

Bombas e Instalações Hidráulicas

Parte A: Donizetti

Escolha do Diâmetro da Tubulação:

- **Análise das Necessidades:** Tipo do fluido, vazão, pressão, temperatura, condições de contorno, segurança, limitações de recursos, etc.
- **Escolha do Diâmetro dos Tubos:**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Onde Q → Vazão (conhecida) v → velocidade retira da tabela de valores práticos recomendados D → diâmetro interno do tubo

Após o cálculo de D, normalizar e conferir para ver se está tudo coerente (tirar a prova substituindo o valor de D normalizado e calcular v, para ver se esse novo valor ainda está dentro da faixa adotada inicialmente).

Tubo Galvanizado: Tubo que recebeu uma camada de Zinco para aumentar a resistência à corrosão. Tubos soldados não podem ser galvanizados, pois o calor da solda estraga o tratamento.

Carga: Energia por unidade de peso de fluido.

Perda de Carga (H_p): Energia perdida por cada unidade de peso do fluido

Carga Manométrica da Bomba (H_B): Energia que a bomba é capaz de fornecer para cada unidade de peso que passa por ela, principalmente na forma de carga de pressão. $H_B \cong \frac{\Delta P}{\gamma}$

O diâmetro da tubulação de recalque da bomba é SEMPRE menor ou igual ao diâmetro da tubulação de sucção.

Carga Estática (H_{est}): Soma das cargas necessárias que NÃO dependem da vazão. Pode ser positiva, negativa ou nula.

Sempre que possível, fazer a troca de:

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g}$$

$$H_p = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g}$$

Curva Característica da Instalação (C.C.I.): Se a energia der negativa, não é necessária a instalação de bomba para a instalação hidráulica funcionar. O ponto onde a CCI corta o eixo da vazão (Q) significa a vazão máxima ($Q_{m\acute{a}xima}$) sem uso de bomba.

Vazão de Projeto (Q_{proj}): Acréscimo de 10% a 20% de segurança para cobrir a incerteza de projeto, principalmente relativa à H_{perdas} , que possui muitas variáveis com pouca exatidão

$$Q_{Proj} = (1,1 \text{ a } 1,2) \cdot C$$

C → Consumo ($Q_{necess\acute{a}ria}$)

Ponto de Funcionamento: Ponto de intersecção entre a CCI e a CCB

Associam-se bombas para que não haja a necessidade de encomendar bombas especiais para atingir valores de H_B e Q que uma bomba comercial sozinha não conseguiria, ou ainda para que o conjunto de bombas não trabalhe no limite (trabalhando mais “folgado”).

Bomba Associada (BA): Bomba equivalente, fictícia que representa os efeitos das bombas associadas. Usada apenas para os cálculos.

Associação de Bombas em Série: Possível aumento de carga (H_B). Usa-se no máximo 2 bombas em série (em casos extremos, 3), por conta da pressão exercida na carcaça e no bocal de saída da última bomba serem extremamente altas. Se for necessário associar em série mais de 2 bombas, o ideal é usar uma bomba de vários estágios (mais de um rotor por eixo).

$$H_{BA} = H_{B1} + H_{B2}$$

$$Q_{BA} = Q_1 = Q_2$$

$$N_{BA} = N_{B1} + N_{B2}$$

$$\eta_{BA} = \frac{H_{BA}}{\frac{H_{B1}}{\eta_1} + \frac{H_{B2}}{\eta_2}}$$

As relações acima serão usadas para levantar a nova CCB_A , e não para determinar analiticamente o ponto de funcionamento.

Obs.: Se as bombas forem exatamente iguais → $\eta_{BA} = \eta_1 = \eta_2$, onde η_1 e η_2 são os rendimentos das bombas dentro da instalação (e não sozinhas)

O trecho útil da CCB_A ocorre até o ponto onde ocorre a vazão máxima de uma das bombas. Após esse trecho, não compensa mais fazer a associação, uma vez que a outra bomba fica prejudicada pela que fornece menor vazão.

