. Com o movimento de rotação do rotor as palhetas deslizam sobre a superfície cilíndrica interna da carcaça, sendo pressionadas contra ele pela força centrífuga devido ao movimento de rotação, e também pelo efeito de um sistema de molas dentro das ranhuras conforme o tipo de bomba.

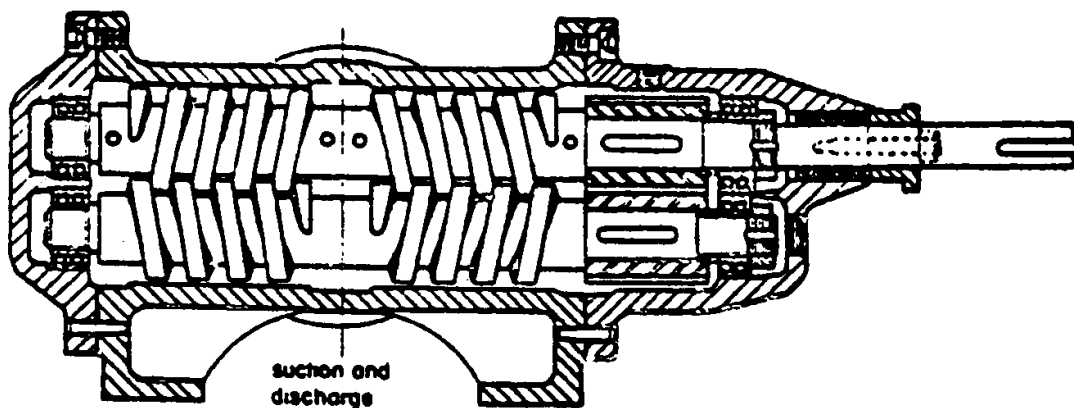
As bombas de palhetas são empregadas para pressões não muito altas. Trabalham geralmente com produtos viscosos e são lubrificadas pelo próprio líquido em bombeamento.



**Bomba rotativa de engrenagem:** é constituída por duas engrenagens cilíndricas, retas ou helicoidais, que giram em sentidos contrários, alojadas com ajustagem conveniente dentro da carcaça. O líquido é transportado pelas cavidades formadas entre os dentes das engrenagens e a superfície interna da carcaça. Estas bombas são empregadas para vazões relativamente baixas e pressões altas no bombeamento de produtos viscosos.

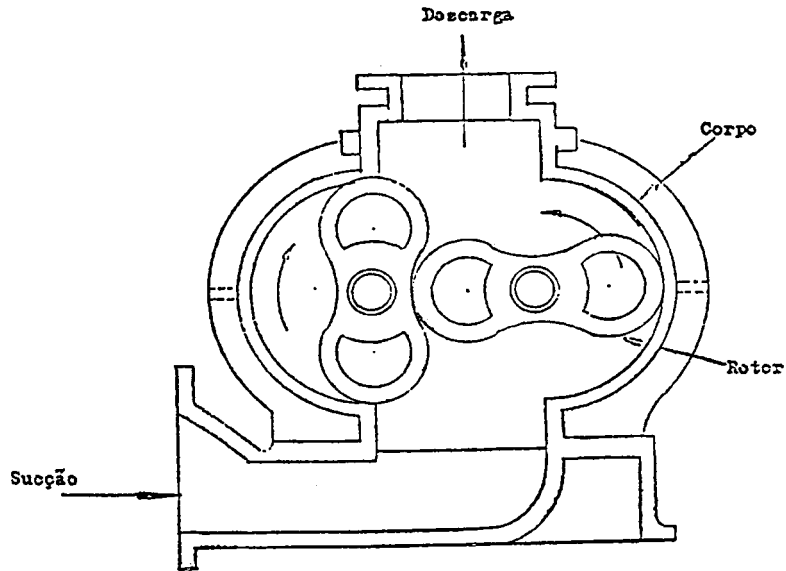


**Bomba rotativa de parafusos:** é formada por dois parafusos de rosca sem fim que giram casados, em sentidos contrários, com folgas convenientes dentro de uma cavidade da carcaça. Estes parafusos ao girarem, conduzem o líquido encerrado entre eles e a carcaça.



**Bomba rotativa de lóbulos:** é uma bomba com dois rotores de sucção em forma de número oito, com eixos paralelos, girando em sentidos contrários dentro de uma carcaça. A bomba de lóbulos pode ser considerada como um caso limite de uma bomba de engrenagens de dois "dentes" apenas.

Entre os quatro tipos principais de bombas rotativas, as que tem maior aplicação são as de palhetas e de engrenagens. As helicoidais e de lóbulos são pouco usadas.

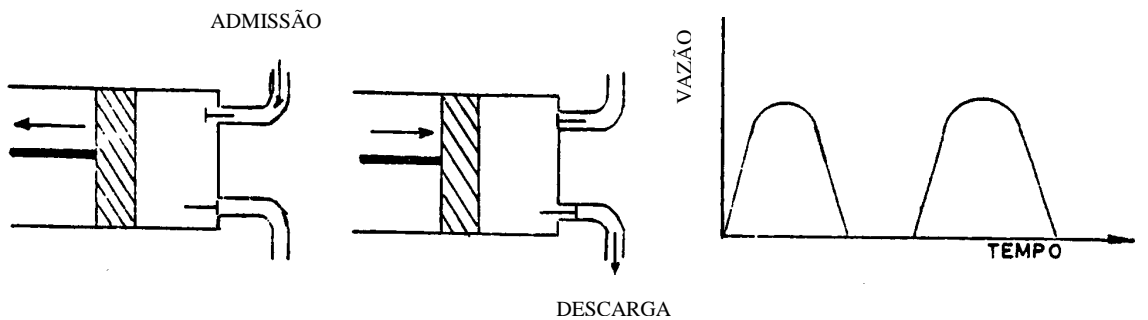
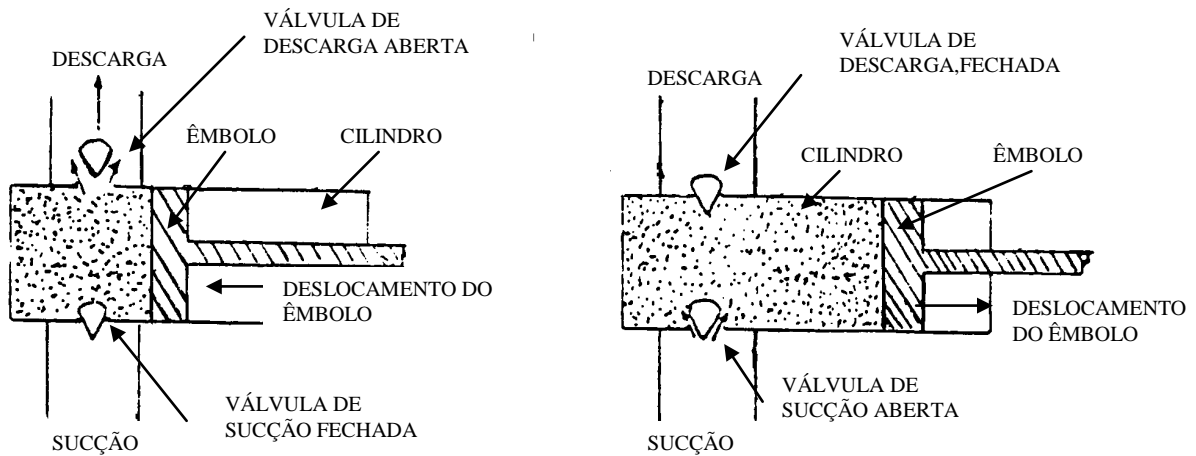


## 4 - BOMBAS ALTERNATIVAS

Uma bomba alternativa consta essencialmente de um cilindro com duas válvulas do tipo de retenção, dentro do qual corre um êmbolo.

### 4.1 - Princípio de Funcionamento

A bomba exerce a sua ação de bombeamento através de empurrão e sucção alternados, produzidos pelo êmbolo em deslocamento dentro do cilindro. Assim, o líquido é movimentado pelo aumento e diminuição alternados do volume disponível dentro do corpo da bomba.



## 4.2 - Partes Componentes

Na bomba alternativa encontramos os seguintes elementos:

- Êmbolo
- Corpo
- Haste.

O êmbolo (também chamado de pistão) é o elemento móvel da bomba alternativa que possui um movimento de vai e vem, isto é, alternativo.

O corpo (ou carcaça) é constituído do cilindro, das válvulas de retenção da sucção e da descarga, e do engaxetamento. O engaxetamento é o sistema de gaxetas que impede o vazamento do líquido no ponto em que a haste aflora do cilindro.

A haste é o elemento que une o embalo com o acionador da bomba.

### 4.2.1 - Lado do Vapor

O êmbolo esta ligado por uma haste ao acionador da bomba. O acionador pode ser uma turbina ou um motor elétrico ou um motor de explosão. O acoplamento da haste da bomba ao acionador á feito por um dispositivo que transforme o movimento rotatório do acionador em movimento alternativo.

Em muitos casos, o acionador á um sistema inverso do da bomba alternativa, formando parte integrante da bomba. Este sistema consta de um cilindro dentro do qual corre um êmbolo.

Este cilindro acionador tem o seu êmbolo movimentado pela ação da um agente acionador, ar comprimido , vapor d'água sob pressão ou motor.

