

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS ( APMA)**

**A IMPORTÂNCIA DAS BOMBAS NAS INSTALAÇÕES NAVAIS**

**FABIANO MONTEIRO ALVES**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**FABIANO MONTEIRO ALVES**

**A IMPORTÂNCIA DAS BOMBAS NAS INSTALAÇÕES NAVAIS**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquina (APMA).

Orientador: OSM Ricardo Lima Barreto

**RIO DE JANEIRO**

**FABIANO MONTEIRO ALVES**

**A IMPORTÂNCIA DAS BOMBAS NAS INSTALAÇÕES NAVAIS**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquina (APMA).

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Orientador: OSM Ricardo Lima Barreto

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar forças, vitalidade e energia para poder seguir minha caminhada.

A minha esposa, Juliana, por todo amor, dedicação, companheirismo e por estar ao meu lado desde o primeiro degrau da minha carreira.

Ao grande amor da minha vida, minha filha Manuela, que todo dia me recebe com um abraço e tem o dom de me motivar a querer mais da vida a cada sorriso.

A minha mãe, Maria Augusta, pela força, batalha, e amor dedicado a mim e meu pai, grande exemplo de mãe e esposa.

Ao meu finado pai, Manoel, pelos exemplos e ensinamentos passados. Suas lições continuam vivas dentro de mim. Meu Norte de caráter, dedicação ao trabalho e grande Maquinista.

Aos meus amigos e colegas de turma, pelo companheirismo e corporativismo. Somos uma turma, e, mesmo longe uns dos outros, somos um corpo.

Ao meu ilustríssimo Mestre e orientador, Ricardo Barreto. Um dos meus espelhos de profissionalismo, grande fornecedor de conhecimento. Obrigado pela ajuda e por me orientar desde a formação de Oficial de Máquinas até a de Chefe de Máquinas.

*“Precisar de dominar os outros é precisar dos outros.  
O chefe é um dependente.” (Fernando Pessoa)*

## RESUMO

Somos dependentes das bombas tanto na nossa vida doméstica quanto no ofício. Desde a transferência de água de uma simples cisterna para uma caixa d'água até a torneira onde iremos escovar os dentes até a pressurização de sistemas de combate a incêndio, sua utilização é extremamente vasta e relevante. O seu princípio de funcionamento e vasta aplicação sempre chamaram a atenção do autor.

A bordo, o tema é muito mais abrangente, pois em todos os sistemas essenciais possuímos uma ou mais bombas de diferentes classificações, vazões, tamanhos e materiais em sua composição.

Não é possível se sentir seguro a bordo sem tomar conhecimento de que temos uma bomba de incêndio operacional. Para um sistema de lastro garantir a estabilidade necessitamos de bombas e válvulas operacionais. Bombas de esgoto e emergência são vitais para garantir a reserva de fluabilidade e drenagem dos compartimentos a bordo.

O presente trabalho visa abranger os principais tipos de bomba, exemplificando suas aplicações, mostrando seu princípio e funcionamento e detalhes do equipamento.

**Palavras-chave:** bombas, bombas centrífugas, bombas rotativas, bombas alternativas, classificação de bombas.

## **ABSTRACT**

*We are dependent of pumps both in our domestic life and on board. Since the water transfer from simple cistern for a water tank to the faucet where we brush our teeth to the pressurization of fire fighting systems, their use is extremely wide and relevant. Its working principle and wide application always caught the attention of the author.*

*On board, the issue is much broader, as in all essential systems possess one or more pumps of different ratings, flow rates, sizes and materials in their composition.*

*You can not feel safe on board without knowing that we have an operational fire pump. For a ballast system to ensure the stability need of pumps and operating valves. Sewage pumps and emergency are vital to ensure the reserve buoyancy and drainage of waste on board.*

*This work aims to cover the main types of pump, illustrating its applications, showing its principle and operation and equipment details.*

*Keywords: pumps, centrifugal pumps, rotary pumps, reciprocating pumps, pumps classification.*



## SUMÁRIO

1 – BOMBAS: PASSADO E PRESENTE .....	12
2 – O PRINCÍPIO DE BERNOULLI .....	16
2.1 – A TEORIA DE BERNOULLI EM AÇÃO .....	17
2.2 – OUTRAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DO PRINCÍPIO DE BERNOULLI .....	19
2.2.1 – CHAMINÉS .....	19
2.2.2 – TUBULAÇÕES .....	19
2.2.3 – CARBURADORES .....	19
3 – CLASSIFICAÇÃO DA BOMBAS – VISÃO GERAL .....	20
3.1 – CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO .....	20
3.2 – TIPOS DE BOMBAS .....	20
3.2.1 – BOMBAS CENTRÍFUGAS .....	21
3.2.2 – BOMBAS ALTERNATIVAS .....	21
3.2.3 – BOMBAS ROTATIVAS .....	22
4 – BOMBAS CENTRÍFUGAS .....	23
4.1 – PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO .....	25
4.2 – BOMBAS DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS .....	26
4.3 – PARTES IMPORTANTES DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA .....	26
4.4 – CARÇAÇA .....	27
4.5 – IMPELIDOR .....	28
4.5.1 – IMPELIDORES ABERTOS .....	28
4.5.2 – IMPELIDORES SEMI-ABERTOS .....	29
4.5.3 – IMPELIDORES FECHADOS .....	30
4.6 – ANÉIS DE DESGASTE .....	30
4.7 – EIXOS E LUVAS .....	31
4.7.1 – EIXOS .....	31
4.7.2 – LUVAS .....	32
4.8 – CAIXA DE GAXETAS .....	32
4.8.1 – VEDAÇÃO POR GAXETA .....	33
4.8.2 – SELO MECÂNICO .....	33
4.9 – MANCAIS .....	36
4.10 – CAVITAÇÃO .....	37

4.10.1 – CONSEQUÊNCIAS DA CAVITAÇÃO .....	37
4.11 – NPSH .....	38
4.12 – ALINHAMENTO .....	38
5 – BOMBAS ROTATIVAS .....	40
5.1 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	40
5.2 – COMPONENTES DE UMA BOMBA ROTATIVA .....	41
5.2.1 – CÂMARA .....	41
5.2.2 – CORPO .....	41
5.2.3 – PLACAS OU TAMPAS .....	41
5.2.4 – CONJUNTO ROTATIVO .....	42
5.2.5 – SELOS .....	42
5.2.6 – MANCAIS .....	42
5.2.7 – SINCRONIZADORES .....	42
5.2.8 – VÁLVULAS DE ALÍVIO .....	42
5.3 – BOMBA DE PARAFUSO .....	43
5.4 – BOMBAS DE ENGRENAGENS .....	44
5.5 – BOMBAS DE LÓBULOS .....	45
5.6 – BOMBAS DE PALHETAS .....	46
6 – BOMBAS ALTERNATIVAS .....	48
6.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS ALTERNATIVAS .....	48
6.1.1 – QUANTO AO ACIONADOR.....	48
6.1.2 – QUANTO À POSIÇÃO DOS CILINDROS .....	48
6.1.3 – QUANTO AO NÚMERO DE CILINDROS .....	48
6.1.4 – QUANTO À AÇÃO DE BOMBEAMENTO .....	50
6.1.5 – QUANTO AO CURSO DO ÓRGÃO MOVIMENTADOR .....	51
6.1.6 - QUANTO AO ÓRGÃO MOVIMENTADOR DO LÍQUIDO .....	53

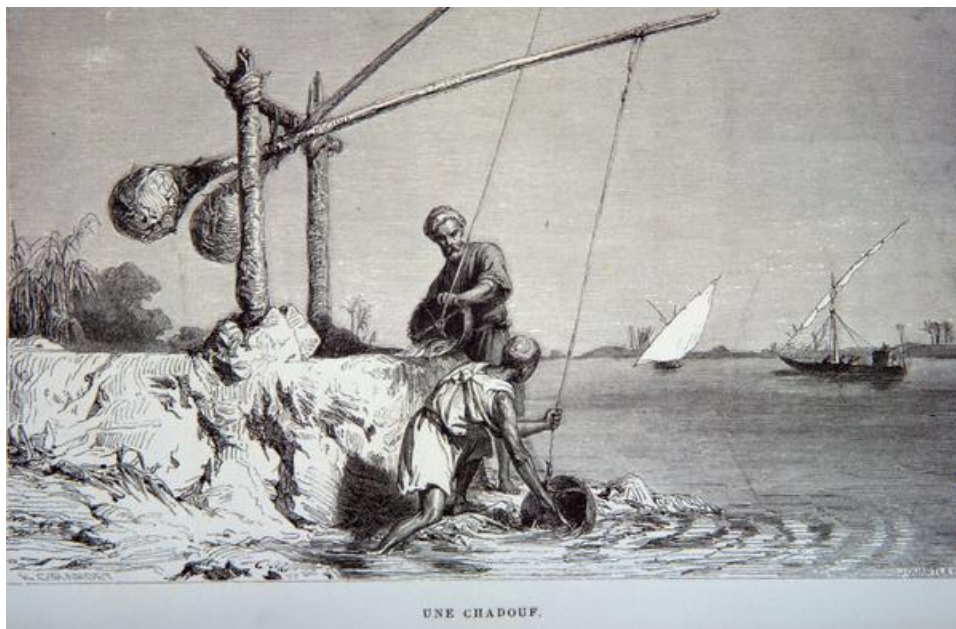
# CAPÍTULO 1

## BOMBAS: PASSADO E PRESENTE

No dia-a-dia do homem antigo, a necessidade de obtenção de recursos hídricos era latente. Havia uma grande necessidade de transferir água para a irrigação dos terrenos para o plantio e para consumo. Inicialmente a água era transportada em vasos, segundo registros datados de mais de 10.000 anos. Para facilitar sua obtenção e transporte foram criados dispositivos de elevação e transferência, sendo aperfeiçoados com o decorrer dos anos.

De acordo com Netto (1989), historicamente, esses dispositivos para elevação e coleta de água foram o balde amarrado a uma corda, e, logo após, o balde conectado a um longo braço que era equilibrado por uma rocha pesada em sua outra extremidade.

Figura 1: transferência primitiva de água

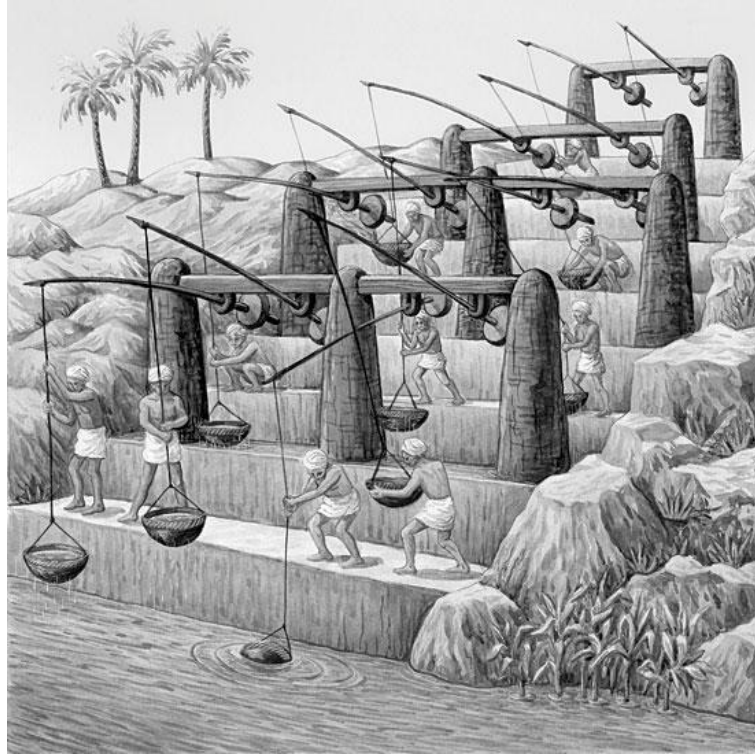


Fonte: Site Bombas Centrífugas, 2014

Segundo Netto (1989), as bombas seguiram quatro etapas evolutivas, sendo elas as de roda d'água, espirais, de êmbolo e centrífugas. Sucessivamente

aperfeiçoadas em cada uma dessas fases, chegaram ao estágio em que hoje presenciemos.