Associação de Bombas em Paralelo: Possível aumento de vazão (Q) ou para grandes faixas de vazão.

$$H_{BA} = H_{B1} = H_{B2}$$

$$Q_{BA} = Q_1 + Q_2$$

$$N_{BA} = N_{B1} + N_{B2}$$

$$\eta_{BA} = \frac{Q_{BA}}{\frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2}}$$

Obs.: Se as bombas forem exatamente iguais $\rightarrow \eta_{BA} = \eta_1 = \eta_2$, onde η_1 e η_2 são os rendimentos das bombas dentro da instalação (e não sozinhas)

Entre os pontos de “shut-off” das bombas a serem associadas não há a possibilidade de associação, pois uma das bombas não possuirá carga suficiente para isso. Quando isso ocorre, a válvula de retenção dessa bomba “mais fraca” não consegue abrir. Se não houver, em uma horizontal, pontos em comum entre as duas bombas, não é possível associá-las.

Para se determinar o rendimento das bombas na instalação (tanto na associação em série quanto em paralelo) é só pegar o rendimento de cada uma no ponto de funcionamento com a bomba associação ($Q_A; H_{BA}$) e aplicar na formula acima.

Cavitação: Vaporização do fluido a ser bombeado logo na entrada da bomba. Essa vaporização ocorre por conta da temperatura de vaporização (temperatura em que o líquido entra em ebulição) ser menor quanto menor for a pressão a qual ele está submetido (lembrar que na entrada da bomba a pressão é negativa). A maior consequência da cavitação é a erosão de superfícies do rotor pela “implosão” dessas micro-bolhas (formadas por conta de se ter atingido a temperatura de vaporização) sofrerem condensação abrupta pelo ganho de pressão ao longo do rotor.

OBS.: Não confundir corrosão (fenômeno químico) com erosão (fenômeno físico).

$p_e < p_{vap} \rightarrow$ Ocorre cavitação (vaporização do fluido na entrada da bomba).

Além de bombas, válvulas, hélices de barco, tubos de Venturi, placas de orifício podem sofrer cavitação.

Ao analisar a pressão de saída da instalação pode-se dizer se a bomba está cavitando ou se houve entupimento da tubulação: se for entupimento, por ser uma perda de carga, gera um aumento de pressão; enquanto a cavitação provoca uma queda de pressão (por conta do H_B menor).

Se a intensidade da cavitação for muito alta, a bomba não funcionará, pois a formação de vapor ocorreria muito antes na entrada da bomba, não possibilitando a sucção do fluido.

Parte B: Sérgio Lopes

Máquinas Hidráulicas:

- Motrizes: São acionadas por energia hidráulica para produzir energia mecânica → Turbinas
- Mistas: São acionadas por energia hidráulica para produzir energia hidráulica → Carneiro Hidráulico
- Geratrizes: São acionadas por energia mecânica para produzir energia hidráulica → Bombas

Carneiro Hidráulico: A válvula de retenção (localizada na parte inferior da campânula) é aberta devido a um Golpe de Aríete ocasionado pelo pistão. O pistão é levantado pela energia cinética do fluido que sai pela abertura (vazão Q_d). Com isso, o pistão se eleva bloqueando essa saída e gerando um Golpe de Aríete, responsável pela abertura da válvula de retenção. A água sai pela abertura, com a vazão Q_d é desperdiçada. Uso restrito, contudo não necessita de energia elétrica para funcionar, apenas de energia cinética do fluido (como uma leve correnteza).

Bombas de Deslocamento Positivo: Utilizadas em circuitos hidráulicos para fazer a movimentação de atuadores (cilindros hidráulicos - Mocdrol), trabalha com alta pressão e baixa vazão, dificultam ou impossibilitam o vazamento interno e normalmente há uma vedação mecânica que separa a entrada e a saída. Bombas de Êmbolo e Bombas de Engrenagem

- Bomba de engrenagem: Ocorre um pequeno vazamento entre os dentes da engrenagem, gerando recirculação de fluido (vazamento interno). O aumento

do vazamento interno provoca aumento de pressão. Analisando a curva da bomba, pode-se notar que uma pequena variação de vazão gera uma grande variação de pressão, sendo, portanto, uma bomba perigosa, que necessita do uso de válvula de segurança.

Bombas de Deslocamento Não-Positivo: Utilizadas para transportar fluidos em instalações hidráulicas, trabalha com baixa pressão (H_B) e alta vazão, facilita o vazamento interno e não existe vedação mecânica entre a entrada e a saída.