O vapor entrando, alternadamente, de um lado e de outro do êmbolo, aciona êmbolo de um lado para outro. A válvula distribuidora de vapor regula a admissão e a exaustão do vapor alternadamente em cada um dos lados.

A haste do êmbolo do vapor está ligada à haste do êmbolo de líquido, possibilitando assim a transmissão do movimento.

### 4.2.2 - Lado do Líquido

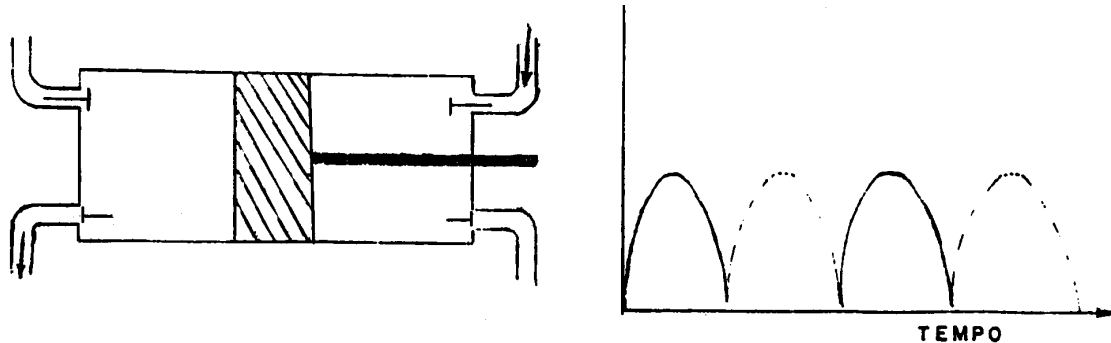
Quando o volume aumenta, o liquido á succionado para o interior do cilindro e quando o volume diminui, o líquido é expulso para o exterior da bomba. As duas válvulas de retenção, uma colocada na entrada e outra na saída, obrigando o líquido a manter apenas um único sentido de escoamento. O movimento das válvulas de retenção da sucção e da descarga é provocado pela diferença de pressão entre os lados interno e externo. Esta diferença de pressão é gerada pela distensão e compressão decorrente do movimento do êmbolo dentro do cilindro.

A repetição destes movimentos dá o escoamento do líquido, num regime dito pulsátil, pois o movimento do líquido não é contínuo.

A pulsação geralmente é indesejável em um bombeamento. Para diminuí-la usam-se diversos melhoramentos e artifícios que foram introduzidos com o desenvolvimento da tecnologia mecânica.

Entre eles, temos:

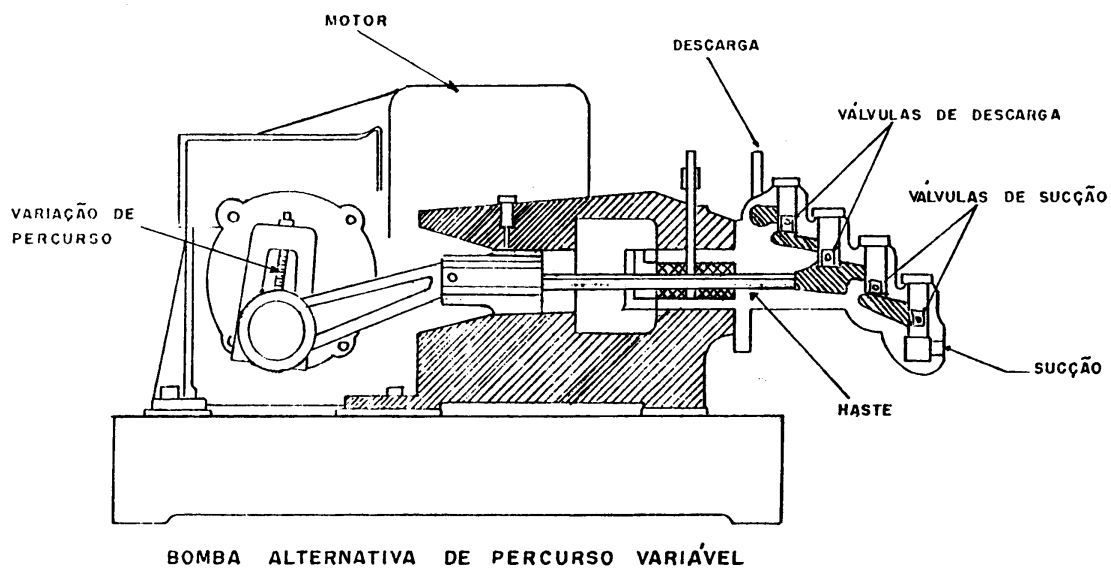
#### 4.3 - Bomba de dupla ação



#### 4.4 - Bomba duplex de dupla ação

Consta de uma bomba com dois cilindros de dupla ação, funcionando defasados, a fim de diminuir a pulsação, conforme se verifica na figura 18 (vazão x tempo).

A capacidade de uma bomba alternativa independe da pressão a ser exercida; é função apenas do cilindro, do percurso e da velocidade do êmbolo. Desta forma, uma maneira de variar a vazão de uma bomba alternativa é alterar o percurso do êmbolo, conforme representado na figura abaixo.



Um recurso ainda pode ser utilizado: abrir o desvio da descarga para a sucção, de forma que, embora permaneça constante a vazão da bomba, parte do líquido bombeado é recirculado. A pressão na descarga á função apenas da ação do sistema sobre a bomba. Assim, se formos fechando gradativamente a válvula de descarga da bamba, a pressão irá se elevando sem, contudo, haver variação na quantidade de líquido bombeado. Por esta razão é que não se deve fechar a descarga de uma bomba alternativa, pois ocorrerá uma das duas hipóteses:

- o motor pára, podendo se danificar;
- se o motor for suficientemente potente, a bomba romperá.

No caso de o acionador ser do tipo cilindro, movido a ar comprimido ou vapor d'água sob pressão , ocorrerá o seguinte: à medida que fechamos a válvula na descarga da bomba alternativa, a pressão irá se elevando. Esta elevação de pressão do lado do cilindro de liquido será transmitida ao cilindro de vapor pela haste. Desta forma, o movimento imprimido pelo vapor ao êmbolo será menos acelerado, em virtude de encontrar maior reação por parte do êmbolo e, conseqüentemente, menor será a vazão e a pressão em tal bomba alternativa, mas não é inerente à bomba e dependerá do sistema de bombeamento e da pressão do agente que cede energia ao acionador.

Ainda assim é extremamente perigosa a prática de fechar a descarga da bomba pois a pressão no cilindro atingirá valores muito altos, passíveis de danificá-lo.

A bomba alternativa pode fornecer praticamente qualquer pressão que se deseje. As limitações são a resistência do material, o tamanho da bomba e a potência do acionador.

Na placa de operação da bomba alternativa estão marcados os seguintes dados:

$$(DCV) \times (DCL) \times (P)$$

DCV = Diâmetro do cilindro de vapor

DCL = Diâmetro do cilindro de líquido

P = Percurso.

O percurso (stroke) é a extensão percorrida pelo êmbolo de líquido em cada movimento num sentido.

#### **4.4.1 - Aplicações das bombas alternativas**

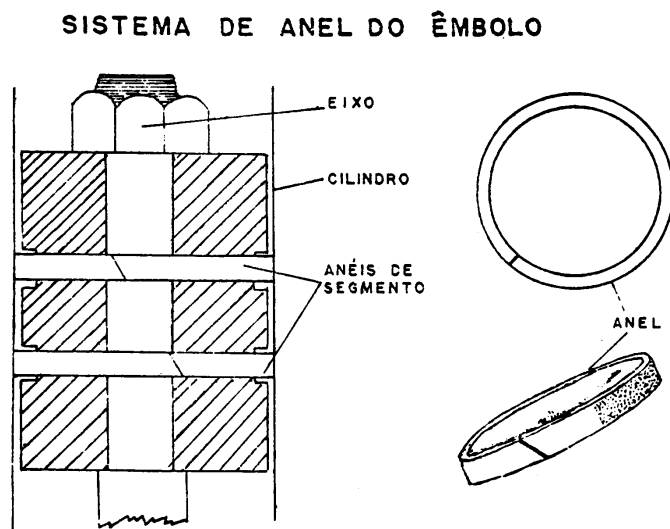
- Bombas proporcionadoras
- Baixas capacidades e altas pressões
- Cargas acima de 1500 m
- Líquidos muito viscosos
- Casos em que o comportamento pulsátil pode ser tolerado.

#### 4.5 - Vedação

Conforme foi visto, as válvulas de sucção e descarga do corpo da bomba funcionam como as válvulas de retenção. Na figura 20 temos um exemplo típico destas válvulas. O assento da válvula está preso no corpo da bomba e possui no centro um eixo no qual desliza um disco de borracha. O disco de borracha desliza sob a pressão da mola e das diferenças de pressão do líquido.

O engaxetamento do cilindro no ponto em que a haste aflora do corpo da bomba é semelhante ao caso das gaxetas da bomba centrífuga.

O êmbolo possui um sistema de vedação colocado em sua periferia.



São os anéis de segmento. Em algumas bombas o engaxetamento é colocado e o êmbolo fica parcialmente mergulhado no cilindro.