Fig 2: Egípcios inventam a “shadoof” (cegonha), que nesta imagem “classifica-se” como uma bomba multi-estágios.



Fonte: Site Bombas Centrífugas, 2014

Utilizadas no Egito Antigo e na Pérsia, foram utilizados dispositivos de roda e com vasos em sua periferia. As rodas d'água até hoje desempenham papel importante na transferência de água em fazendas e sítios, bem como colaboram com a produção de alimentos, a exemplo da farinha. Também são largamente utilizadas para a geração de energia.

Fig. 3: Exemplo de uma Nora – roda d'água usada para transferência de cisternas.



Fonte: Geocoaching

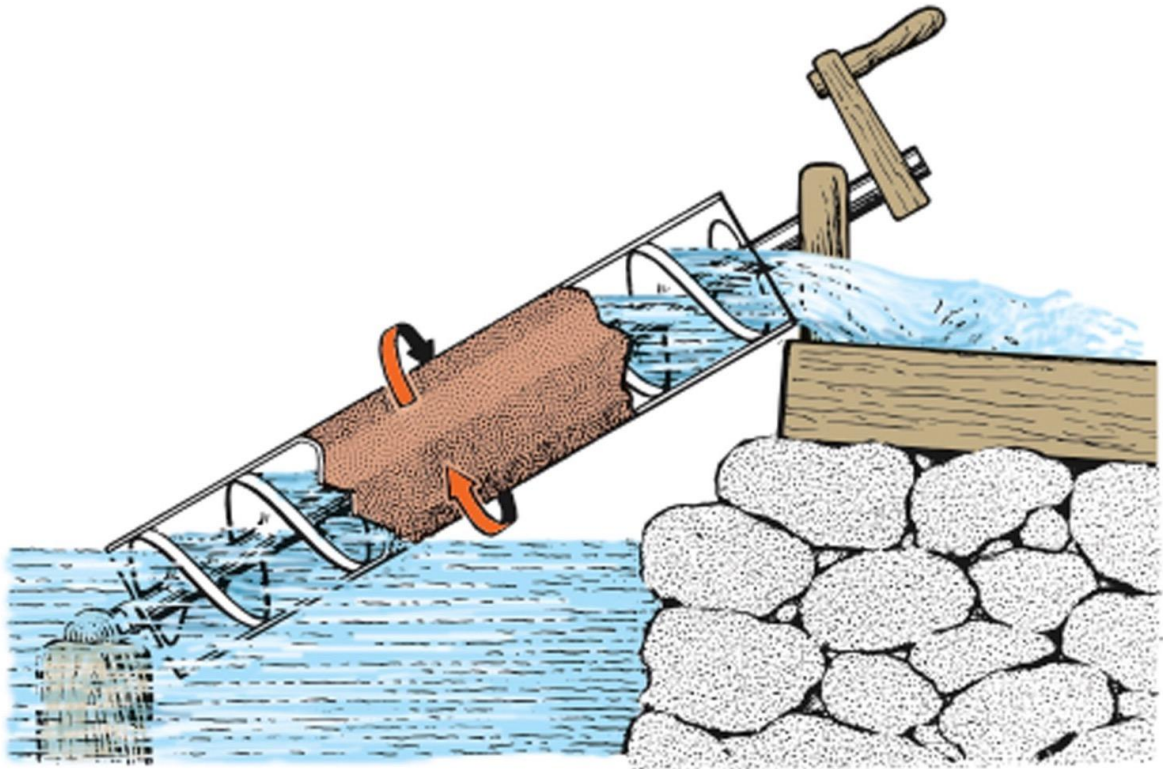
O primeiro historiador a realizar a descrição de uma bomba aspirante foi Heródoto, no período de 484-425 a.C., que foi inicialmente utilizada em instalações marítimas.

Considerado o inventor das bombas, Ctesibius, desenvolveu há mais de 2200 anos a primeira bomba feita de bronze, empregada em navios.

Arquimedes, por volta de 250 a.C. inventou a bomba de parafuso, ainda vista nos dias atuais em sua forma primitiva. Baseava-se em um fuso que transferia líquidos, inclusive dos mais viscosos, podendo ter algumas pedras, cascalhos, entre outros sólidos, entre dois pontos de diferentes elevações. Há registros que mostram similaridade ao sistema descrito na irrigação dos jardins suspensos da Babilônia no século VII a.C.. Hoje, vemos um exemplo desse mecanismo na Avenida Atlântica, em Copacabana, transferindo esgoto da Zona Sul para o emissário submarino de Ipanema, no Rio de Janeiro. Fonte: Epoch Times (2012)



Fig 5: Parafuso de Arquimedes



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

Fonte: Enciclopédia Britannica

É inegável a importância das bombas em instalações navais e *offshore*. Ao longo do trabalho será aprofundada a aplicação, funcionamento e descritivo de seus elementos. Sem elas, não seria viável a refrigeração dos mais variados sistemas, transferências de fluidos em geral e, até na sua influência para o desenvolvimento de compressores de ar.

## CAPÍTULO 2

### O PRINCÍPIO DE BERNOULLI

O Princípio de Bernoulli explica o fluxo de fluidos, sendo um dos primeiros exemplos de conservação de energia. Ele afirma que durante o fluxo constante, a energia em qualquer ponto de um tubo, é a soma da velocidade ( $v$ ), pressão ( $P$ ) e elevação ( $Z$ ). Ele toma a forma de uma equação de conservação em que a soma das três variáveis permanecerá sempre constante, desde que não há perdas ou adições ocorrer.

$$\text{Energia} = v + P + z = \text{constante}$$

A equação de Bernoulli é expressa em termos de pressão ou força por unidade de área. O primeiro termo é a pressão dinâmica, o que é um resultado da velocidade de fluido e a sua densidade. O segundo é a pressão hidrostática, que é devido a quaisquer mudanças na elevação. A terceira é a pressão estática, que é a pressão termodinâmica real relativa a fluir. A soma dos três é igual à pressão total. Pressão total permanecerá constante, desde que a energia não é adicionada ou removida do sistema.

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z + P = P_{\text{total}} = \text{Constante}$$

Onde:

$\rho$  = densidade

$v$  = velocidade de escoamento

$P$  = pressão

$g$  = aceleração da gravidade

$z$  = elevação

A equação de Bernoulli também pode comparar as pressões em quaisquer dois pontos em um canal de escoamento. Mais uma vez, se nenhuma energia é adicionada ou perdida, a soma dos três termos à esquerda será igual à soma dos termos à direita.

$$(1/2\rho v_a^2 + \rho g z_a + P_a) = (1/2\rho v_b^2 + \rho g z_b + P_b)$$

Onde:

a e b são em diferentes pontos no canal.

### **Demonstração:**

Escrevamos a primeira lei da termodinâmica com um critério de sinais termodinâmicos convenientes:

$$w + q = \Delta h + \Delta \frac{V^2}{2} + g\Delta z$$

Recordando sobre entalpia:

$$w + q = \Delta u + \Delta \frac{P}{\rho} + \Delta \frac{V^2}{2} + g\Delta z$$

$$w + q = \frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

Dividindo pela aceleração da gravidade:

$$\frac{w}{g} + \frac{q}{g} = \frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + z_2 - z_1$$

Os termos do lado esquerdo da igualdade são relativos aos fluxos de energia através do volume de controle, sendo entradas e saídas de energia do fluido. O termo relativo ao trabalho tem unidades de comprimento. O mesmo troca calor por atrito entre o fluido de trabalho e as paredes do tubo ou canal. Sendo assim, a equação resulta em:



$$h - h_f = \frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + z_2 - z_1$$

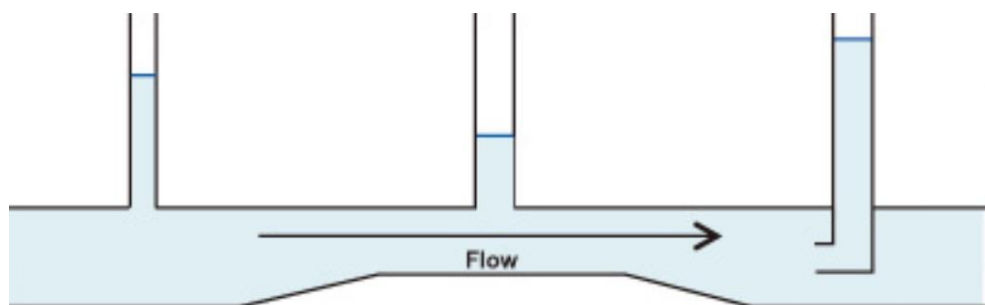
Sendo originalmente disposta como:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + h = h_f + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$

## 2.1 A Teoria de Bernoulli em Ação

A figura abaixo mostra o princípio de Bernoulli. Um tubo horizontal flui continuamente da esquerda para a direita, sem perdas de energia devido à fricção. À esquerda e direita têm diâmetros que são os mesmos, porém a parte no centro está apenas a dois terços do diâmetro. Os tubos verticais (piezômetros) para a esquerda e no centro estão ventilados para a atmosfera, e os seus níveis de água são proporcionais à pressão estática nessas áreas. Eles medem a pressão estática da mesma maneira que um medidor de pressão. Nota-se que a pressão medida na porção de maior diâmetro é maior do que a da porção estrangulada. Isto seria esperado uma vez que a velocidade é maior, obviamente, na seção central. A equação de Bernoulli nos diz que a pressão diminui à medida que a velocidade aumenta.

Fig. 5: Princípio de Bernoulli



Fonte: Pumps & Systems

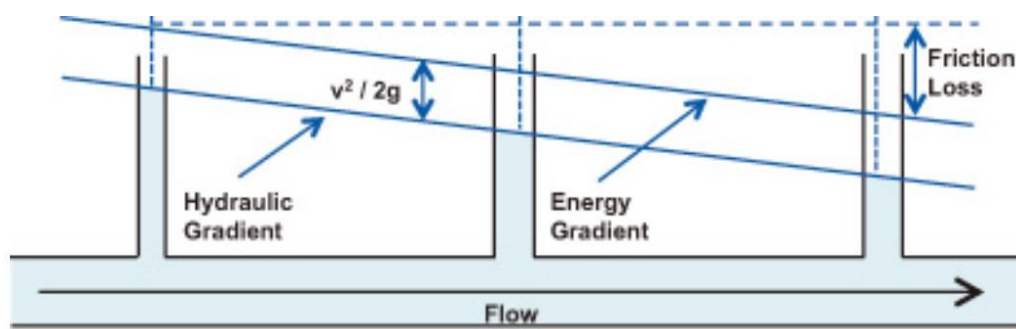
No entanto, algo parece estranho sobre a pressão indicada pelo nível de água no tubo vertical na extremidade direita. Seria de esperar que a pressão para voltar ao do extremo esquerdo piezômetro se não há perdas devido ao atrito na área de

construção. Mas o seu nível indica uma pressão mais elevada, e nenhuma energia adicional foi adicionado ao sistema. Acontece que a coluna da direita é um tubo de Pitot. Este dispositivo mede a pressão de uma maneira diferente. Além disso, a pressão estática, que também mede a pressão adicional criada pela velocidade do fluxo.