- Bomba Centrífuga Radial: Parte do fluido que sairia pelo difusor é desviado de volta para a voluta quando o fluxo é dificultado (pelo fechamento de uma válvula, por exemplo). Tal fato é chamado de “Vazamento Interno”. O fluido que recircular na voluta não ganha energia, só perde. Quando uma válvula é fechada, dificulta a saída de fluido pelo difusor, o que gera uma menor entrada de fluido na bomba (pois há mais fluido re-circulando em seu interior), por conta desse fato, esta bomba não é perigosa (ao contrário da bomba de engrenagem), pois ao fechar totalmente a válvula, não há risco de a pressão aumentar drasticamente, pois o fluido fica apenas re-circulando em seu interior, não havendo necessidade do uso de válvula de alívio (ou segurança).

Anel de Desgaste: Colocado por interferência na região entre carcaça e rotor (na tampa e na parte traseira) tem a função de minimizar a recirculação no interior da bomba (aumentando o rendimento volumétrico). Essa vazão de recirculação não é a mesma coisa que vazamento interno, uma vez que o fluido daquela ganha energia do rotor, enquanto o desta não ganha energia, apenas perde.

Rendimento Volumétrico: A recirculação é um prejuízo ao rendimento da bomba:

$$\eta_V = \frac{Q}{Q_t}$$

$Q \rightarrow$ Vazão recalçada; $Q_t \rightarrow$ Vazão Total: $Q_t = Q + q$; $q \rightarrow$ Vazão de recirculação.

Diferença de Pressão no Interior da Bomba: Ocorre uma zona de baixa pressão na região de entrada no rotor e uma zona de alta pressão na parte traseira do mesmo, gerando um empuxo axial que tende a arrancar o rotor na direção da seção de sucção. Para minimizar este efeito, fazem-se furos no rotor para tender a igualar a pressão. Sem esses furos, seria necessário o uso de rolamentos especiais mais caros para poder suportar tal empuxo axial. Contudo, esses furos geram recirculação (diminuindo o rendimento volumétrico da bomba). Para minimizar esse fato, coloca-se um anel de desgaste na parte traseira do rotor.

O rotor que proporciona maior rendimento volumétrico para a bomba é aquele que permite menor recirculação e possibilita colocação de anel de desgaste. Em ordem crescente de rendimento: Aberto \rightarrow Semi-Aberto \rightarrow Fechado

Ponto de Shut-Off: Ponto que a curva da bomba intercepta o eixo vertical H_B que determina o ponto de maior pressão da bomba e, portanto, vazão nula. Este ponto é importante para se fazer a seleção do manômetro para a bomba. Bombas de deslocamento positivo não possuem ponto de Shut-Off, pois estouram antes.

A bomba é um dispositivo que fornece energia ao fluido em sua maior parte pela carga de pressão $\frac{\Delta P}{\gamma}$, pois as demais parcelas da equação da carga manométrica H_B ($\frac{\Delta v^2}{2 \cdot g}$ e Δz) são insignificantes, pois basicamente obedecem as leis da física e da Mec Flu.

$$H_B = \frac{\Delta v^2}{2 \cdot g} + \frac{\Delta P}{\gamma} + \Delta z \rightarrow H_B = \frac{\Delta P}{\gamma}$$

Munidos desse fato, pode-se determinar quatro adimensionais importantes:

- Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu}$$

- Coeficiente Manométrico:

$$\psi = \frac{\gamma \cdot H_B}{\rho \cdot n^2 \cdot D^2} = \frac{g \cdot H_B}{n^2 \cdot D^2}$$

- Coeficiente de Vazão:

$$\phi = \frac{Q}{n \cdot D^3}$$

- Coeficiente de Potência:

$$\chi = \frac{N_B}{\rho \cdot n^3 \cdot D^5}$$

Onde:

ρ → Densidade do Fluido; n → Rotação do eixo; N_B → Potência da Bomba; D → Diâmetro do Rotor da Bomba; g → Gravidade

Relação Importante:

$$\eta_B = \frac{\psi \cdot \phi}{\chi}$$

Visto que $Re \propto \frac{F_i}{F_\mu}$, onde F_i é a força de inércia e F_μ a força viscosa em um escoamento, pode-se concluir que se o efeito (de (...) for):

- $F_\mu \gg F_i \rightarrow$ Escoamento Laminar (Valor de Re baixo)
- $F_i \gg F_\mu \rightarrow$ Escoamento Turbulento (Valor de Re alto)
- $F_i \gg \gg \gg \gg \gg \gg F_\mu \rightarrow$ O efeito de F_μ pode ser desprezado (portanto Re é desprezível).