#### 5 - CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS

Na transferência de um líquido por meio de uma bomba, há um aumento de pressão e de vazão do líquido, aumentos estes, obtidas a custa de um consumo de energia que é fornecida pelo acionador da bomba.

Em toda a transferência de energia, uma parte da energia transferida é perdida. Assim, a energia adicionada ao líquido pela bomba é sempre menor do que a consumida pelo acionador. A relação entre estas duas quantidades de energia é de importância na avaliação da eficiência do conjunto bomba - acionador. Chama-se eficiência da bomba a relação entre a energia adicionada ao líquido e a energia consumida pelo acionador.

$$(\text{Eficiência}) = \frac{(\text{Energia fornecida ao líquido})}{(\text{Energia consumida pelo acionador})}$$

A eficiência é sempre expressa em percentagem.

Estas quatro condições: vazão (ou capacidade), pressão (ou altura manométrica) potência e eficiência (ou rendimento), fornecem os meios de estudo das características específicas dos diversos tipos de bombas.

As características são:

**1- Capacidade da Bomba** - é a vazão de líquido que passa pela bomba.

**2 - Altura de Elevação** - a altura a que o líquido pode ser bombeado e está intimamente ligada ao aumento da pressão recebido pelo líquido.

**3 - Potência** - é a energia necessitada nela bomba na unidade de tempo.

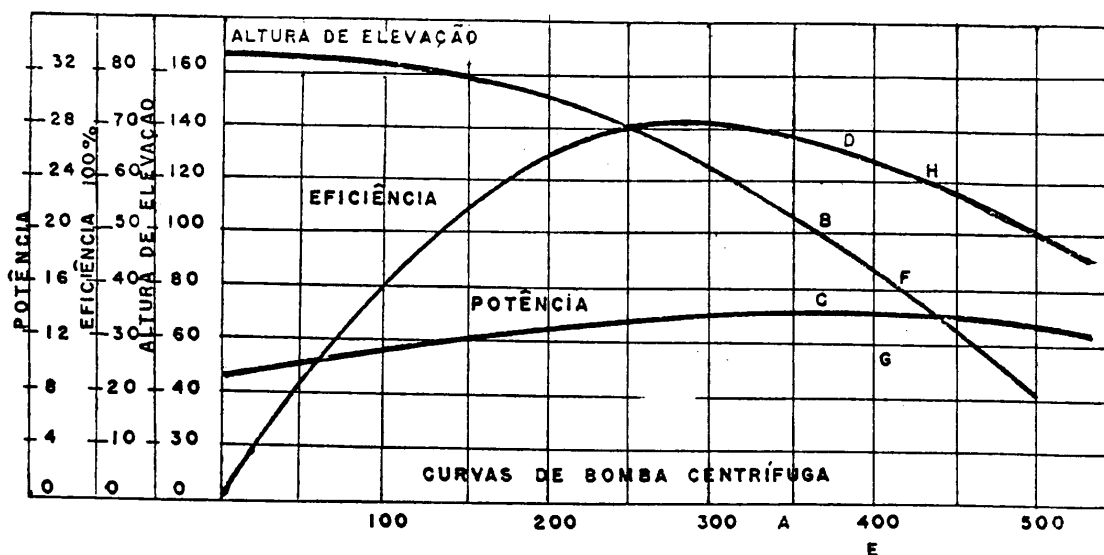
**4 - Eficiência** - é a relação entre a potência fornecida ao líquido e a potência consumida pelo acionador para produzir o escoamento.

### **5.1 - Bomba Centrífuga**

Colocando as quatro características de urna bomba centrífuga em um gráfico, são obtidas curvas como as da figura 22. No gráfico são comparadas a potência, a altura de elevação e a eficiência, em relação a capacidade numa determinada velocidade de rotação da bomba.

Pelo estudo do gráfico é verificado que para cada capacidade existe somente uma altura de elevação, uma potência e uma eficiência. Com a bomba trabalhando na capacidade "A", vamos ter uma altura de elevação "B", um consumo de energia "C" e uma eficiência "D". Caso a capacidade aumente para "E", os valores das demais características também mudam. A potência cai de "C" para "G", a altura de elevação diminui de "B" para "F" e a eficiência também diminui de "D" para "H". Pelo gráfico pode ser verificado que variando uma das características da operação da bomba as demais características também variam. Assim, variando a pressão de descarga da bomba (traduzida pela altura de elevação) variam também a capacidade, a potência e a eficiência. Quando é variada a vazão da bomba (traduzida pela capacidade) variam também a potência, a eficiência e a pressão de descarga (traduzida pela altura de elevação) da bomba.

O gráfico representado a seguir é referente a uma determinada velocidade de rotação da bomba. Em outra velocidade de rotação as curvas assumem outros valores. Esta modificação é decorrente do fato de a força centrífuga variar com a velocidade de rotação. Variando a força centrífuga variam também as características imprimidas ao líquido.



Na placa de operação da bomba estão especificadas as características correspondentes à eficiência máxima (referente à velocidade de rotação do projeto).

Estas recebem os nomes de capacidade nominal, energia nominal e altura de elevação nominal

Pelo gráfico é verificado que a bomba centrífuga pode trabalhar com a válvula de descarga fechada (capacidade zero) que dá um consumo de energia não muito alto e uma pressão de descarga não muito elevada. No gráfico é verificado também que a eficiência máxima, não correspondem os máximos de potência e altura de elevação.

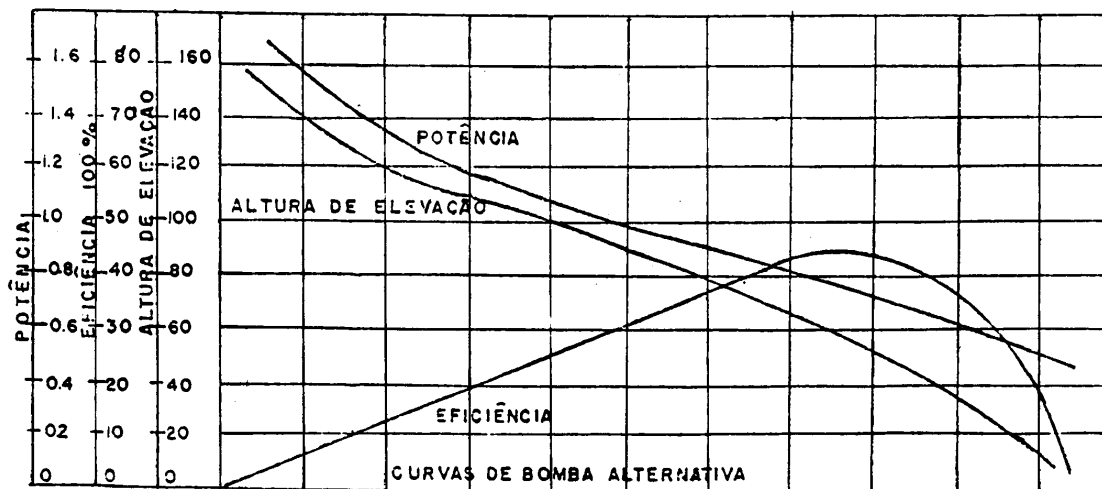
Operando a uma velocidade constante a bomba centrífuga pode fornecer qualquer capacidade (vazão) desde zero até um máximo dependendo das condições de projeto da bomba e condições de sucção. A pressão e a vazão de um bombeamento com bomba centrífuga não apresentam pulsações.

A altura de elevação e a pressão de descarga estão intimamente ligadas; entretanto a altura de elevação só depende da força centrífuga gerada, enquanto que a pressão da descarga depende da densidade do líquido. Assim uma determinada bomba com a mesma velocidade de rotação dá a mesma altura de elevação para qualquer líquido. É lógico que quanto mais denso for o líquido maior será o consumo de energia pelo acionador para a obtenção da mesma velocidade de rotação.

A pressão de descarga, para uma mesma velocidade de rotação, é proporcional à densidade do líquido. Quanto mais denso for o líquido maior a pressão de descarga obtida.

## 5.2 - Bomba Alternativa

A colocação em gráfico das características da bomba alternativa resulta nas curvas da figura a seguir.



Da representação gráfica é verificado que à capacidade zero (válvula de descarga fechada), a necessidade de energia é muito grande e a pressão de descarga da bomba é muito elevada (traduzida pela altura de elevação).

## 5.3 - Bomba Rotativa

A bomba rotativa é muito usada para bombeamento de líquidos altamente viscosos. Com a válvula de descarga fechada o comportamento da bomba rotativa é igual ao da bomba alternativa; entretanto, o bombeamento é uniforme como na bomba centrífuga. A capacidade da bomba rotativa varia diretamente com a velocidade da bomba e pode ser afetada pela viscosidade do líquido. O consumo de energia aumenta com a elevação da viscosidade do líquido, enquanto que a eficiência diminui. isto também é verdadeiro nos outros tipos de bombas, mas de realce para as rotativas, pelo fato destas bombas serem muito empregadas para líquidos viscosos.