Se uma válvula no lado a jusante foram fechadas e deixou fluxo, todos os três tubos verticais iriam medir a pressão estática independentemente da sua localização e as formas. Uma vez que o fluxo é retomado, a pressão estática, medido pelos piezômetros, será a pressão estática na região em particular. No entanto, ao contrário do piezômetro, a entrada do tubo de Pitot enfrenta a montante e permite o fluxo para empurrar mais água para dentro do tubo. Quando a água deixa de fluir para dentro do tubo (estagnação), o seu nível vertical está no seu máximo e é igual à soma das pressões estáticas e dinâmicas. A pressão medida pelo tubo de Pitot é a pressão total na conduta de escoamento.

A figura abaixo é uma representação gráfica da equação de Bernoulli. É frequentemente utilizado durante o projeto de dutos e sistemas de canais abertos. Ele pode ser utilizado para mostrar o efeito sobre um sistema hidráulico devido a mudanças no tamanho do tubo, a altitude, a pressão, e as perdas de montagem e de válvula. Este exemplo ilustra a pressão em três pontos em uma tubulação que está passando por fluxo constante, contínua, sem mudanças na elevação.

Fig. 6: Representação gráfica do princípio de Bernoulli



Fonte: Pumps & Systems

Os níveis de água nos tubos verticais são as pressões estáticas nesses mesmos pontos. A linha angular de conectá-los é chamada de gradiente hidráulico ou linha grau hidráulico. A linha em ângulo acima que é paralelo ao gradiente

hidráulico é o gradiente da energia e representa a pressão total no pipeline. Pode ser medido por um tubo de Pitot, ou pode ser calculada utilizando a velocidade de escoamento e a equação para a cabeça de velocidade ( $v^2/2g$ ).

A linha de gradiente de energia ou qualidade é a soma da altura de velocidade e a pressão estática em qualquer ponto. Neste exemplo, cabeça de velocidade se mantém constante em cada ponto, mas a cabeça estática é reduzido com base no total de atrito em cada ponto. Em exemplos mais complexos, estes dois gradientes não paralelas entre si, mas que se movem em ambas as direções, dependendo do tamanho do tubo, de elevação e de outros fatores.

## **2.2 Outras aplicações práticas do Princípio de Bernoulli**

### **2.2.1 Chaminés**

São elevadas para aproveitar a velocidade do vento, que é mais constante em maiores alturas. Quando mais veloz o vento, maior a diferença de pressão, gerando assim uma melhor extração dos gases.

### **2.2.2 Tubulações**

Se reduzirmos a área transversal de uma tubulação, há aumento de velocidade e redução de pressão.

### **2.2.3 Carburadores**

A pressão do ar que passa pelo corpo de um carburador diminui a passar por um estrangulamento. Ao reduzir a pressão, o combustível flui e vaporiza, misturando-se com a corrente de ar.

## CAPÍTULO 3

### CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS – VISÃO GERAL

De acordo com o sistema de bordo, temos que levar em consideração o tipo de bomba, a vazão, o raio de sucção, material empregado, diâmetro das linhas, entre outros fatores. Há uma ampla variedade de aplicações e critérios para se empregar uma bomba a bordo.

#### 3.1 Critérios de Classificação.

- Princípio ou tipo de atividade
- Características de construção (tipo de impelidor e sua respectiva montagem, forma da carcaça)
- Uso ou área de aplicação
- Tipo de acoplamento ou transmissão
- Material da bomba

#### 3.2 Tipos de Bombas

Há inúmeras classes e categorias de bombas de acordo com a variação de processos e necessidades de cada arranjo. Economicamente, as maneiras mais simples de se transportar um líquido de um ponto a outro podem ser ordenadas da seguinte maneira:

- Centrífugas
- Rotativas
- Alternativas

Conforme veremos ao longo, esses três tipos de bombas são largamente utilizadas a bordo, cada uma com suas particularidades. Devido ao tipo de fluido bombeado, bem como o raio de sucção há outros fatores e características que devem ser levados em consideração ao realizar uma instalação:

- Escorva
- Resistência à abrasão

- Elementos de controle
- Variação de fluxo
- Viscosidade
- Densidade
- Corrosão

### 3.2.1 Bombas centrífugas

Uma bomba centrífuga trabalha transferindo energia cinética para o fluido e transformando-a em energia potencial, seja esta de posição ou, mais frequentemente, de pressão no bocal de descarga da bomba. Esta ação é realizada empregando os conceitos do Princípio de Bernoulli, conforme visto no capítulo anterior.

Fig.7: Exemplo de bomba centrífuga



Fonte: Sulzer Pumps

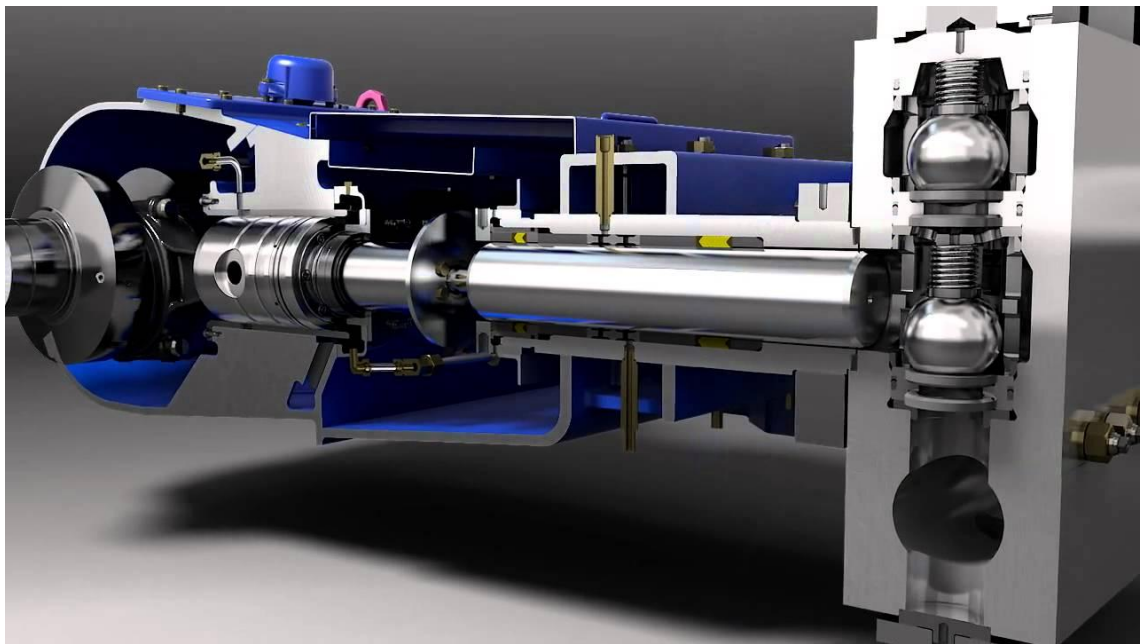
### 3.2.2 Bombas alternativas

Utilizam o princípio de um êmbolo deslizante ou diafragma para direcionar o líquido a uma cavidade por intermédio de uma válvula de sucção e impulsioná-lo a uma válvula de descarga.

Bombas de pistão ou êmbolo trabalham com um cilindro fechado e um pistão com pouca interferência, possuindo as seguintes características:

- São capazes de trabalhar em uma grande variedade de pressões e vazões;
- Sua popularidade em relação às bombas centrífugas é menor;
- Tem o uso restrito em virtude da pulsação do fluxo;
- São extremamente caras em tamanhos grandes.

Fig. 8: Vista em corte de uma bomba alternativa



Fonte: Uraca Pumps

### 3.2.3 Bombas Rotativas

São aquelas que a cada ciclo deslocam um determinado volume, sendo divididas em duas classes principais, alternativas e rotativas. Podem ser designadas por: de engrenagem externa e interna, lóbulos e palhetas.

O fluido é transportado pelas engrenagens passando pelas pequenas interferências e atingindo o outro bordo da carcaça, sendo arrastado pelo dente da engrenagem em seu movimento de rotação.

Fig. 9: Variações de bombas rotativas



Fonte: Viking Pumps

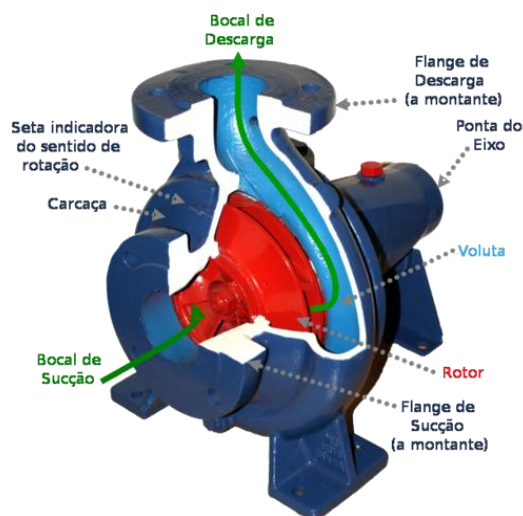
## CAPÍTULO 4

### BOMBAS CENTRÍFUGAS

Largamente utilizada a bordo, a bomba centrífuga é o tipo de bomba mais popular devido à sua durabilidade, versatilidade, simplicidade e economia. São usadas em diversos tipos de instalações, a exemplo:

- Sistemas de água salgada de resfriamento;
- Sistemas de incêndio, desde o principal até sprinklers.
- Sistemas de serviços gerais;
- Sistemas de esgoto de porão;
- São usadas como bombas de carga, acionadas por turbina a vapor;
- Sistemas de água potável;
- Circulação de água gelada em sistemas Chiller;
- Sistemas de água industrial;
- São utilizadas como bombas de lama de baixa pressão;
- Entre outros.