Como bombas utilizam altas rotações, a força de inércia é muito mais importante que a força viscosa, podendo-se desprezar Re. Isso gera um conjunto de curvas universais, que serve para uma família de bombas: $\Psi=f(\phi)$; $\chi=f(\phi)$; $\eta_B=f(\phi)$.

Família de Bombas: Conjunto de bombas geometricamente semelhantes. Cada bomba da família terá um conjunto de curvas características: $H_B=f(Q)$; $N_B=f(Q)$; $\eta_B=f(Q)$. Para levantar tais curvas, usam-se as grandezas neutras ou auxiliares (ρ , n , D) que são constantes durante o ensaio.

Os motores mais usados para ensaiar bombas são os de combustão interna (equipamentos de incêndio) e os elétricos. Desses últimos, os mais utilizados são os de corrente alternada, que devem possuir o menor número de pólos para que seu custo seja mais baixo (mais comum e mais barato são os motores de 2 e 4 pólos).

$$n = \frac{120 \cdot f}{P}$$

$n \rightarrow$ rpm; $f \rightarrow$ frequência [Hz] (no Brasil, 60Hz); $P \rightarrow$ Número de pólos

Motor de 2 pólos \rightarrow 3500 rpm

Motor de 4 pólos \rightarrow 1750 rpm

Ocorre uma queda na rotação quando a comparada pela rotação calculada pela formula acima. Isso ocorre pelo fato dos motores elétricos serem máquinas assíncronas. Quanto mais o trabalho a ser realizado gerar uma dificuldade para o eixo do motor girar, maior será a queda. Logo, ao aumentar a vazão, a bomba “pede mais potência” ao motor (N_B), portanto a rotação (n) cai.

Para que haja semelhança completa, os adimensionais do modelo devem ser iguais ao do protótipo. Dado duas bombas B_1 e B_2 , modelo e protótipo, geometricamente semelhantes, impondo a semelhança completa, temos:

$$\psi_1 = \psi_2 \rightarrow \frac{g_1 \cdot H_{B1}}{n_1^2 \cdot D_1^2} = \frac{g_2 \cdot H_{B2}}{n_2^2 \cdot D_2^2}$$

$$\phi_1 = \phi_2 \rightarrow \frac{Q_1}{n_1 \cdot D_1^3} = \frac{Q_2}{n_2 \cdot D_2^3}$$

$$\chi_1 = \chi_2 \rightarrow \frac{N_{B1}}{\rho_1 \cdot n_1^3 \cdot D_1^5} = \frac{N_{B2}}{\rho_2 \cdot n_2^3 \cdot D_2^5}$$

$$\eta_1 = \eta_2$$

O que acontece com o conjunto de CCBs se alterarmos ρ , n ou D ?

- Mudança de Fluido: Ensaiaando-se a mesma bomba com a mesma rotação, mas com $\rho_1 \neq \rho_2$, notamos que as curvas $H_B=f(Q)$ e $\eta=f(Q)$ não se alteram. A única curva que muda é a de $N_B=f(Q)$.

OBS.: Esta solução é verdadeira se não houver “influência da velocidade”, que provoca alterações de H_B , Q , η_B .

- Mudança de Rotação: Ensaiaando-se a mesma bomba com o mesmo fluido, mas com $n_1 \neq n_2$, notamos que as curvas $H_B=f(Q)$, $N_B=f(Q)$ e $\eta=f(Q)$ mudam. Não há curva que permaneça inalterada neste caso.
- Mudança de Bomba: Ensaiaando-se bombas de tamanhos diferentes, mas geometricamente semelhante com o mesmo fluido e a mesma rotação, todas as curvas sofrerão alterações com exceção do rendimento.