## 5.4 - Comparação dos Tipos de Bombas

### 5.4.1 - Características Operacionais das bombas

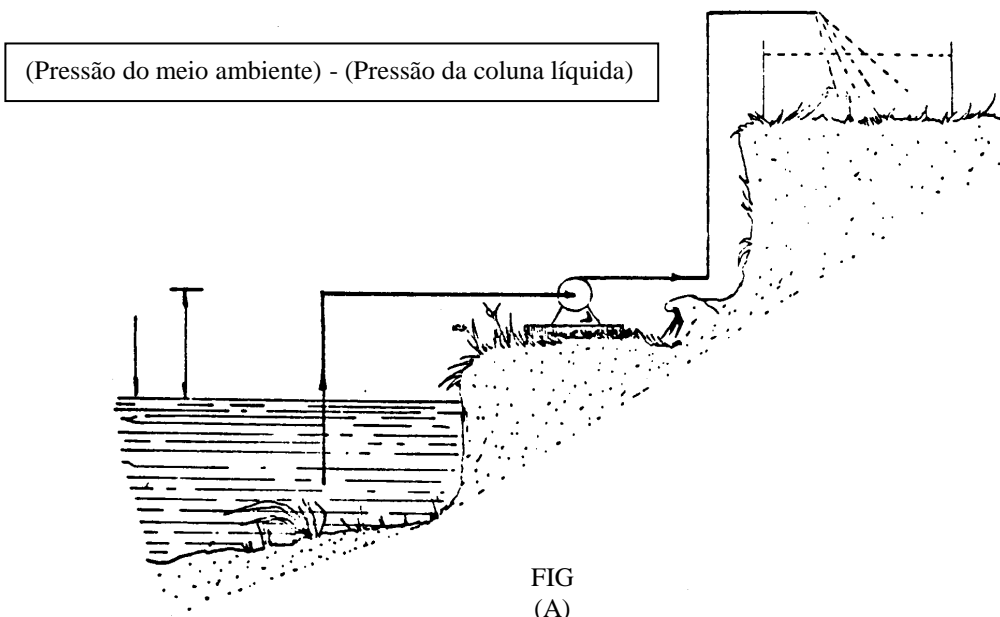
Quadro 1

	Bomba Centrífuga	Bomba Rotativa	Bomba alternativa
Bombeamento	Contínuo	Contínuo	Intermitente
Efeito do fechamento da válvula de descarga:			
1 - Pressão	Pequeno aumento	Aumento excessivo	Aumento excessivo
2- Potência	Diminui	Aumento excessivo	Aumento excessivo

O quadro comparativo 01 mostra um resumo das diferenças de características entre os tipos de bombas estudados. De um lado fica a bomba centrífuga, com o movimento do líquido provocado por um efeito dinâmico, que é a ação da força centrífuga. Do outro lado ficam as bombas rotativas e as alternativas com o movimento, do líquido provocado por um deslocamento positivo, em que o líquido é realmente empurrado. Estas são as causas básicas das diferenças de características entre os três tipos estudados.

### 5.4.2 - Sucção

Uma bomba succiona o líquido por uma diferença de pressão, entre a pressão que atua sobre a superfície do líquido no reservatório e o vácuo parcial criado na bomba. Este vácuo é produzido em uma bomba de deslocamento positivo (bombas rotativas e alternativas) pelo movimento do êmbolo, engrenagem etc. Numa bomba centrífuga este vácuo é produzido pela saída do líquido através da descarga da bomba. Nas figuras abaixo a pressão que atua contra o vácuo parcial criado na bomba é a seguinte:



(Pressão do meio ambiente) + (Pressão da coluna líquida)

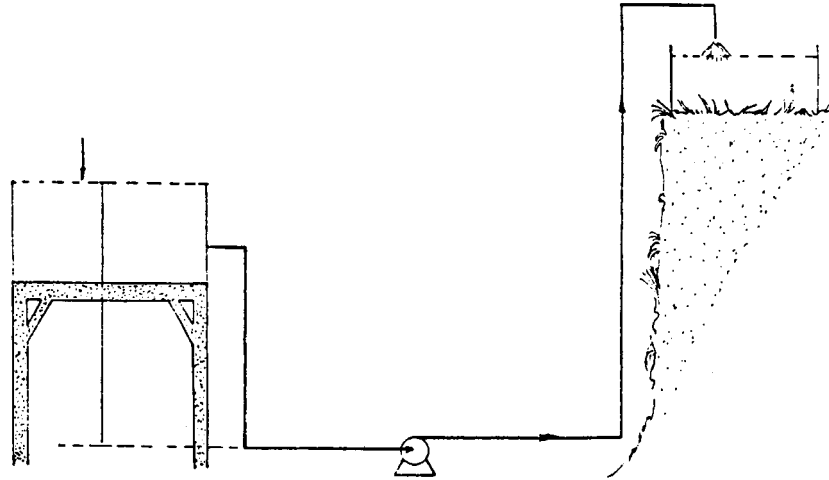


FIG  
(B)

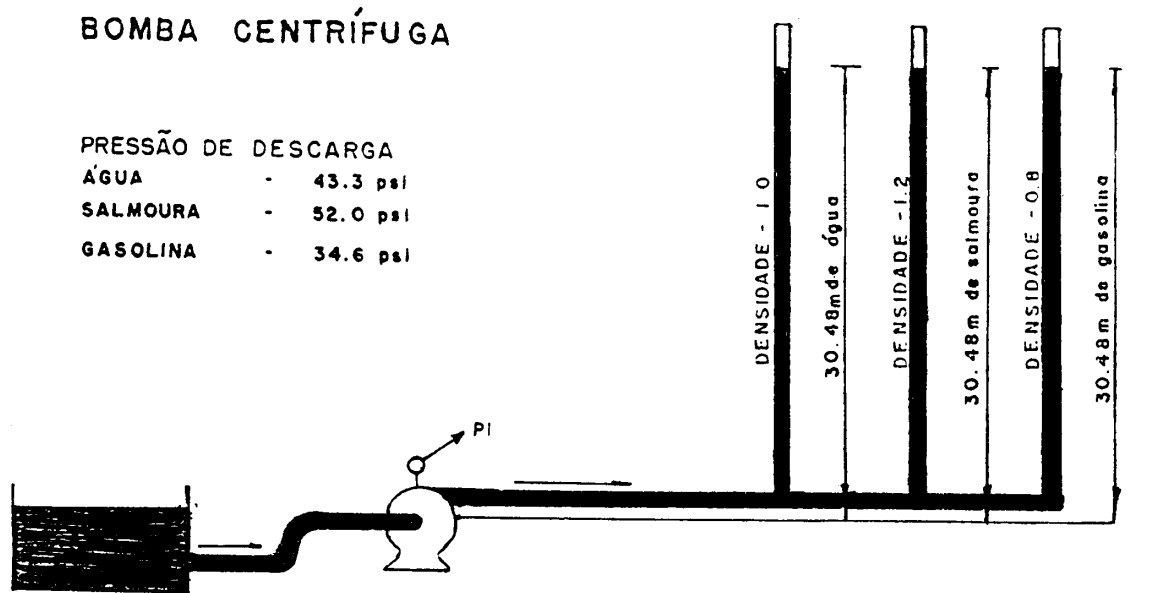
A bomba alternativa, ao deslocar o seu êmbolo, suga por si mesma o líquido para dentro do corpo da bomba. Ela empurra o ar ou vapor para fora do sistema, trazendo o líquido para dentro da bomba.

A bomba centrífuga, não empurra o líquido, o bombeamento é feito apenas pela ação da força centrífuga. Ela não consegue fornecer ao gás (ar ou vapor) que está no seu interior, a energia suficiente para vencer a resistência ao escoamento existente na descarga da bomba. O ar ou vapor fica circulando dentro do corpo sem escoar pela descarga da bomba. Assim, a bomba centrífuga necessita de um sistema auxiliar para seu enchimento com líquido, que uma vez feito, possibilita o bombeamento. Com o corpo cheio de líquido ela consegue dar a este líquido a energia suficiente para a sua saída pela descarga. Quando o líquido começa a sair do corpo da bomba, pelo efeito do vácuo, ela obtém sucção. No caso da figura (B), a própria pressão do meio ambiente somada à da coluna líquida é suficiente para encher a bomba. As bombas de deslocamento positivo podem partir a seco, sem necessidade de enchimento preliminar (escorvamento).

Elas possuem a propriedade de succionar o líquido para o seu interior ainda sem líquido. Entretanto, as bombas rotativas devem partir com o corpo cheio, para lubrificação das partes móveis, com o próprio líquido em bombeamento e para a selagem das folgas de suas partes móveis.