Fig. 10: Detalhes de uma bomba centrífuga



Fonte: Enciclopedia Britannica



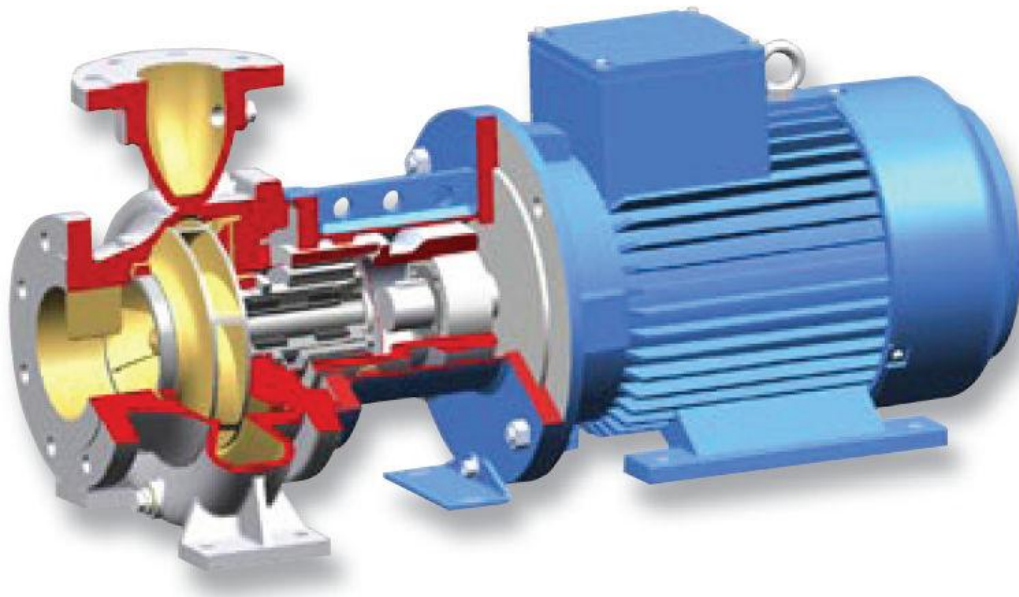
#### 4.1 Princípios de operação

O funcionamento da bomba centrífuga baseia-se, praticamente, na criação de uma zona de baixa pressão e de uma zona de alta pressão. Para seu correto funcionamento, é necessário que a carcaça esteja completamente cheia de líquido e, portanto, que o rotor esteja mergulhado no líquido.

O rotor pode ser aberto, fechado ou semi-aberto. A escolha do tipo de rotor depende das características do bombeamento. Para fluidos muito viscosos ou sujos usam-se, preferencialmente, os rotores abertos ou semi-abertos. Nestes casos, os rotores fechados não são recomendados devido ao risco de obstrução. Em sistemas a bordo de plataformas, as bombas de impelidores abertos são utilizadas como bombas de transferência de lama sintética e parafina, devido à viscosidade do líquido.

As bombas centrífugas caracterizam-se por terem maiores vazões com fluxo contínuo e pressões moderadas.

Fig 11: Exemplo de bomba centrífuga

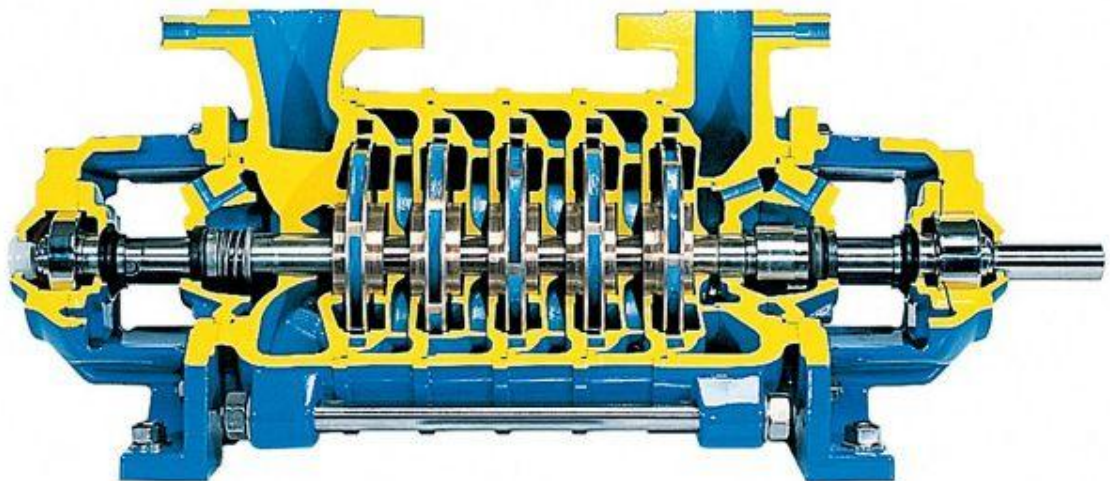


Fonte: Direct Industry

## 4.2 Bombas de Múltiplos Estágios

São utilizadas para grandes alturas e vazões. A passagem do líquido em cada rotor e difusor constitui um estágio de separação. O difusor de pás guias fica colocado entre dois rotores consecutivos. As pás do distribuidor são fundidas ou fixadas à carcaça ou ainda podem ser adaptáveis à carcaça. O eixo pode ser horizontal ou vertical. São próprias para instalações de alta pressão, pois a altura total a que a bomba recalca o líquido é, não considerando as perdas, teoricamente igual a soma das alturas parciais que seriam alcançadas por meio de cada um dos estágios (20 a 30 metros por estágio). São utilizadas para alimentação de caldeiras, em poços de água profundos e na pressurização de sistemas sprinkler, sistemas de incêndio em geral e sistemas hidrôforos.

Fig 12: Bomba de múltiplos estágios



Acervo pessoal

## 4.3 Partes importantes de uma bomba centrífuga

- Carcaça – envolve o impelidor e direciona o fluido para a descarga.
- Impelidor - parte giratória principal, gera energia para o fluido.
- Anéis de desgaste para o impelidor e carcaça.
- Eixo e luvas.
- Engaxetamento.
- Caixa de gaxetas.

- Selos mecânicos.
- Mancais.

#### 4.4 Carcaça

É o componente fixo que envolve o rotor. Apresenta aberturas para entrada do líquido até o centro do rotor e saída para a tubulação de descarga. Juntamente fundida ou presa mecanicamente, tem a câmara (ou câmaras) de vedação e a caixa (ou caixas) de mancal. Possui na sua parte superior, um suspiro para escorva e na parte inferior, uma outra para drenagem. Nas bombas de maior porte, tem ainda as conexões para as tubulações de os líquidos de selagem ou refrigeração.

O bocal (flange) de entrada do fluido na carcaça recebe o nome de sucção da bomba e, o de saída, de descarga da bomba.

Os materiais geralmente utilizados na fabricação da carcaça são: ferro fundido, aço fundido, bronze e aços liga.

Internamente, podem possuir voluta ou difusores. A de voluta é a mais comum podendo ser simples ou dupla. Como as áreas na voluta não são simetricamente distribuídas em torno do rotor, ocorre uma distribuição desigual de pressões ao longo da mesma. Isto dá origem a uma reação perpendicular ao eixo que pode ser insignificante quando a bomba trabalhar no ponto de melhor rendimento, mas que se acentua a medida que a máquina sofra redução de vazões, baixando seu rendimento. Nas bombas com difusor, não ocorre esse fenômeno.

Fig.13: Exemplos de voluta e difusor

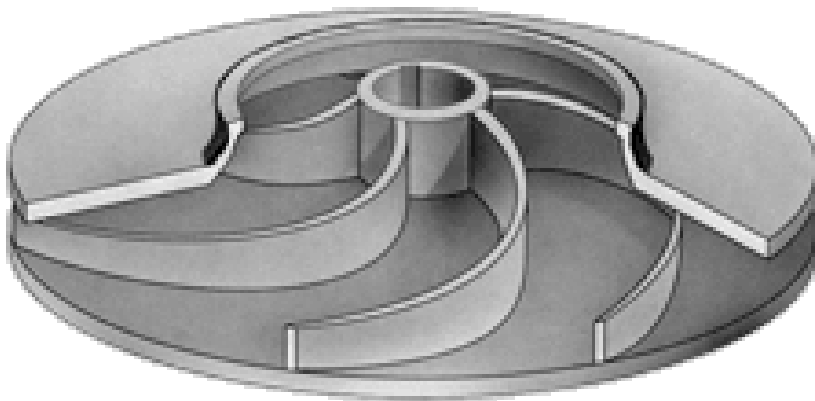


## 4.5 Impelidor

É a peça fundamental de uma bomba centrífuga, a qual tem a incumbência de receber o líquido e fornecer energia. Do seu formato e dimensões relativas vão depender as características de funcionamento da bomba.

São classificados como abertos, semi-abertos e fechados.

Fig.14: Exemplo de impelidor



Fonte: Wermac

### 4.5.1 Impelidores abertos

Um impelidor aberto consiste em palhetas ligados a um *hub* central sem qualquer forma de parede lateral.

Suas desvantagens são a fraqueza estrutural, pois geralmente as palhetas são longas, devendo ser reforçadas. Geralmente são utilizadas a bordo para transferir lama, que contém resíduos consideráveis de cascalho e demais fragmentos rochosos e salmoura.

Suas vantagens são a capacidade de suportar matéria em suspensão com mínimo entupimento e sua baixa reparabilidade.

Fig.15: Exemplo de impelidor aberto



Fonte: The Pump Co.

#### 4.5.2 Impelidores semi abertos

O impelidor semi-aberto incorpora uma antepara ou um parede traseira ao impelidor. Esta cobertura pode ou não possuir aletas, que estão localizadas na parte traseira. Sua função é reduzir a pressão na traseira do impelidor e evitar que corpos estranhos influenciem no funcionamento da bomba. Geralmente são equipados a bordo para transferência de lama sintética e parafina, com menor residual de fragmentos e com viscosidade significativa.

Fig. 16: impelidor semi-aberto



Fonte: Hamworthy

### 4.5.3 Impelidores fechados

O impelidor fechado é usado universalmente em bombas que lidam com líquidos limpos. Possui anteparas ou paredes laterais que fecham o impelidor, possuindo aletas nas laterais para descarregar o líquido. Este desenho evita a recirculação de líquido que ocorre em um impulsor aberto ou semi-aberto e suas placas laterais. Largamente utilizado a bordo, equipa as bombas dos sistemas de água em geral.

Fig.17: impelidor fechado



Fonte: Azcue Pumps

### 4.6 Anéis de desgaste

Equipar uma bomba com anéis de desgaste é uma forma fácil de evitar perdas por vazamento, sendo economicamente renováveis. Existem vários tipos de anéis de desgaste, sendo selecionados pelos seguintes critérios: líquido a ser bombeado, diferencial de pressão, velocidade de fricção e projeto de uso da bomba (bomba de esgoto VS. bomba de água limpa).

Fig.18: anéis de desgaste variados



Fonte: Global Pumps

## 4.7 Eixos e luvas

### 4.7.1 Eixos

A função básica de um eixo da bomba centrífuga é: transmitir os torques encontrados na partida e durante operação apoiando o impelidor e demais partes rotativas e realizar, com um desvio que é menos do que o mínimo de folga entre peças rotativas e estacionárias (isto é, anéis de desgaste, selos mecânicos).

As cargas envolvidas são torques; peso dos componentes; forças hidráulicas axiais e radiais. Os eixos são normalmente concebidos para suportar o estresse criado quando uma bomba parte rapidamente.

A velocidade crítica é outra preocupação. Qualquer objeto feito de um material elástico tem um período natural de vibração. Quando um rotor e eixo girarem em qualquer velocidade correspondente à frequência natural, desequilíbrios menores serão ampliados.



#### 4.7.2 Luvas

O eixo normalmente é protegido contra erosão, corrosão, e desgaste nas câmaras de selo, articulações de vazamento, e nas vias através de mangas renováveis. A menos que seja especificado o contrário, a manga de proteção do eixo é construída de material resistente a desgaste, corrosão, e erosão. A manga é lacrada em uma extremidade. O alojamento da manga do eixo se estende além da face exterior do selo.