Obs.: Para saber a relação de equivalência, basta realizar o cálculo com os adimensionais (ou olhar anotações de aula dos dias 31/03/2011 e 28/04/2011)

Para se atender a uma faixa de vazões em um projeto, pode-se controlar com o fechamento de válvulas (elevadas perdas de carga, faz a CCI “subir”) ou com a instalação de um variador de frequência (permite variar a rotação da bomba, alto custo). A vantagem de se utilizar um inversor de frequência é que:

$$N_B \text{ com variador} \lllll N_B \text{ sem variador}$$

Outra medida muito adotada para uma mesma bomba atender uma faixa maior de vazão é alterar o diâmetro do rotor (mantendo-se o restante da bomba). Geralmente, usa-se o rotor da bomba a fim de diminuir suas dimensões. Com essa alteração, a semelhança geométrica deixa de existir e também nota-se uma queda no rendimento à medida que se diminui o diâmetro do rotor. Por conta disso, há uma faixa de diâmetros (entre um máximo e um mínimo) para que o rendimento seja aceitável, pois a diminuição do diâmetro do rotor gera maior recirculação no interior da bomba.

Método Prático: Até 10% de alteração no diâmetro do rotor da bomba podemos usar as leis de semelhança abaixo (idênticas as usadas para o caso de se alterar o tamanho da bomba) para levantar as novas curvas características. O erro cometido não será significativo.

$$H_{B2} = H_{B1} \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

$$N_{B2} = N_{B1} \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$$

$$\eta_2 = \eta_1$$

Campo de aplicação, diagrama de pré-seleção ou diagrama de tijolos são alguns dos nomes de diagramas fornecidos pelos fabricantes de bombas a fim de facilitar a seleção prévia de uma bomba. Neste diagrama, basta plotar um ponto com as coordenadas ($Q_{\text{Desejada}}, H_{\text{B Necessário}}$) e o campo onde este ponto cair será o da bomba mais indicada. Vide exemplos nas páginas 96 e 97 do livro.

Rotação Específica (n_q): Tem como objetivo ajudar na escolha do tipo da bomba adequada ao serviço em função da carga (H_B) e da vazão (Q) para que se obtenha o melhor rendimento. Calcula-se o valor de n_q e depois é só entrar na tabela de rotações específicas no intervalo do valor obtido e selecionar a bomba.

Através das curvas universais ($\Psi \times \phi$ e η) pode-se determinar as propriedades de todas as bombas da mesma família da bomba ensaiada. Logo, se a bomba ensaiada tem $\eta=65\%$, todas as bombas da mesma família terão o mesmo rendimento de 65%. Isso ocorre pelo fato de bombas da mesma família serem geometricamente semelhantes; e é por esse fato que as curvas universais são construídas com os adimensionais.

Bomba Unidade: bomba fictícia (por conta disso serve de modelo para qualquer família) que tem como características: $H_B=1\text{m}$ e $Q=1\text{m}^3/\text{s}$. Essa bomba é definida para o ponto de máximo rendimento da família.

$$n_q = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{(H_B)^{3/4}}$$

$n_q \rightarrow$ rotação específica [qualquer, mas igual a n]; $H_B \rightarrow$ Da bomba real do ponto de máximo rendimento [m]; $Q \rightarrow$ Da bomba real do ponto de máximo rendimento [m^3/s]; $n \rightarrow$ Da bomba real do ponto de máximo rendimento [qualquer, mas igual ao n_q].

n_q é a rotação que a bomba unidade deveria ter para poder fazer parte da família da bomba real (cujos dados foram coletados do ponto de máximo rendimento).

Rotação Específica Americana:

$$n_{q-USA} = 52 \cdot n_q$$

$$n_{q-USA} = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{(H_B)^{3/4}}$$

$H_B \rightarrow$ [pé]; $Q \rightarrow$ [GPM]; $n \rightarrow$ Da bomba real do ponto de máximo rendimento [qualquer, mas igual ao n_q].

Laboratório

Tubulação de sucção: Antes da entrada da bomba

Tubulação de recalque: Depois da saída da bomba (recalque=empurrar)

Como um fluido só pode ser empurrado (impossível de ser puxado), o mesmo chega à bomba (quando provindo de um reservatório em um nível abaixo ao da bomba) por diferença de pressão (entre a atmosférica e a entrada da bomba). Por conta disso, ao se desligar a bomba, ocorre o esvaziamento da tubulação de sucção.