### 5.4.3 - Descarga

Na figura abaixo é feita a comparação das condições de descarga das bombas centrífugas e alternativas. A bomba centrífuga deve ter um acionador de potência suficiente para manter, com qualquer um dos três líquidos, a mesma velocidade de rotação. As pressões das descargas nos três casos serão as seguintes:



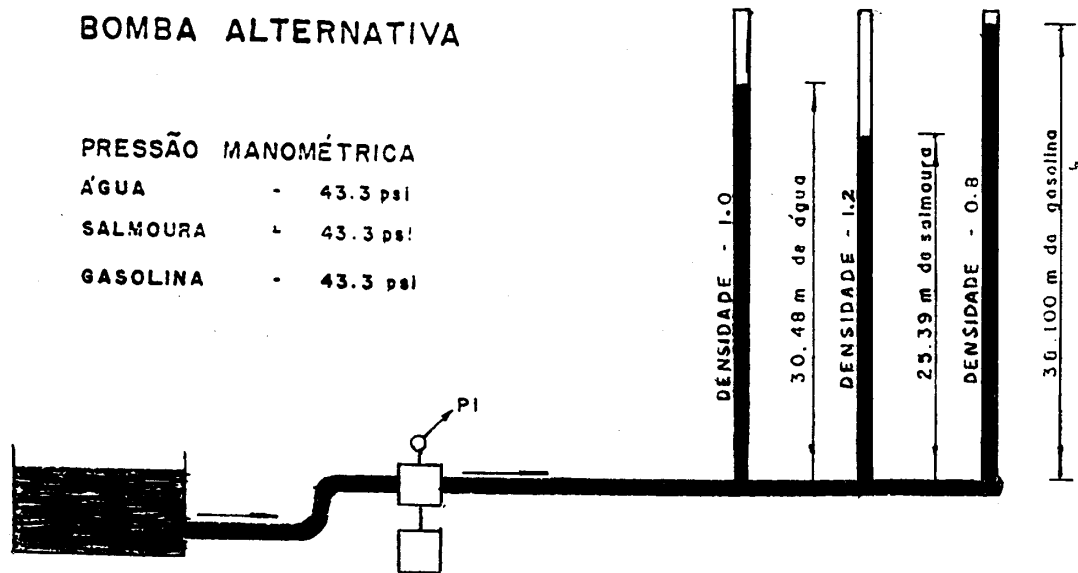
- |                              |   |                         |
|------------------------------|---|-------------------------|
| 1 - água (densidade 1,0)     | - | 3,11 kg/cm <sup>2</sup> |
| 2 - Salmoura (densidade 1,2) | - | 3,66 kg/cm <sup>2</sup> |
| 3 - Gasolina (densidade 0,8) | - | 2,43 kg/cm <sup>2</sup> |

As alturas alcançadas são as seguintes:

- |                              |   |          |
|------------------------------|---|----------|
| 1 - Água (densidade 1,0)     | - | 30,480 m |
| 2 - Salmoura (densidade 1,2) | - | 30,480 m |
| 3 - Gasolina (densidade 0,8) | - | 30,480 m |

Na operação da bomba alternativa, em que a pressão é criada pelo empurrão do êmbolo, as pressões de descarga são as seguintes:

## BOMBA ALTERNATIVA



### PRESSÃO MANOMÉTRICA

ÁGUA	-	43.3 psi
SALMOURA	-	43.3 psi
GASOLINA	-	43.3 psi

1 - Água	-	3,11	kg/cm <sup>2</sup>
2 - Salmoura	-	3,11	kg/cm <sup>2</sup>
3 - Gasolina	-	3,11	kg/cm <sup>2</sup>

As alturas alcançadas são as seguintes:

1-Agua (densidade 1,0)	-	30,480	m
2-Salmoura (densidade 1,2)	-	29,390	m
3-Gasolina (densidade 0,8)	-	38,100	m

As diferenças encontradas nos exemplo acima são decorrentes das bombas alternativas e centrífugas serem baseadas em princípios de operações diferentes.

No exemplo, verificamos que as alturas alcançadas, com a bomba centrífuga, são as mesmas e independem do líquido em bombeamento. A pressão de descarga varia com o líquido e quanto mais denso for o mesmo, maior a pressão. Assim, com um líquido mais leve a pressão é menor. Com um gás, que possui sempre uma densidade menor do que qualquer líquido, a pressão é ainda menor, apesar da altura ser a mesma.

No caso do ar, a bomba centrífuga obteria uma pressão de descarga de 0,004 Kg/cm<sup>2</sup>, o que não seria capaz de produzir o seu bombeamento.

## 6 - OPERAÇÃO

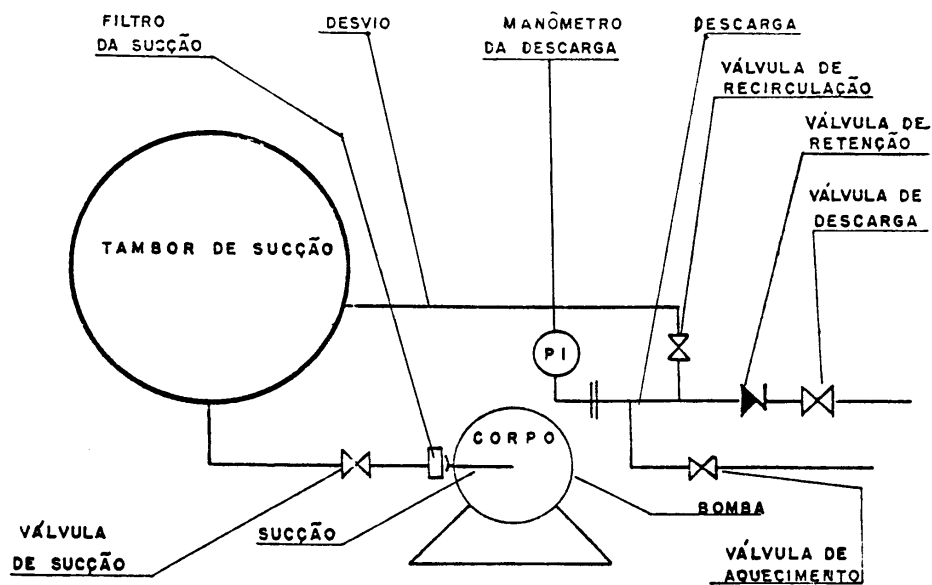
### 6.1 - Partida de Bomba centrífuga

Uma bomba centrífuga deve sempre começar a funcionar com o corpo e a tubulação de sucção completamente cheios.

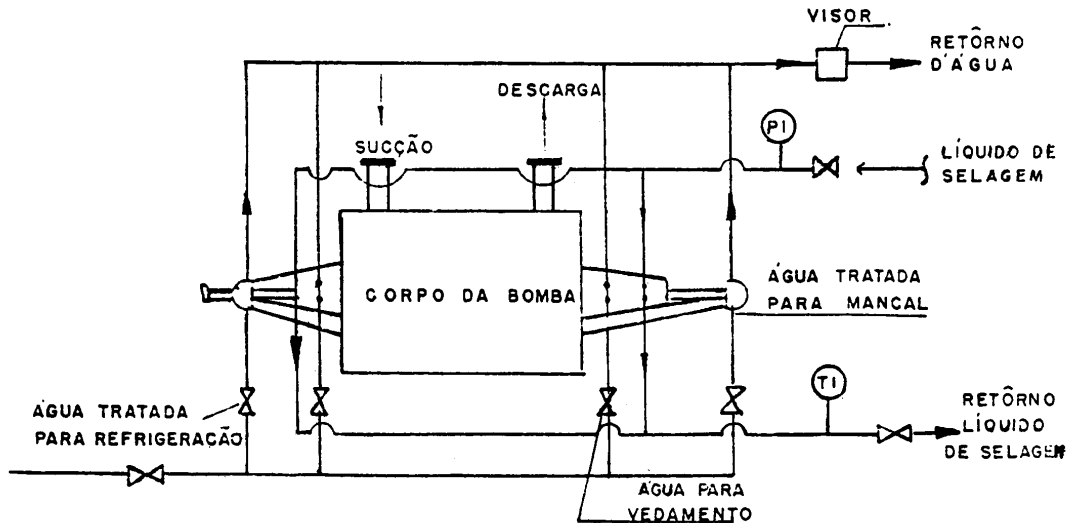
A presença de líquido no corpo da bomba é conveniente, pois a maioria das bombas centrífugas possuem elementos rotatórios com pequenas folgas que precisam do líquido para lubrificação e não podem rodar a seco por muito tempo, sem que sofram danos. De outro lado, a presença de gases ou vapores no corpo da bomba afetariam as condições de sucção. De forma alguma a bomba centrífuga deve começar a operar vazia.

Quando a bomba está em uma cota mais baixa do que o reservatório de líquido ela enche-se pela ação da gravidade, desde que seja aberto o seu respirador, para permitir a expulsão dos gases e vapores que estão no seu corpo. No caso do reservatório estar situado em nível mais elevado do que a bomba, e necessário o emprego de um dispositivo auxiliar para encher a bomba.

#### Passos para a partida



## BOMBA CENTRÍFUGA



a) **Medidas preliminares** — Deve ser feita uma inspeção da bomba, do acionador, das linhas, dos dispositivos auxiliares e do local de trabalho, no referente aos itens seguintes:

- Limpeza
- Condições de segurança pessoal
- Condições de segurança do equipamento
- Facilidades de combate ao fogo
- Montagem correta
- Disponibilidade de óleo lubrificante
- Disponibilidade de refrigeração
- Desimpedimento para a operação
- Ausência de bolsas gasosas nas linhas de sucção.

Esta inspeção preparatória é necessária para garantir uma partida normal da bomba, sem anormalidades prejudiciais ao pessoal e ao equipamento.

b) - **Partida dos Sistemas Auxiliares** - estabelecer a circulação nas linhas de água de refrigeração e de líquido de selagem.

Quando a bomba trabalha com líquido quente, há necessidade de refrigeração prévia de alguns elementos da bomba, antes da admissão de líquido no corpo.

De forma análoga, há necessidade de selagem prévia da câmara de vedação. Assim, estes

sistemas protetores ficarão em operação antes da partida da bomba.

c) - **Admissão de Líquido** - Com a válvula de descarga e o dreno do corpo fechados, abrir totalmente a válvula de sucção da bomba e o respirador do corpo.