Fig.19: eixos e luvas



Fonte: Acervo pessoal

#### 4.8 Caixa de gaxetas

Refere-se a uma câmara, acoplada ou separada da carcaça da bomba, que forma a região entre o eixo e a carcaça onde o meio de vedação é instalado. Quando a selagem é feita por meio de um selo mecânico, a câmara normalmente é chamada câmara de selo. Quando o selo é obtido por engaxetamento, a câmara é chamada caixa de gaxetas.



Tanto a câmara de selo como a caixa de gaxetas, têm a função primária de proteger a bomba contra vazamentos no ponto onde o eixo atravessa a carcaça da bomba sob pressão. Quando a pressão no fundo da câmara é abaixo da atmosférica, previne entrada de ar na bomba. Quando a pressão é acima da atmosférica, as câmaras previnem o vazamento de líquido da bomba.

As câmaras de selo e caixas de gaxeta também podem ser disponíveis com arranjos de resfriamento ou aquecimento para controle da temperatura.

#### **4.8.1 Vedação por gaxeta**

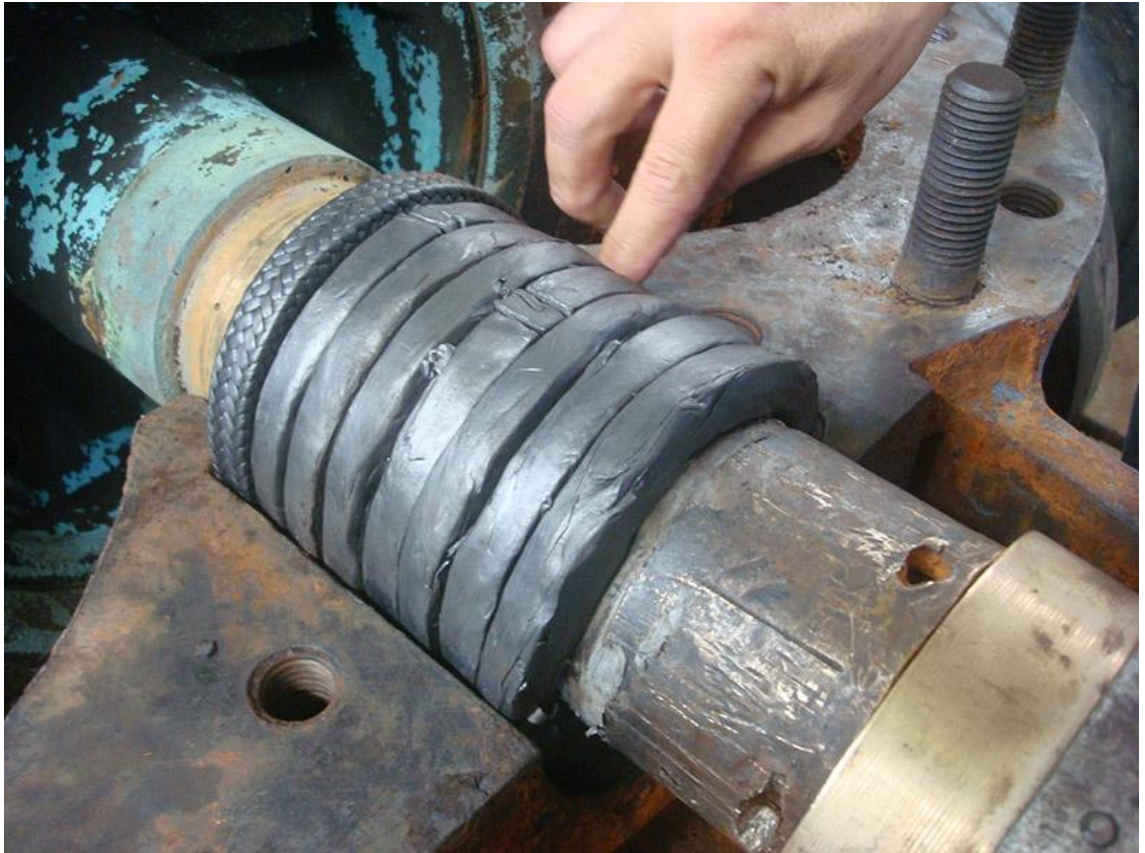
A gaxeta tem como principal função evitar a passagem da água do interior da carcaça, onde se encontra o rotor, para os pontos em que o eixo passa por dentro da caixa ou gaveta de gaxeta.

As gaxetas são feitas de material facilmente moldável e plástico, que possam ser convenientemente ajustados. Devem resistir ao calor e ao atrito com o eixo ou com a luva protetora do eixo e são especificadas pelo fabricante, de acordo com o fluido a ser bombeado, a temperatura, a pressão e o ataque químico.

A função da gaxeta é evitar a entrada de ar e o vazamento de água na bomba. Em uma bomba centrífuga radial pura de simples estágio, a caixa de gaxetas usualmente tem o formato de uma caixa cilíndrica que acomoda certo número de anéis de gaxetas em volta do eixo ou da luva de eixo. Esse anel é comprimido pelo ajuste feito por intermédio do componente denominado preme gaxeta, sobreposta ou aperta-gaxeta.

As gaxetas nunca vedam totalmente o sistema contra um gotejamento necessário. As gaxetas devem permitir que haja um mínimo vazamento da ordem 30 a 60 gotas por minuto para possibilitar a lubrificação e auxiliar a manter as gaxetas com a temperatura adequada.

Fig. 20: Exemplo de instalação de gaxetas



Acervo pessoal

#### 4.8.2 Selo mecânico

Em uma bomba centrífuga o selo mecânico tem a função de promover a selagem, com o propósito de evitar que o fluido seja emitido para o meio externo (atmosfera).

Os selos mecânicos podem ser aplicados na maioria dos casos, e possuem muitas vantagens em relação as gaxetas. Além disso, são indicados para casos onde os retentores convencionais (gaxetas) não podem ser aplicados, especialmente em casos de alta pressão, temperatura, velocidade e presenças de sólidos em suspensão.

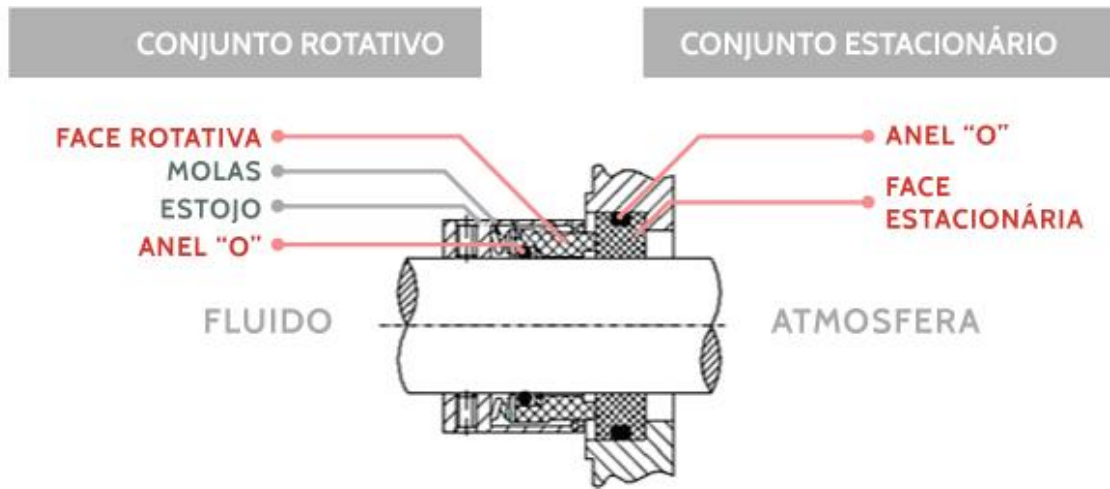
O selo mecânico pode estar situado dentro da carcaça da bomba, mais precisamente na caixa de selagem, mas existe outra possibilidade de alojamento, em muitos casos mais viáveis e às vezes até indispensáveis, através da utilização de uma sobreposta. A sobreposta é um “prolongamento” da caixa de selagem

utilizada quando não se tem o espaço necessário para alojar o selo mecânico, ou ainda nos selos cartuchos onde a utilização da sobreposta é indispensável. A união entre a caixa de selagem e a sobreposta é feita por parafusos prisioneiros.

As faces rotativa e estacionária encontram-se perpendiculares ao eixo e uma das faces é empurrada contra a outra através de mola única ou múltiplas molas. O contato axial estabelecido pela força exercida pela mola e a pressão do fluido atuante na caixa de selagem determinam o fechamento das faces realizando o que chamamos de vedação primária ou dinâmica, bloqueando a passagem do fluido para o eixo do equipamento. Já a vedação secundária ou estática é feita normalmente por anéis "O", foles de borracha, cunhas em P.T.F.E., impedindo a passagens do fluido pelos interstícios do selo mecânico. As faces do selo são lapidadas o que conferem a elas uma rugosidade de três bandas de luz, aproximadamente  $1\mu\text{m}$ , variando de acordo com o tipo de material das faces.

Como o selo trabalha realizando um trabalho de vedação, grande parte dele encontra-se em contato com o fluido, desta forma na região de contato das faces ocorre à formação de um filme líquido, evitando o atrito excessivo entre as faces. O filme líquido, além de promover uma lubrificação entre as faces, diminuindo sensivelmente o atrito, ainda é responsável por obstruir a passagem do fluido. Devido ao movimento da face rotativa em relação à estacionária o filme líquido tende a evaporar por efeito do aquecimento e com a sua evaporação outro filme líquido se forma e assim sucessivamente propiciando sempre uma lubrificação e vedação ao sistema. O selo mecânico é simples e eficiente, seu diferencial de um bom funcionamento está na aplicação correta para cada condição de temperatura, pressão, velocidade e características do fluido a ser vedado.

Fig 21: Selo Mecânico



Fonte: Du-o-lap

#### 4.9 Mancais

Os mancais têm a função de suportar o peso do conjunto girante, forças radiais e axiais que ocorrem durante a operação. Os mancais que suportam as forças radiais são chamados de mancais radiais e os que suportam forças axiais são chamados de mancais axiais.

Os rolamentos de esferas são os mais comuns usados em bombas centrífugas. Rolamentos de rolos são usados com menos frequência embora o rolamento de rolo esférico é frequentemente utilizado para grandes tamanhos de eixo. Os rolamentos são normalmente lubrificados com graxa, embora alguns serviços usam lubrificação do óleo, dependendo das cargas de projeto, velocidade e condições de serviço.

Mancais de deslizamento são utilizados para bombas grandes com diâmetros de eixo de tais proporções que rolamentos não estão prontamente disponíveis. Outras aplicações incluem bombas de alta pressão funcionando a velocidades de 3.600 a 9.000 rpm e bombas submersas verticais tais como bombas de turbina verticais em que os mancais estão sujeitos ao contato com o líquido. A maioria dos mancais são lubrificados com óleo.

## **4.10 Cavitação**

Cavitação é um fenômeno de ocorrência limitada a líquidos, com conseqüências danosas para o escoamento e para as regiões sólidas onde a mesma ocorre.