Escorva: Retirada do ar do interior da bomba com o preenchimento da tubulação de sucção e da bomba com fluido. Esse procedimento pode ser feito retirando o manômetro da bomba e instalando em seu lugar um espigão com uma mangueira.

Quando a bomba está abaixo do nível do fluido não é necessário o uso de válvula de pé, pois a água não sai da bomba

Geralmente, bombas não conseguem succionar mais que 8m de altura. Para alturas superiores a essa, há diversas soluções como:

- Air Lift (Injeção de ar de um compressor para aumentar a pressão do reservatório de fluido),
- Bombas submersas,
- Bombas de vários estágios,
- Injetores (“desvio” que aumenta a velocidade do fluido para que a energia cinética vença a energia potencial – desvio de 5 a 8% da vazão)

Vale lembrar que:

$$P_{Manométrica} = P_{Tubulação} + P_{atm\ local}$$

Válvula de Pé (Crivo): Instalada na tubulação de sucção e tem a função de não deixar a bomba sem fluido depois de desligada. Ao se desligar a bomba, esta válvula se fecha pelo peso da coluna de fluido acima dela.

Válvula de Retenção: Ideal que fique logo acima da bomba para protegê-la contra Golpes de Aríete. Podem ser de Portinhola ou de levantamento.

Golpe de Aríete: Pulso de pressão provocado por uma variação brusca na vazão (como ligar e desligar a bomba ou abrir e fechar uma válvula rapidamente).

Válvula Globo: Controle de vazão. Pode ser:

- Reta: Maior perda de carga
- Em Y: Perda de carga menor
- Angular: Menor perda de carga e pode substituir um cotovelo da instalação
- Reta sem guia: Mais comum, mais barata e baixa perda de carga.
- Reta com guia: Controla melhor a vazão (devido ao aumento gradativo da área de passagem), contudo apresenta perda de carga mais elevada.

Válvula Ponta de Agulha: Melhor válvula para o controle preciso de vazão.

Válvula Gaveta: Usada para fazer o bloqueio do fluido, apresenta menor perda de carga. Não serve para controle de vazão.

Válvula de Esfera: Usada para bloqueio. Rápida abertura e fechamento (1/4 de volta). Devido a esse fato pode causar facilmente golpe de aríete.

Válvula Macho: Similar a de esfera, porém mais “rudimentar”

Válvula Mangote: Funcionamento como se fosse uma morsa com uma mangueira entre os mordentes, vedação perfeita, nenhum vazamento.

Válvula Borboleta e Válvula Diafragma: Em alguns casos podem ser usadas tanto como válvulas de controle de fluxo como de bloqueio. A Válvula de Diafragma é a que apresenta menor perda de carga por conta dos contornos suaves (área de passagem controlada por uma borracha de desce). Já a válvula borboleta apresenta uma perda de carga bem menor que a válvula globo e exerce a mesma função.

Válvula de Controle de Pressão: Conhecida também como válvula de segurança, usada para limitar a pressão de trabalho da instalação. A regulagem dela é feita através da mola em seu interior. Vale lembrar que $F_{el} = k \cdot x$, e ajustando o x , determina-se a força que a mola está exercendo, que deve ser inferior a pressão crítica: $F = P \cdot A$.

Gaxetas: utilizadas para a vedação de uma válvula. São anéis poliméricos que são prensados dentro da válvula pelo Prensa-Gaxeta: ao prensar as gaxetas, elas se comprimem, diminuindo a espessura, mas expandindo radialmente, fazendo a vedação das laterais para que não haja vazamento pela haste da válvula. Em caso de aperto excessivo das gaxetas, a expansão radial será além da necessária, causando danos no componente e diminuindo sua vida útil.

Tipos de Conexões entre Tubos:

- Rosca: pequenos diâmetros, facilitam a montagem, necessitam de Schedule maior para que não haja enfraquecimento das paredes do tubo e são pontos sujeitos a vazamentos (usual até 2", mas em casos extremos encontra-se em tubos de 4").
- Solda: boa resistência mecânica, estanqueidade perfeita, dificulta a manutenção por conta da desmontagem, exige mão de obra especializada, impossível para tubos galvanizados.
- Flange: facilitam montagem e desmontagem, são caras, pesadas e volumosas, indicadas para grandes diâmetros (acima de 2").
- Ponta e Bolsa: como o do sifão de pia de cozinha, por meio de encaixe e anel de vedação.