Quando a bomba estiver em nível mais elevado que o reservatório, proceder o enchimento pelo dispositivo auxiliar respectivo (ejetor ou bomba auxiliar). Quando todo o gás for expulso do corpo da bomba, fechar o respirador.

d) - **Aquecimento da bomba** - Abrir a válvula de aquecimento, e elevar vagarosamente à temperatura de operação.

e) - **Preparo para Recirculação** - Abrir a válvula da linha de recirculação. Em alguns casos a bomba possui um dispositivo de proteção contra o superaquecimento devido à operação com a descarga fechada. Este dispositivo consta de um desvio de descarga para a linha de sucção. O desvio sai de um ponto localizado antes da válvula de descarga e vai a um ponto localizado antes de válvula de sucção da bomba.

f) - **Partida do Acionador** - Neste momento e dada a partida do acionador da bomba.

g) - **Regulagem da Vazão** - Abrir lentamente a válvula de descarga, para evitar mudanças bruscas de capacidade que poderão ocasionar perda de sucção.

Caso a válvula de descarga não esteja fechada e se a válvula de retenção não vedar bem, o líquido pode voltar da linha de descarga para a bomba e provocar a rotação do rotor no sentido contrário. Quando o acionador tentar inverter o sentido de rotação do rotor, poderá haver danificação do eixo ou do sistema de fixação do rotor ao eixo. A partida da bomba com a válvula de descarga fechada gasta menos energia pois não há bombeamento de líquido. Com a válvula de descarga aberta, o acionador além de fornecer energia para movimentar o rotor e o líquido, tem que fornecer uma quantidade extra de energia para bombear o líquido do estado de inércia.

Isto resulta numa sobrecarga que poderá danificar o acionador. Com a válvula fechada o líquido fica circulando dentro do corpo da bomba produzindo o aquecimento da bomba. Este aquecimento é o resultante da transformação da energia cedida pelo acionador ao líquido em energia calorífica. Em alguns casos a pressão da bomba contra a válvula de descarga é tão grande que a válvula não poderá ser aberta com a bomba em operação. Neste caso a partida poderá ser dada com a válvula de descarga ligeiramente aberta, que serve como desvio de recirculação, para diminuir a pressão.

Quando o reservatório fica a uma cota mais baixa do que a bomba é sempre melhor partir com a válvula de descarga fechada (Quadro 02).

Na operação da bomba centrífuga vertical o rotor fica permanentemente mergulhado no líquido e não há necessidade de encher a bomba com o líquido.

## **6.2 - Parada de Bomba Centrífuga**

De uma maneira geral a parada de uma bomba centrífuga consta de uma operação com os mesmos passos da partida na ordem inversa. A parada deve ser feita rapidamente para que a bomba não fique funcionando a seco e não haja superaquecimento.

- 1 - Abertura da válvula de recirculação
- 2 - Fechamento da válvula de descarga
- 3 - Parada do acionador
- 4 - Abertura da válvula de aquecimento caso seja necessário manter a bomba quente
- 5 - Fechamento dos sistemas de refrigeração e líquidos de selagem
- 6 - Fechamento da válvula da sucção.

## **6.3 - Cuidados Operacionais da Bomba Centrífuga**

Durante a operação de uma bomba centrífuga vários cuidados deverão ser tomados, para um melhor rendimento do equipamento e uma maior segurança operacional (Quadro 02).

Os cuidados mecânicos a serem tomados são os seguintes:

- 1- Verificação das pressões de sucção e descarga
- 2 - Verificação do acionador
- 3 - Verificação da câmara de vedação e do mancal
- 4 - Verificação dos sistemas auxiliares de refrigeração e líquido de selagem
- 5- Verificação do escoamento, para possibilitar o fechamento da válvula de recirculação quando a vazão for suficiente para não provocar superaquecimento.

## **6.4 - Filtro da Sucção da Bomba Centrífuga**

Na sucção da bomba pode existir um filtro, cuja função é impedir a entrada de sujeira e corpos estranhos no interior da bomba. O filtro constitui a proteção das partes móveis da bomba. A acumulação de sujeira aumenta a queda de pressão através do filtro. O aumento da queda de pressão através do filtro pode ser reconhecido das maneiras seguintes:

- 1- Diferença de pressão entre os manômetros colocados antes e depois do filtro.
- 2 - Variação da pressão de sucção
- 3 - Perda de sucção da bomba.

Quando o filtro estiver sujo torna-se necessária a parada da bomba para a limpeza do filtro.

## **6.5 - Sistema de Selagem da Bomba Centrífuga**

A caixa das gaxetas deve ter um vazamento suficiente para lubrificação das gaxetas. Quando o vazamento é excessivo deve ser dado um aperto na sobreposta. Quando não há vazamento é porque as gaxetas estão muito apertadas, e não havendo vazamento não há lubrificação das gaxetas. O resultado é um rápido desgaste da luva do eixo.

O aperto da sobreposta deve ser lento, com uma volta da porca por vez, para dar tempo que a compressão se distribua por todas as gaxetas e estas fiquem todas apertadas por igual. Um aperto rápido, fixa apenas as primeiras gaxetas interrompendo o vazamento, mas dando oportunidade a que gaxetas e luvas fiquem arranhadas. A sobreposta nunca deve ser desapertada com a bomba em funcionamento.

Isto faria com que todas as gaxetas sofressem um deslocamento para fora sem diminuir a pressão delas sobre a luva do eixo.

A bomba deve estar parada ao ser afrouxada a sobreposta.

Em geral é dada a partida na bomba com as gaxetas frouxas e depois dado o ajuste - adequado.

Na operação com selo mecânico, havendo vazamento, deve ser feita a substituição do selo mecânico e nunca tentado o seu ajuste. Todo o selo mecânico que apresentar vazamento ou aquecimento excessivo deve ser substituído.

## **6.6 - Mancal da Bomba Centrífuga**

O mancal constitui um ponto de elevada fricção e, portanto, de grande desgaste. Este atrito também provoca um aquecimento que por sua vez, aumenta a fricção e proporciona maior desgaste.

O óleo lubrificante forma uma película líquida entre as partes em contato o que diminui o atrito. Assim é de grande importância, para a conservação da luva do eixo e do mancal, a manutenção de um nível adequado de óleo lubrificante.

## **6.7 - Operação da Bomba Centrífuga**

A bomba centrífuga deve ser parada caso seja constatada alguma anormalidade, como aquecimento do mancal, aquecimento da câmara de vedação, vazamento do selo mecânico, vibração ou ruído anormal. Quando a pressão de descarga cair a zero a bomba deve ser parada imediatamente, ventilada e a seguir dada nova partida.

Nunca deve ser regulada a operação da bomba centrífuga pelo estrangulamento da válvula de sucção. O estrangulamento da válvula de sucção diminui a pressão da sucção da bomba provocando a perda de sucção. A válvula de sucção deve ficar sempre totalmente aberta durante o funcionamento da bomba centrífuga.

A regulação da bomba deve ser feita pelo ajuste da válvula de descarga. Restringindo a válvula de descarga acontece o seguinte:

- 1 - Diminui a vazão da bomba
- 2 - Aumenta a pressão dentro da bomba, isto é, antes da válvula de descarga, e diminui a pressão depois da válvula de descarga.

3 - O consumo de energia diminui e a eficiência varia. Numa mesma bomba centrífuga, quanto mais denso for o líquido mais energia é necessária para manter o mesmo bombeamento. Com a mesma velocidade de rotação, a pressão de descarga é tanto maior quanto mais denso for o líquido. Aumentando a velocidade de rotação da bomba aumenta a pressão de descarga do líquido. Uma bomba que opere com um líquido quente (170°C, por exemplo), deve ser aquecida antes da partida. Quando acionada não deve estar mais do que 25°C abaixo da temperatura de operação. A bomba partindo fria, a temperatura do líquido deve ser gradualmente aumentada ou, se isto não for possível é recomendável circular líquido quente através da bomba durante algum tempo antes da partida. Uma bomba é deixada de sobreaviso, com as válvulas de sucção e descarga abertas e a válvula de retenção fechada, para impedir um fluxo inverso através da mesma. Para que a bomba fique quente, deixa-se o líquido quente entrar pela sucção e sair pela válvula de aquecimento. A linha de aquecimento descarrega num ponto do circuito de pressão inferior a sucção da bomba. Sempre que for constatada uma anormalidade na operação da bomba deve ser solicitada a presença da manutenção.

---

## QUADRO 02

---

### INSTRUÇÕES PARA OPERAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

---

#### A - CUIDADOS GERAIS

---

##### 1 - Limpeza

a) O equipamento (bomba e acionador) deve estar sempre limpo e livre de:

- Ferramentas, parafusos e porcas
- Trapos, estopas e panos
- Tábuas, pedaços de madeira e detritos
- Latas, material solto e vidros
- Material não em uso

b) A área ao redor do equipamento a ser utilizado pelo operador da bomba deve estar sempre limpa e desimpedida de:

- Ferramentas, parafusos e porcas
- Latas, vidros e material solto
- Tábuas, pedaços de madeira e detritos
- Trapos, estopas e panos
- Material não em uso.

##### 2 - Segurança

a) Boas condições das coberturas para proteção do acoplamento e das diversas partes do acionador.

b) Posição adequada e boas condições de funcionamento dos equipamentos de combate ao fogo e dos dispositivos de proteção individual (óculos, luvas etc.).