A região que está mais sujeita à cavitação é a sucção da bomba, pois é onde o sistema de bombeamento apresenta a menor pressão absoluta. Portanto, o ponto crítico para a cavitação é a entrada do rotor. Nesta região a quantidade de energia é mínima, pois o líquido ainda não recebeu nenhuma energia por parte do rotor. Assim, a cavitação, normalmente, inicia-se nesse ponto, em seguida, as cavidades são conduzidas pela corrente líquida provocada pelo movimento do rotor, alcançando regiões de pressão superior à do fluido, onde se processa a implosão das cavidades (bolhas).

### **4.10.1 Conseqüências da cavitação**

Os efeitos da cavitação dependem do tempo de duração, intensidade da cavitação, propriedade do líquido e resistência do material à erosão por cavitação, ou seja, a cavitação causa barulho, vibração, alteração das curvas características e danificação ou "pitting" do material. O barulho e vibração são provocados principalmente pela instabilidade gerada pelo colapso das bolhas.

**Ruído Característico:** A cavitação produz um ruído semelhante de "de grãos de areia" ou "bolas de gude".

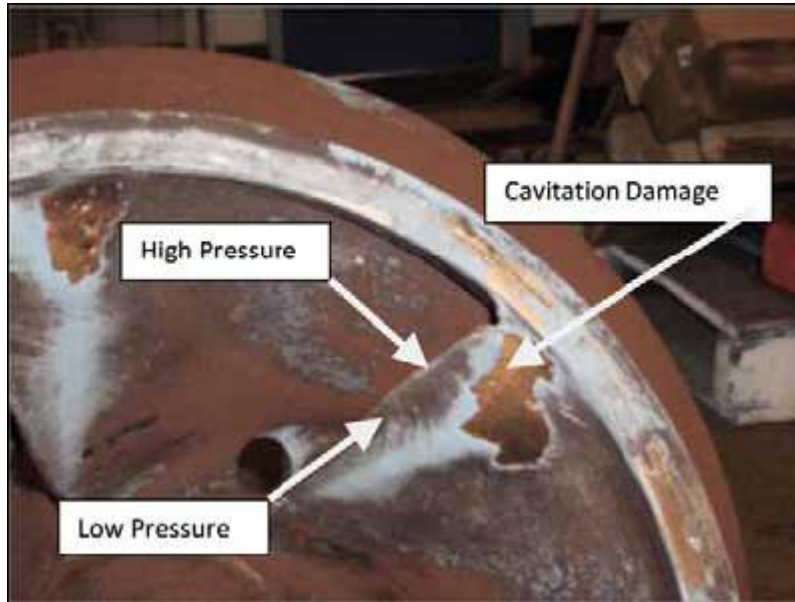
**Vibração Característica:** O colapso produz excitações denominadas aleatórias, que se caracterizam por excitar freqüências naturais (ressonâncias).

**Alterações na performance:** Dependendo da intensidade pode-se observar variações na pressão de descarga, visto no pela oscilação do Manômetro. Perdendo até mesmo a vazão.

**Oscilações nas Indicações da Corrente:** É uma conseqüência direta das alterações na performance, tendo em vista que a potência consumida é função da pressão (AMT) e da Vazão, que variam em uma condição de cavitação.

As causas da cavitação estão ligadas ao mau dimensionamento da linha de sucção e do NPSH requerido pelo sistema.

Fig.22: Dano por cavitação



Fonte: Pumps & Systems

#### 4.11 NPSH

O NPSH é um conceito oriundo da escola americana, que predominou entre os fabricantes instalados no país e na norma da ABNT que trata de ensaios de cavitação em bombas.

*Net Positive Suction Head* (Energia Positiva de Sucção). Devemos entender os conceitos de NPSH disponível e requerido. NPSH disponível É uma característica da instalação em que a bomba opera, isto é, pressão disponibilizada pela instalação para um determinado fluido. NPSH requerido Representa a pressão acima da pressão de vapor requerida pela bomba para que não ocorra a cavitação. Os fabricantes apresentam o NPSH requerido pela bomba através de curvas levantadas em banco de prova. O NPSH disponível deve ser sempre maior que o NPSH requerido.

#### 4.12 Alinhamento

O alinhamento é o processo pelo qual posicionamos dois eixos de forma que suas linhas de centro fiquem colineares quando em operação.

A vida útil do conjunto girante e o funcionamento do equipamento dependem do correto alinhamento. O alinhamento executado no fabricante deve ser verificado, uma vez que pode ser afetado durante o transporte e o manuseio do conjunto. Somente após a cura da argamassa deve ser executado o alinhamento e com as tubulações de sucção e recalque desconectadas. O alinhamento deve ser efetuado com o auxílio de relógios comparadores, para o controle do deslocamento radial e axial. Após conectar as tubulações checar o alinhamento se por ventura tiver alteração, corrigir a tubulação.

Eixos mal alinhados são os responsáveis de muitos problemas nas máquinas: Os testes mostram que um alinhamento incorreto é a causa de cerca de 50% de avarias nas máquinas.

Desalinhamento é a designação utilizada para definir que dois eixos não rodam co-linearmente, ou seja, o eixo de rotação não é o mesmo. Um mau alinhamento ocasiona aumento de vibrações, maior consumo de energia, maior desgaste dos rolamentos e desgaste excessivo dos acoplamentos.

Fig.23: alinhamento de bombas



Fonte: acervo pessoal



## **CAPÍTULO 5**

### **BOMBAS ROTATIVAS**

A bomba rotativa é uma máquina de deslocamento positivo. O líquido é preso, obrigando-o a rodear a carcaça, forçando a sua saída através da câmara de descarga, diferentemente de uma bomba centrífuga. Oferece fluxo constante de líquido, ao contrário de uma bomba alternativa. Possuem tolerâncias relativamente baixas. Em sua grande maioria, não incorporam válvulas ou canais complexos, sendo bastante eficiente em líquidos de alta viscosidade.

À medida que as engrenagens giram, provocam uma depressão no lado de entrada, chamada de câmara de sucção da bomba, fazendo com que o líquido seja admitido. Da câmara de sucção o líquido é transportado, através dos espaços compreendidos entre os dentes das engrenagens e a parede interna da carcaça, até a câmara de pressão na descarga da bomba, situada numa posição oposta ao lado de admissão. O engrenamento dos dentes, na parte central da bomba, impede a comunicação entre a câmara de pressão e a câmara de sucção. A pressão de saída do líquido será maior ou menor, dependendo da resistência encontrada pelo fluxo hidráulico ao longo da tubulação de descarga e da pressão a vencer, ou seja, da altura de elevação manométrica.

As bombas de rotativas combinam a característica de fluxo contínuo das bombas centrífugas com a característica da invariabilidade da vazão em função da pressão de descarga das bombas alternativas de pistão com a vantagem adicional de não possuírem válvulas.

#### **5.1 Princípio de funcionamento**

As bombas de deslocamento positivo liberam um determinado volume de fluido de acordo com a velocidade do sistema. Quando a saída se fecha a pressão aumenta e o fluxo da bomba deve ser dirigido para outro lugar, de maneira que se evite a sobre-pressurização.

Para proteger a bomba, em algumas instalações, o fluido é aliviado por um by-pass, alívio ou por meio da recirculação dentro da própria bomba, retornando parte do fluido para a câmara de sucção.



As bombas rotativas transportam, teoricamente o mesmo volume de líquido para cada giro dos elementos rotativos, independentemente da altura total de elevação manométrica, da velocidade de rotação e das propriedades físicas do líquido transportado.

Na prática, este volume é ligeiramente reduzido, em razão das perdas por fugas entre os elementos e a carcaça, pela presença de ar ou gases no líquido bombeado, ou mesmo, pelo retorno à câmara de sucção de uma pequena parcela de líquido que fica retido na reentrância entre dentes, já que o volume deste vão é maior que o do dente que ali penetra durante o engrenamento.

As perdas por fugas, levadas em consideração pelo rendimento volumétrico, tendem a aumentar com o aumento da diferença de pressão entre a descarga e a admissão, com a redução da viscosidade do líquido a ser bombeado e com o aumento da folga entre rotor e carcaça. Um aumento nessa folga implica num aumento, ao cubo, da vazão de fuga.

## **5.2 Componentes de uma bomba rotativa**

### **5.2.1 Câmara**

É o espaço onde o líquido bombeado fica contido. O líquido pode entrar ou sair da bomba por uma ou mais conexões.

### **5.2.2 Corpo**

É a parte que rodeia os elementos da bomba. Chamado também de invólucro.

### **5.2.3 Placas ou Tampas**

São as partes que separam as extremidades do corpo para formar a câmara. Podem ser chamadas de tampas. Elementos extremamente importantes para o bom funcionamento do sistema, pois grande parte das perdas de pressão pode ocorrer em razão da inobservância de arranhados ou marcas, prejudicando na vedação da bomba.

#### **5.2.4 Conjunto rotativo**

O conjunto rotativo em geral inclui todas as partes da bomba que rodam quando a bomba está a funcionar. O rotor é a parte específica do conjunto rotativo que gira dentro da câmara. Rotores podem ter nomes específicos de acordo com o tipo de bomba rotativa tais como engrenagens, parafusos e lóbulos. O eixo de acionamento transfere o torque e a velocidade do motor para o rotor.

#### **5.2.5 Selos**

As vedações da bomba são de dois tipos: estática e dinâmica. Estáticos proporcionam uma vedação de líquido justa e hermética entre partes estacionárias removíveis da câmara. Vedações dinâmicas são usadas entre as câmaras e elementos móveis, como eixos e extensões.

#### **5.2.6 Mancais**

Podem ser luvas, rolamentos de esfera ou roletes. Vedação externa ou interna.

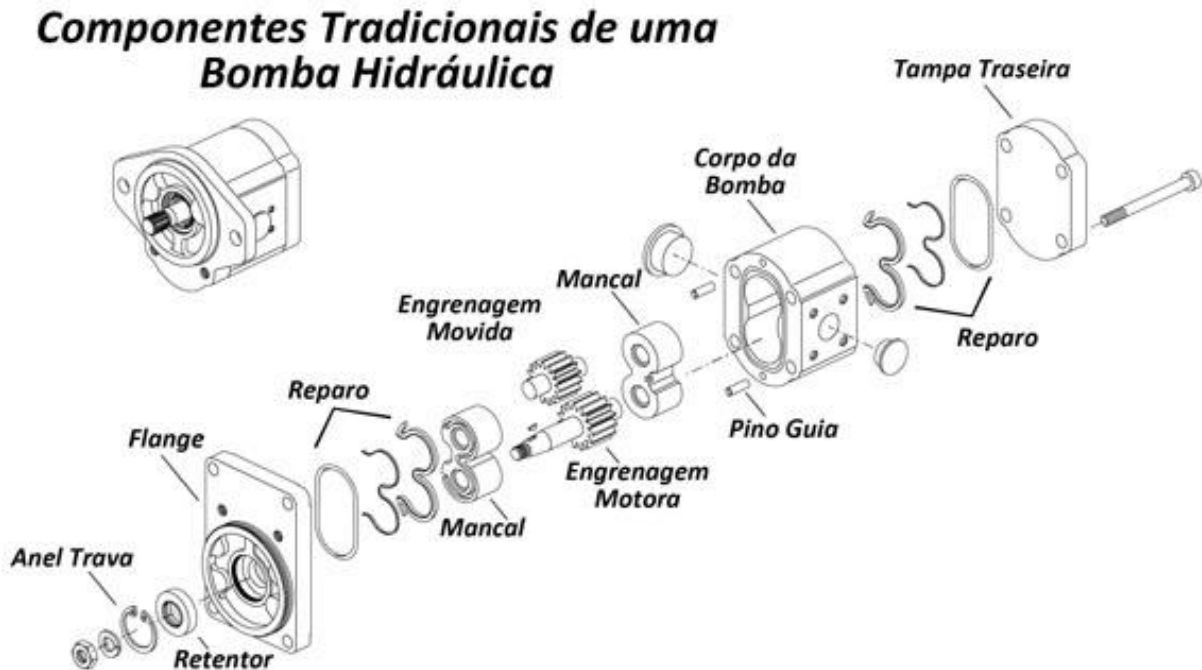
#### **5.2.7 Sincronizadores**

Se a referida bomba for de múltiplos rotores, o torque é transmitido por engrenagens sincronizadoras.