Tipos de Bombas:

- Bomba de Engrenagens: Como a bomba de óleo do motor do carro
- Bomba de Parafusos: Princípio da bomba de Arquimedes, transporte do fluido através de fusos
- Bomba de Palhetas: Possui palhetas retráteis devido ao formato que se assemelha a uma elipse. Possui uma excelente vedação.
- Bomba de Pistões: Podem ser Radiais ou Axiais. Produzem alta pressão e geram pouca pulsação. Quanto maior o número de pistões, menor a pulsação.
- Bomba de Vibratória: Funciona pelo princípio de vibração por ação de eletrodos energizados – Bomba Anauger.
- Bomba de Lóbulos: Funcionamento similar a da bomba de engrenagens.
- Bomba de Fuso Helicoidal: Bombas de alta precisão, usadas para bombear componentes medicamentosos, pigmentos de tintas por ter uma vazão extremamente precisa. É capaz de bombear materiais fibrosos e viscosos em geral, como: graxa, massa, laticínios, lodo, esgoto.
- Bomba Injetora: Utilizada nos motores a Diesel
- Bomba de Mangote: Para fluidos que não podem ter contato com metais (como sangue), ideal para pastas e fluidos viscosos, sensíveis ou agressivos, baixo custo de manutenção, fácil instalação, não necessita de válvulas para evitar contra-fluxo.

- Bomba Pneumática: Para líquidos viscosos, abrasivos, corrosivos, inflamáveis ou líquidos com grandes partículas sólidas em suspensão (até 28,5mm de diâmetro). Funciona com ar-comprimido e é auto-escorvante.

Selagem: Evita a saída de fluido que passa entre a carcaça e o rotor para a parte traseira do rotor utilizando Gaxetas ou Selos Mecânicos

- Gaxetas: menor custo, fabricada com fios de fibra trançados, macia, flexível e resistente, possuem seção quadrada e devem ser cortadas de forma oblíqua nas duas extremidades para fazer o anel. São impregnadas e lubrificadas, o que propicia um melhor desempenho além de lubrificar e preencher os espaços entre os fios, ajudando na vedação.
- Anel Cadeado (Anel Lanterna ou Anel de Lavagem): Usado junto com as gaxetas, tem a função de distribuir o fluido uniformemente entre as gaxetas para refrigeração das mesmas. Esse componente, para que tal refrigeração seja eficiente, acaba ocasionando um pequeno vazamento de fluido pelo eixo. Portanto, toda bomba que possui um pequeno vazamento pelo eixo é uma bomba com vedação por gaxetas (não é ineficiência da vedação e sim para a eficiência de refrigeração). O fluido para refrigeração pode ser o próprio que está sendo bombeado ou proveniente de uma fonte externa (quando o fluido bombeado possui partículas grandes, a refrigeração é feita por uma fonte externa de fluido limpo).
- Selo Mecânico: mais eficiente, mais caro, mais durável, menor custo de energia, mais difícil de substituir. Também necessita de fluido para refrigeração, contudo, não é necessário o vazamento (como nas gaxetas). Exige mão-de-obra especializada para instalação (exceto os modelos “cartucho”). Possui a vedação principal feita pelo atrito entre as faces do anel primário (geralmente de carvão bem polido) e anel secundário (geralmente de cerâmica bem polida). Já a vedação secundária é feita pela vedação externa (que impede a passagem do fluido para fora da bomba pela sede) e vedação interna (que impede a passagem de fluido pelo eixo da bomba).

Selo Mecânico de Cartucho: Permite a troca fácil e rápida, sem necessidade de mão-de-obra especializada (diminuindo o tempo de parada da bomba), protege a superfície do selo, já vem balanceado de fábrica, possui mola pré-tensionada e não gera movimento axial.

Selagem Hidrocentrífuga: Presentes em bombas MB, não utiliza gaxetas nem selos mecânicos. Seu rotor com furos radiais permite o re-bombeamento do fluido que vazou.