### 3 - Montagem

a) Condições adequadas de montagem dos itens seguintes:

- Bombas
- Acionador (motor, turbina etc.)
- Alinhamentos de sucção e descarga
- Posição correta dos drenos e respiradores
- Linhas de serviço (refrigeração e selagem)
- Acoplamento
- Sistemas de controle
- Instrumentação

### 4 - Lubrificação

a) Verificar se os mancais da bomba e o acionador estão devidamente lubrificados.

b) Verificar se os sistemas de lubrificação estão em condições de operação (anel de óleo girando, bomba de lubrificação em operação normal).

c) Verificar a refrigeração dos mancais.

d) Manter os níveis adequados nos diversos depósitos de óleo.

e) Regular a vazão de água de refrigeração de forma que o retorno de água mantenha-se frio.

f) Verificar periodicamente as temperaturas dos mancais (de hora em hora).

g) Inspeccionar periodicamente a limpeza do óleo lubrificante.

h) Substituir o óleo quando este se apresentar contaminado com água, sujeira ou óleo leve.

i) Não trocar o óleo lubrificante com a bomba em funcionamento.

j) Os motores são lubrificados com graxa periodicamente.

### 5 - Caixa das gaxetas

a) A caixa das gaxetas exige um cuidado especial. Um vazamento violento lança líquido fora da bomba, criando condições perigosas. Nestes casos, é necessário apertar a sobreposta ou, se necessário, refazer o engaxetamento.

b) Um aperto da sobreposta deve ser feito lentamente e por igual em ambos os lados. Sem estes cuidados os anéis da gaxeta não ficam apertados por igual.

O aperto da sobreposta deve ser tal que fique um vazamento suficiente através das gaxetas

para sua lubrificação e resfriamento. Uma caixa de gaxetas muito apertada, sem vazamento, provoca danos na luva e nas gaxetas.

c) Nunca desapertar a sobreposta com a bomba em operação. Parar a bomba antes de afrouxar a sobreposta.

## **6 - Selo Mecânico**

Um selo mecânico que apresenta vazamento ou aquecimento deve ser substituído.

## **B - PARTIDA**

### **1 - Partida dos Sistemas Auxiliares**

a) Ajustar a vazão de água de refrigeração para os elementos seguintes:

- Mancal
- Câmara de Vedação
- Corpo
- Sobreposta
- Pedestal

Verificar se realmente existe escoamento da água de refrigeração.

b) Dar partida no sistema fechado de líquido de selagem e abrir a entrada do líquido de selagem para o anel da lanterna, antes de colocar a bomba em operação.

c) Quando a selagem é do próprio líquido em bombeamento, abrir ligeiramente a válvula na partida, o suficiente para o fornecimento de uma selagem adequada.

### **2 - Admissão de líquido**

a) Antes de colocar em operação o acionador, verificar o nível de óleo lubrificante nos mancais.

g) Quando a bomba não possui um sistema de recirculação, uma pequena abertura na válvula de descarga evita um possível superaquecimento.

h) A vazão da bomba é regulada na abertura da válvula de descarga e nunca na abertura da válvula de sucção. A válvula de sucção deve ficar sempre totalmente aberta durante a operação da bomba. A tubulação de descarga da bomba possui sempre:

- Diâmetro menor do que a sucção.
- Uma válvula de retenção.

i) Quando uma bomba que opera com um vaso a elevado vácuo perde sucção, deve-se fechar a descarga, parar a bomba e abrir o respirador de volta ao vaso, para encher o corpo

da bomba.

Ficar certo de que a bomba está cheia de líquido antes de dar nova partida.

## **C - PARADA**

- 1 - Abertura da válvula de recirculação.
- 2 - Fechamento lento da válvula de descarga.
- 3 - Parada do acionador.
- 4 - Abertura da válvula de aquecimento, caso seja necessário manter a bomba quente.
- 5 - Fechamento dos sistemas auxiliares de refrigeração e líquido de selagem.

5.1 - Quando a bomba succiona de vaso operando em vácuo elevado, deixar o líquido de selagem aberto (a não ser quando a bomba for sofrer manutenção) para evitar a entrada de ar através da caixa de gaxetas, caso a válvula de sucção apresente vazamento.

- 6 - Fechamento da válvula de sucção.
- 7 - Abertura do respirador para aliviar a pressão da bomba.

## **D - VERIFICAÇÕES**

Inspeccionar periodicamente os pontos seguintes:

- 1 - Verificar a pressão de sucção a fim de evitar cavitação.
- 2 - Verificar a pressão de descarga.
- 3 - Verificar sistema de lubrificação

3.1 - Nível de óleo

3.2 - Lubrificação

3.3 - Temperatura de saída

3.4 - Eficiência do selo mecânico

4 - Verificar câmara de vedação

- Vazamento adequado na caixa das gaxetas
- Alimentação e descarga do líquido de selagem
- Eficiência do selo mecânico.

5 - Verificar sistema de refrigeração

- Vazão de água
- Refrigeração da câmara de vedação
- Refrigeração da sobreposta
- Refrigeração do mancal
- Refrigeração do óleo lubrificante
- Refrigeração do pedestal

- Retorno de água.
- 6 - Verificar a bomba quanto a barulho fora do comum
- 7 - Verificar a bomba quanto a vibração
- 8 - Verificar acionador.

### **RECOMENDAÇÕES:**

- 1- Manter as bombas reservas em condições de entrarem rapidamente em operação. Manter as turbinas quentes e as bombas em sobreaviso.
- 2 - São atribuições privativas da manutenção, os trabalhos seguintes:
  - Ajuste da sobreposta
  - Reparos de engaxetamento
  - Reparos de selo mecânico
  - Troca de óleo de lubrificação.
- 3 - Sempre que for constatada uma anormalidade na bomba deve ser solicitada a presença da manutenção.

### **6.8 - Problemas Operacionais**

Os principais problemas operacionais das bombas centrífugas são a cavitação, corrosão, desgaste de engaxetamento e desgaste do mancal.

**A cavitação**, que é denunciada pelo som de bombeamento de pedras ou de borbulhamento, e provocada por deficiência de pressão de sucção. Assim, num ponto qualquer do rotor, existindo uma pressão baixa, é provocada a formação de bolhas no líquido. Estas bolhas são formadas pela vaporização do líquido, ao encontrar uma região de pressão inferior à sua pressão de vapor. Mais a frente, no rotor, as bolhas ao encontrarem uma região de pressão mais elevada são condensadas. Este fenômeno de vaporização e sucessiva condensação recebe a denominação de cavitação. A cavitação provoca destruição da superfície do rotor.

Os problemas de corrosão e erosão também danificam as partes internas da bomba . A corrosão é o ataque químico do material e a erosão o desgaste pelo líquido contra as partes internas da bomba. A falta de lubrificação e os esforços exagerados causam gastos acelerados de engaxetamento e do mancal.

## **6.9 - Operação de Bomba Alternativa - Passos para a partida:**

**1 - Medidas Preliminares** - Deve ser feita uma inspeção da bomba, do acionador das linhas, dos dispositivos auxiliares e do local de trabalho, referente aos itens seguintes:

- a) Limpeza
- b) Condições de segurança pessoal
- c) Condições de segurança do equipamento
- d) Facilidade de combate ao fogo
- e) Montagem correta
- f) Disponibilidade de óleo lubrificante
- g) Desimpedimento para a operação.

Esta inspeção preparatória é necessária para garantir uma partida normal da bomba sem anormalidades prejudiciais ao pessoal e ao equipamento (Quadro 03).

### **2 - Partida**

- a) Alinhamento
- b) Abertura do desvio
- c) Colocação do manômetro em operação
- d) Partida do motor
- e) Abertura da descarga
- f) Regulagem da vazão.

Os passos da parada de uma bomba alternativa são praticamente os mesmos da partida na ordem inversa (Quadro 03).

O cuidado mais importante da operação de uma bomba alternativa é o controle da pressão de descarga. É sempre perigoso deixar subir a pressão sem o devido cuidado. A pressão de descarga da bomba, subindo excessivamente, pode acarretar um dos efeitos seguintes:

- Parar por insuficiência de força, por parte do acionador, em impulsionar o êmbolo.
- Estouro de uma das partes da bomba com vazamento do líquido. Normalmente o rompimento ocorre no ponto de menor resistência do material.

- Indicada por presença de óleo no vapor exausto
- Indicada pelo gotejamento na haste do êmbolo.

c) Em bombas acionadas a motor elétrico, manter nível adequado de óleo lubrificante na caixa de redução.

d) Nos sistemas de lubrificação forçada, encher o visor apenas até o topo para evitar que o óleo escorra nos cilindros e na bomba.

e) Na primeira partida da bomba com sistema de lubrificação forçada acionar um pouco, com a mão, lubrificante para lubrificação preliminar das válvulas e êmbolo de vapor.

f) Durante a operação da bomba, verificar periodicamente o funcionamento do sistema de lubrificação forçada.

## **5 - Engaxetamento**

Verificar as condições de engaxetamento da bomba.

## **B - PARTIDA DE BOMBA ALTERNATIVA ACIONADA A MOTOR ELÉTRICO**

Neste caso, ao ser colocado em operação o motor elétrico, a bomba alcança a velocidade normal de operação. A fim de prevenir uma condição de pressão demasiado elevada, e necessário que as instruções abaixo sejam seguidas:

### 1- Alinhamento

Abrir a válvula de sucção da bomba deixando a válvula de descarga fechada.