#### **5.2.8 Válvulas de Alívio**

A pressão na saída pode tornar-se prejudicialmente alta se a descarga da bomba estiver obstruída ou bloqueada. As válvulas de alívio são usadas para limitar a pressão, abrindo assim uma passagem auxiliar a uma pressão predeterminada que vai evitar uma falha catastrófica para a bomba. A válvula pode ser integral com a carcaça, tampa, ou montada em separado.

Fig 24: vista explodida de uma bomba rotativa



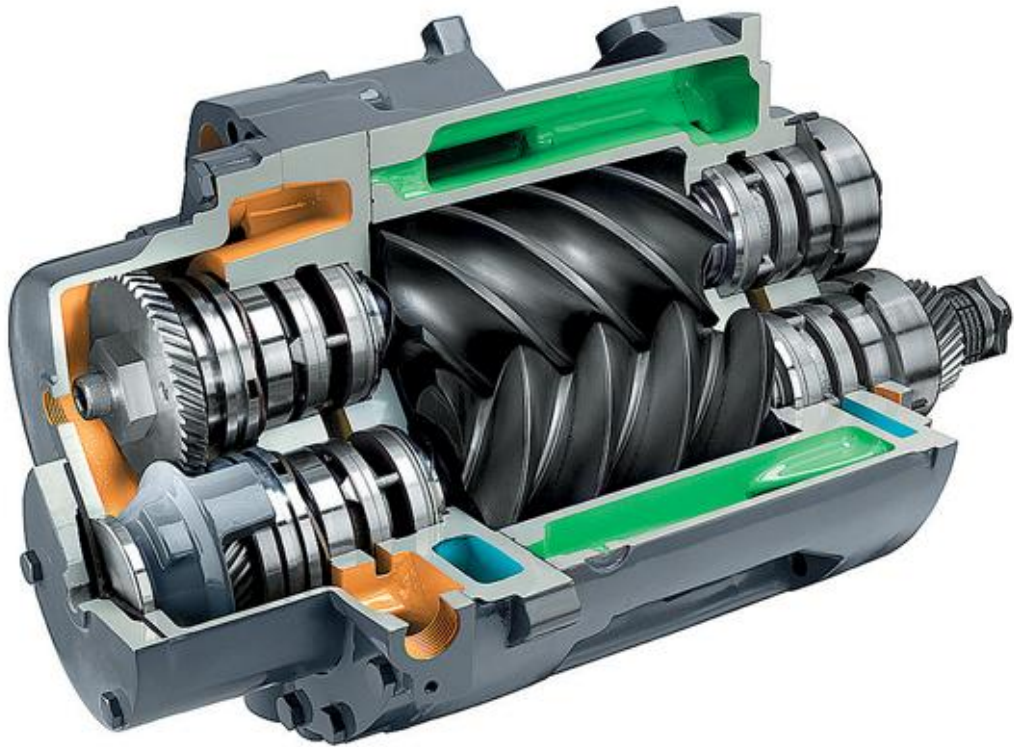
Fonte: Rexroth

### 5.3 Bombas de Parafuso

Possuem de um, dois ou três parafusos helicoidais que têm movimentos sincronizados através de engrenagens. Esse movimento se realiza em caixa de óleo ou graxa para lubrificação. Por este motivo, são silenciosas e sem pulsação. O fluido é admitido pelas extremidades e, devido ao movimento de rotação e aos filetes dos parafusos, que não têm contato entre si, é empurrado para a parte central onde é descarregado. Essas bombas são muito utilizadas para o transporte de produtos de viscosidade elevada. A bordo, são bastante utilizadas para sistemas separadores de água e óleo, esgotamento de caixa de gordura, bombas de borra, e, em alguns casos, como bomba de esgoto.

A regularização da vazão pode ser efetuada por variação de velocidade de rotação dos parafusos, ou por recirculação do líquido entre a descarga e a admissão da bomba. O rendimento da bomba depende fundamentalmente das perdas por fugas do líquido nas folgas, e da viscosidade.

Fig 25: Bomba de Parafuso

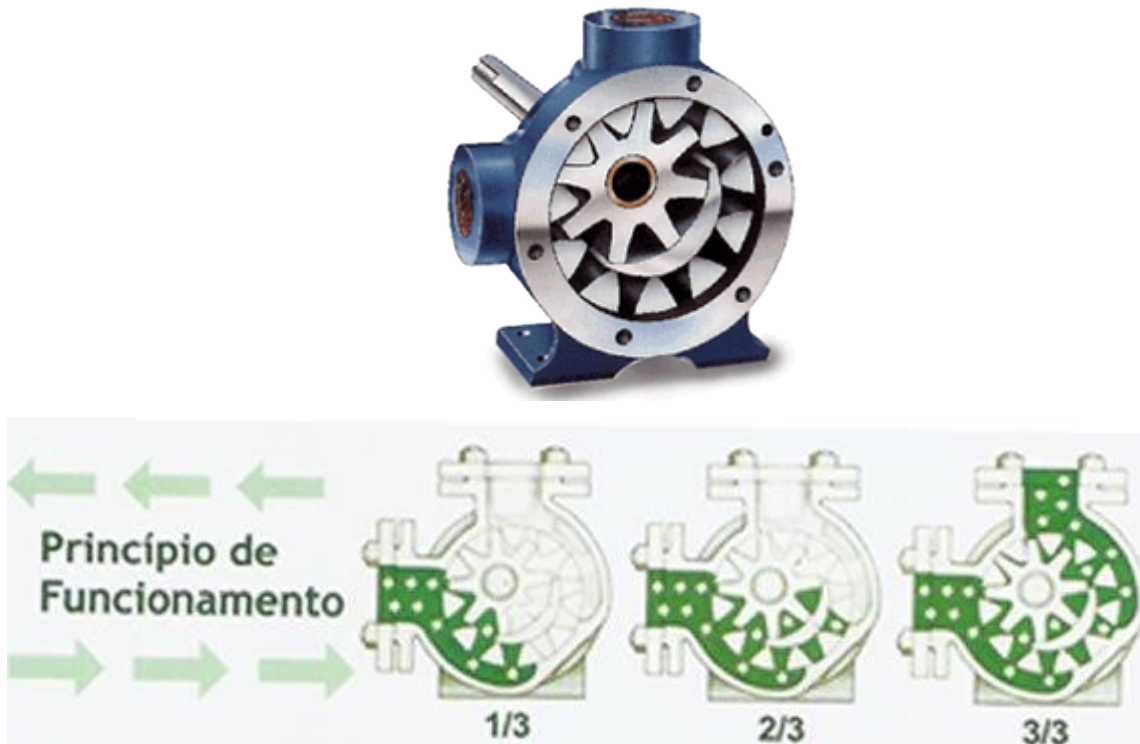


Fonte: Mecânica Industrial

#### 5.4 Bombas de Engrenagens

A bomba de engrenagens é o tipo de bomba rotativa mais empregada na indústria. A configuração mais comum consiste de duas engrenagens de dentes externos, devidamente sincronizadas e instaladas do interior de um carcaça. As engrenagens giram em sentidos contrários, sendo que uma delas transmite o movimento de rotação à outra. Por esta razão, são chamadas de engrenagem motriz e engrenagem acionada, respectivamente. As engrenagens empregadas nas bombas rotativas podem ter dentes retos, helicoidais, ou em espinha de peixe.

Fig. 26: Vista e princípio de funcionamento de uma bomba de engranagem



Fonte: Tecnopump

### 5.5 Bombas de Lóbulos

As bombas de lóbulos são idênticas às bombas de engrenagens, apenas com uma única diferença: usam rotores lobulares para transmitir energia ao líquido. Os rotores lobulares estão montados no interior de uma carcaça, devidamente sincronizados, onde giram em sentidos contrários

O líquido penetra na bomba sob a ação de forças externas sendo deslocado para a descarga pela energia fornecida pelos rotores tubulares. O fluxo de líquido nas bombas de lóbulos não é tão constante como nas de engrenagens e o seu nível de ruído é maior.

As bombas rotativas de lóbulos são apropriadas para o bombeamento de líquidos viscosos e produtos com sólidos em suspensão. As pressões atingem valores até 1,5 MPa, com vazões, normalmente, de 1 a 250 m<sup>3</sup>/h. A faixa de rotações vai de 100 a 1000 rpm.

Fig 27: Bomba de Lóbulos



Fonte: Wastecorp

## 5.6 Bomba de Palhetas

A bomba de palhetas rotativas é uma bomba de deslocamento positivo que consiste de palhetas montadas em um rotor que gira dentro de uma cavidade. Em alguns casos estas palhetas podem ser de comprimento variável e/ou tensionadas para manter contato com as paredes nas quais a bomba gira. As bombas de palhetas são bastante simples, quanto a sua construção. Há três tipos fundamentais: bombas de palhetas deslizantes, de palhetas oscilantes e de palhetas flexíveis.