### 2 - Abertura de desvio

Abrir a válvula de desvio entre a sucção e a descarga.

### 3 - Colocação do manômetro em operação

Abrir a válvula do manômetro.

### 4 - Partida do motor

Colocar o motor em operação. Verificar a operação do sistema de redução.

### 5 - Abertura da descarga

Abrir a válvula de descarga.

### 6 - Regulagem da vazão pelo desvio

Reduzir vagarosamente a abertura da válvula de desvio observando sempre o valor da pressão de descarga. Ajustar a abertura da válvula de desvio de forma a ser obtida a pressão de descarga desejada.

Não exceder a pressão prevista.

## **C - REGULAGEM DA OPERAÇÃO DA BOMBA**

A vazão deve ser regulada pela válvula de desvio.

Não regular a vazão pelo estrangulamento da válvula de descarga.

## **D - PARADA**

1 - Bomba acionada a motor elétrico

- a) Parar o motor
- b) Abrir o desvio
- c) Fechar todas as válvulas da bomba, aliviando a pressão para a linha de sucção.

## **F - RECOMENDAÇÕES**

1 - Verificar periodicamente a pressão de descarga da bomba se perceber o aparecimento de uma pressão excessiva.

2 - Quando a bomba não conseguir bombear, desligar o motor.

3 - Ao modificar o ajuste de válvulas, atenção para que a bomba não fique bombeando contra válvulas fechadas.

4 - Fazer funcionar a bomba pelo menos uma vez por semana, a fim de mantê-la em boas condições. Manter as hastes bem engraxadas.

5 - Quando a bomba for ficar por tempo indefinido fora de operação, providenciar as medidas seguintes:

- a) Remoção do engaxetamento das hastes para prevenção contra corrosão.
- b) Bloqueio de todas as entradas e saídas da bomba para impedir a entrada de ar na bomba. O ar aumenta a velocidade de corrosão.
- c) Cobertura de todas as partes moveis com graxa. Limpeza da câmara de vapor e dos cilindros com óleo pesado, para prevenção contra corrosão.

6- São atribuições privativas da manutenção os trabalhos seguintes:

- Ajuste da sobreposta
- Reparos de engaxetamentos
- Troca de óleo lubrificante
- Colocação de graxa nas partes da bomba.

7 - Sempre que for constatada uma anormalidade na bomba, deve ser solicitada a presença da manutenção.

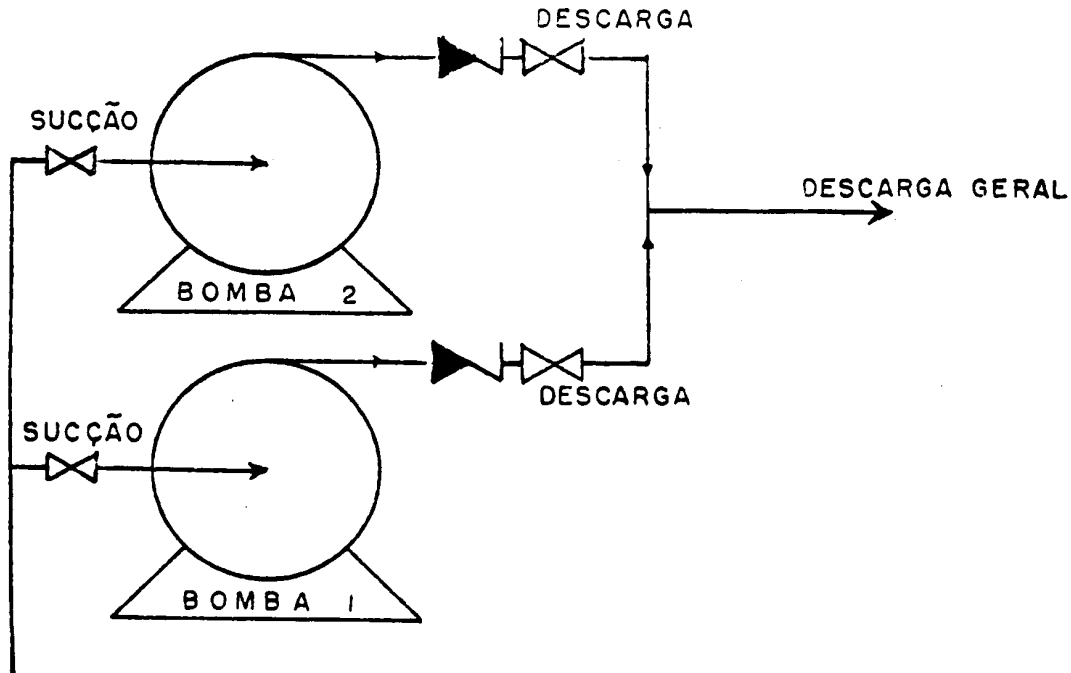
## 6.10 - Operação de Bombas Rotativas

Seu procedimento de partidas, paradas e cuidados operacionais são idênticos às bombas alternativas. As bombas rotativas são usadas para bombeamento de fluido com alta pressão, mas com vazão reduzida.

## 6.11 - Operação em Paralelo

Em muitas instalações as necessidades de bombeamento variam em uma faixa muito grande. Assim, uma bomba seria suficientemente grande para a vazão máxima, mas ineficiente para pequenas vazões e desenvolveria uma pressão excessiva. Nestas situações, o melhor resultado seria obtido com duas bombas menores trabalhando em paralelo.

### LIGAÇÃO EM PARALELO



Na disposição das bombas ligadas em paralelo elas succionam simultaneamente da mesma fonte e descarregam simultaneamente na mesma linha. As bombas trabalham lado a lado com suas sucções ligadas entre si e com as descargas também com ligações em comum.

O Líquido em bombeamento passa parte numa e parte noutra bomba.

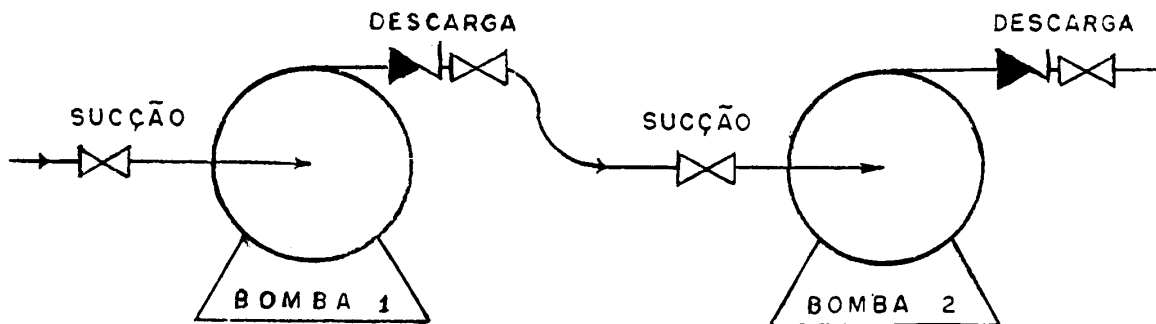
As características de duas bombas iguais, operando em paralelo, ficam modificadas em relação à operação solitária; entretanto, as tendências são as seguintes:

- As capacidades somam-se
- As pressões de descarga continuam praticamente as mesmas.

### 6.12 - Operação em Série

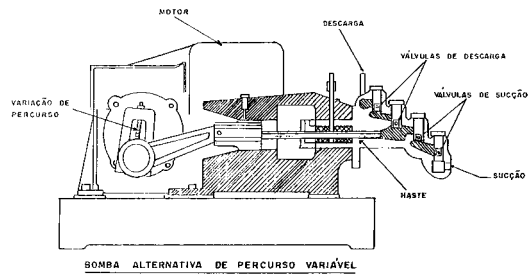
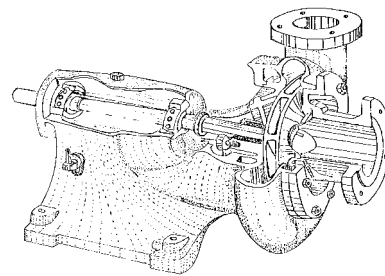
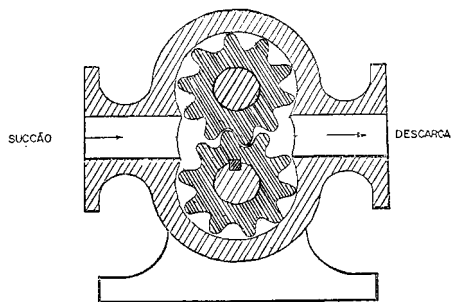
A operação em série de duas bombas resulta na soma das pressões das duas bombas. Uma bomba de sucção, a outra recebendo na sua sucção a descarga da primeira bomba. Todo o líquido em bombeamento passa pelas duas bombas, passando primeiro numa e depois na outra. A pressão de descarga da primeira bomba e a pressão de sucção da segunda bomba. Com este tipo de operação é conseguido uma maior pressão na descarga; entretanto, a vazão é a mesma do que com apenas uma bomba. As tendências neste tipo de operação são as seguintes:

#### LIGAÇÃO EM SÉRIE



- As pressões somam-se
- As capacidades permanecem as mesmas.

# BOMBAS



CEFET-BA / DTMM  
PROFº Elieser Parcero Oliveira