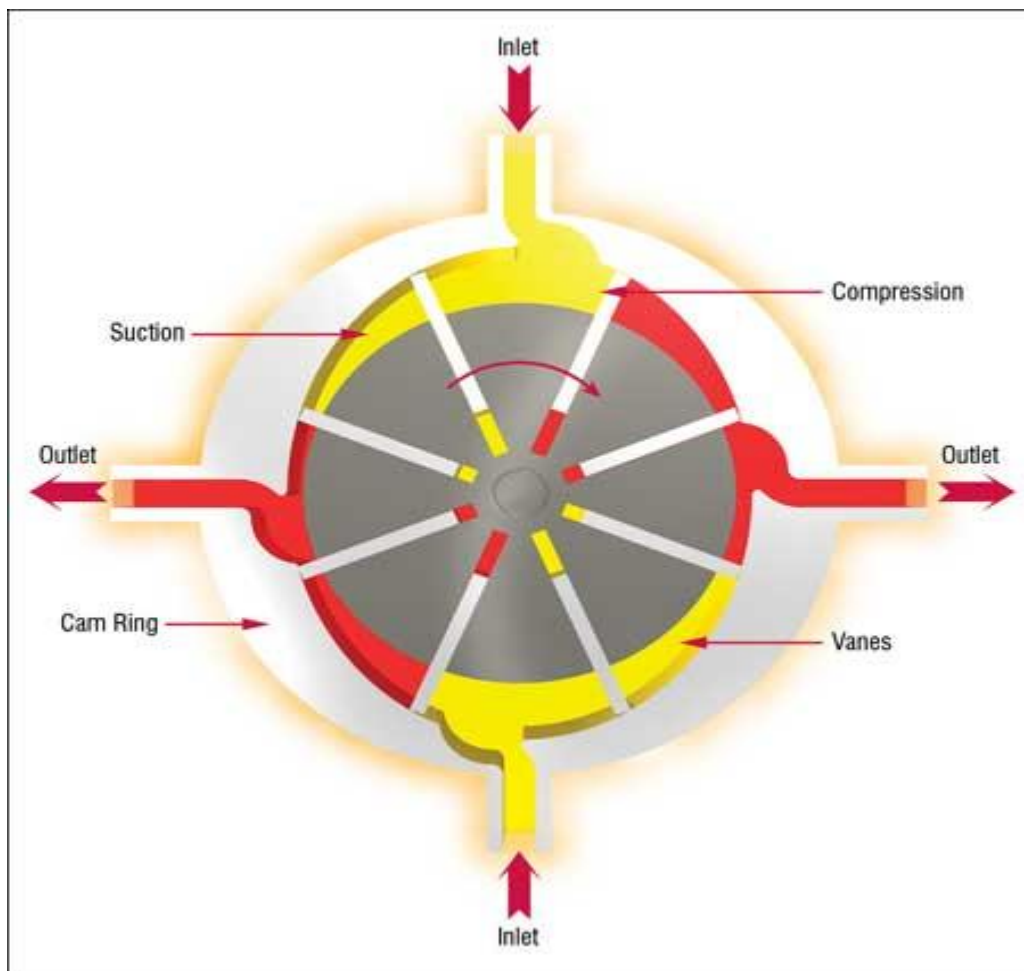
Segundo Theriault (2001), usos comuns de bombas de palhetas rotativas incluem bombas hidráulicas de alta pressão e automotivos incluindo bombas de direção assistida e câmbio automático. Bombas para pressões de faixa mediana incluem aplicações como dosadores de refrigerantes e máquinas de café expresso. Eles também são frequentemente utilizados como bombas de vácuo para prestação de assistência à frenagem (através de uma frenagem servo-freio) em caminhões grandes, e na maioria dos aviões leves para conduzir instrumentos de vôo, o horizonte artificial e indicador de rumo. Além disso, as bombas de palhetas podem ser usadas em aplicações de gás de baixa pressão, como injeção secundária de ar para controle de emissão de exaustão, e em aplicações de vácuo incluindo linhas de evacuação de fluido refrigerante em condicionadores de ar, e secadores a frio laboratoriais, extensivamente em sistemas de deposição química de vapor em semicondutores, e experimentos com vácuo em física. Nesta aplicação o gás

bombeado e o óleo são misturados dentro da bomba, mas devem ser separados externamente.

Este tipo de bomba pode ser utilizado para o bombeamento de suco de frutas, solventes, e outros líquidos puros, isento de partículas abrasivas e não muito viscosos. São muito empregados para sistemas de controle e transmissão hidráulica e, na aviação, para o transporte de combustível e de óleo lubrificante.

Trabalham com velocidades apropriadas para o acoplamento direto com motores elétricos, recalando vazões de 0,5 a 60 m<sup>3</sup>/h a pressões até 14 MPa.

Fig. 28: bomba de palhetas. Descrição do funcionamento



Fonte: Machinery Lubrication

## CAPÍTULO 6

### BOMBAS ALTERNATIVAS

As bombas alternativas imprimem ao líquido as pressões mais elevadas entre todos os tipos de bombas. As vazões, porém são relativamente pequenas, a manutenção frequente, cara e em muitos casos o fluxo é pulsante.

São projetadas para que seus principais componentes apresentem vida útil longa em operação contínua. Não são utilizadas para fluidos abrasivos. Largamente utilizadas a bordo como bombas de alta pressão para água e lama, a bordo de navios sonda e plataformas de perfuração em geral.

#### 6.1 Classificação das bombas alternativas

##### 6.1.1 Quanto ao acionador:

- Bombas de Potência: quando o acionador é um motor elétrico ou de combustão interna, sendo o movimento transmitido pelo mecanismo eixo-manivela-bielacruzeta-orgão mecânico. São utilizadas para alta pressão no acionamento de prensas, nas indústrias de borracha, algodão, óleo, cerâmica, etc.

- Bombas de Ação Direta: quando o acionador é uma máquina de vapor que movimenta diretamente o órgão movimentador do líquido da bomba. São empregadas na alimentação de água de caldeiras, pois aproveitam o vapor gerado na caldeira para o seu próprio acionamento.

##### 6.1.2 Quanto à posição dos cilindros

- Horizontal
- Vertical

##### 6.1.3 Quanto ao número de cilindros

- Simplex: quando existe apenas 1 cilindro
- Duplex: quando existe 2 cilindros
- Triplex: quando existe 3 cilindros



- Multiplex: quando existe mais de 3 cilindros

Fig 29: Bomba alternativa triplex

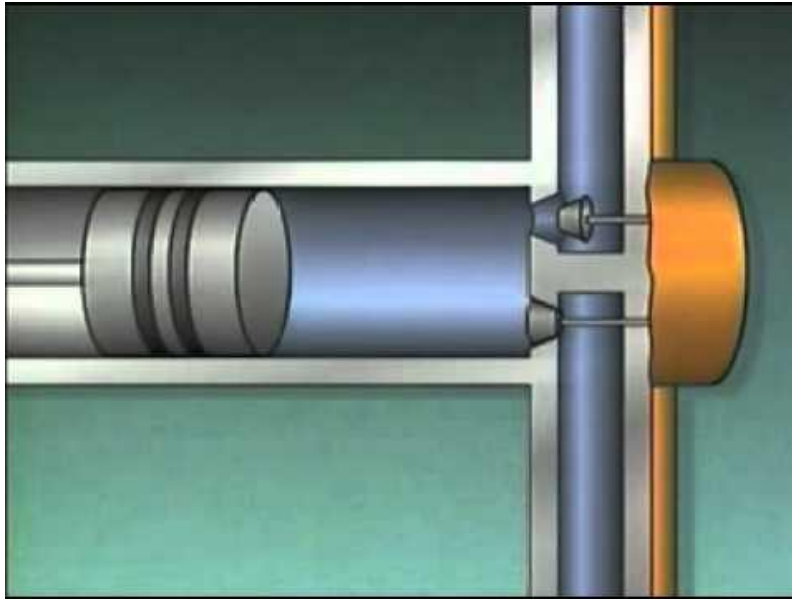


Acervo pessoal

#### 6.1.4 Quanto à ação de bombeamento

- de simples efeito: quando apenas uma face do órgão movimentador atua sobre o líquido (sucção e descarga são feitas em um só lado)
- de duplo efeito: quando as duas faces atuam sobre o líquido (sucção e descarga de ambos os lados, enquanto um lado succiona, o outro descarrega e vice-versa)

Fig. 30: Bombas alternativas de simples efeito



#### 6.1.5 Quanto ao curso do órgão movimentador

- de curso constante: construção usual
- de curso variável: permitem variar a vazão

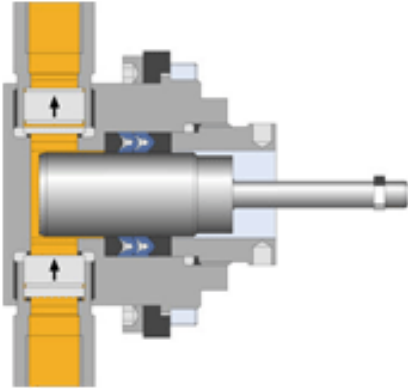
#### 6.1.6 Quanto ao órgão movimentador do líquido

- Bomba Alternativa de Pistão: o órgão que produz o movimento do líquido é um pistão que se desloca, com movimento alternativo, dentro de um cilindro. O princípio de funcionamento é o seguinte: No curso de aspiração, o movimento do pistão tende a produzir vácuo. A pressão do líquido no lado de aspiração faz com que a válvula de admissão se abra e o cilindro se encha; e enquanto isso ocorre, a válvula de recalque mantém-se fechada pela pressão pela própria diferença de pressões. No curso de recalque, o pistão força o líquido, empurrando-o para fora do cilindro, através da válvula de recalque. Mantém-se, neste curso, fechada a válvula de admissão devido à diferença de pressão. Assim, pode-se observar que o movimento do líquido é efetivamente causado pelo movimento do pistão, sendo da mesma grandeza e tipo do movimento deste. São utilizadas em serviços de dosagem de líquidos.

Bomba Alternativa de êmbolo: difere da anterior somente pela forma do órgão movimentador. O êmbolo nada mais é que um "pistão alongado". Tem o mesmo

princípio de funcionamento e as mesmas aplicações, só que suporta pressões mais elevadas.

Fig. 31: bomba de êmbolo



Fonte: Siko Pump

Fig 32: bomba de alta pressão para sistema de lama para poço. Geralmente, são bombas triplex que recalcam lama a alta pressão para os sistemas de perfuração.



Fonte: National Oilwell Varco

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSÃO**

O presente trabalho exemplificou a importância das bombas a bordo e a versatilidade desse equipamento. Todos os tipos de bombas mencionados tem sua devida função a bordo, e, possui métodos de deslocamento diferentes com a mesma finalidade.

Conclui-se que não há sistema vital a bordo que não possua bombas em seu sistema. Desde a pressurização do sistema de lubrificante de um motor até a transferência de água para as acomodações, elas realizam seu serviço de forma confiável, e, quando bem mantidas, apresentam mínimas falhas e baixo custo de manutenção.

Devemos atentar para as particularidades de cada tipo de bomba e verificar seus parâmetros rotineiramente para não passarmos por revezes.

A pesquisa não esgota o assunto, devido à grande flexibilidade operacional e suas infinitas aplicações a bordo e na indústria.

## 8 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

1. Segrest, Michelle. **The History of Pumps: Through the Years.** Disponível em: <<http://www.pumpsandsystems.com/topics/pumps/pumps/history-pumps-through-years>> Acessado em 15 de agosto de 2015.
2. Netto, José M. de Azevedo. **Pequena História das Bombas Hidráulicas.** Disponível em: <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_154\\_n\\_66.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_154_n_66.pdf)> Acessado em 18 de agosto de 2015.
3. Bombas Centrífugas. **Bombas, uma breve história.** Disponível em: <<http://bombascentrifugas.com.br/bombas-uma-breve-historia>> Acessado em 18 de agosto de 2015.
4. Bolegoh, Gordon S. **Pumps – Reference Guide.** Terceira Edição. Ontario Power Generation, 2001.
5. Epoch Times. **Após 2000 anos de utilização, o “parafuso de Arquimedes” encontra uma nova aplicação.** Disponível em: <<https://www.epochtimes.com.br/apos-2-000-anos-de-utilizacao-o-parafuso-de-arquimedes-encontra-uma-nova-aplicacao-2>> Acessado em 03 de setembro de 2015.
6. Theriault, Mario, **Great Maritime Inventions 1833-1950,** Goose Lane Editions, 2001
7. Girdar, Paresh. **Practical Centrifugal Pumps,** Elsevier, 2004.
8. Karasikk Igor. **Pump Handbook.** Third Edition, McGrall-Hill, 2001.