



BOMBAS HIDRÁULICAS: UMA ABORDAGEM QUANTO AS GRANDEZAS CARACTERÍSTICAS, CLASSIFICAÇÃO E PROBLEMAS

Cinthia Maria de Abreu Claudino¹
Maria Ingridy Lacerda Diniz²
Andresa de Oliveira Silva³
Thiago de Sá Sena⁴

RESUMO

Com o desenvolvimento das comunidades, surgiu a necessidade de garantir água em maior quantidade. Assim, para solucionar o problema de transporte de líquidos, de forma a garantir reserva de água, melhorar a eficiência de drenagem, vencer o desnível de terrenos, etc., foram criadas as máquinas hidráulicas. Dentre os diversos tipos de máquinas hidráulicas as bombas hidráulicas são as mais usuais, sendo classificadas como máquina hidráulica geradora, pois transformam a energia mecânica em energia hidráulica. Atualmente, são fabricadas bombas hidráulicas em vários tamanhos, formas, com diversos e complexos mecanismos de bombeamento. No entanto, mesmo sendo o componente mais importante dos sistemas hidráulicos as bombas hidráulicas são as menos compreendidas. Visto a importância das bombas, esse trabalho busca fazer uma revisão de literatura reunindo os assuntos sobre as grandezas características, classificação e problemas, de modo a apresentar de forma sintetizada e aprofundada o assunto de bombas hidráulicas. Quanto as grandezas características foram relacionadas as principais medidas envolvidas no funcionamento de uma bomba, quanto a classificação foi exposta as divisões que envolvem desde a quantidade de mecanismos até a forma de funcionamento da bomba e quanto aos problemas foram relacionadas as falhas elétricas, mecânicas e hidráulicas. O conhecimento do sistema, leva a um dimensionamento mais correto, que implica em uma maior eficiência do equipamento e uma menor probabilidade de problemas de uso.

Palavras-chave: Hidráulica; Transporte de água; Bombas hidráulicas

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das comunidades começou a surgir a necessidade de garantir água em maior quantidade para as atividades (consumo humano, dessedentação animal, irrigação, uso em atividade domésticas, uso industrial, etc.). Assim, o problema de transporte de líquidos precisava ser solucionado, de modo a garantir reserva de água, melhorar a eficiência de drenagem, vencer o desnível de terrenos, etc. Nesse contexto, de forma a vencer estas dificuldades, foram criadas as máquinas hidráulicas que são mecanismos capazes de transformar energias mecânicas, cinéticas, hidráulicas (MORAES JUNIOR, 1988).

De acordo com a energia transformada as máquinas hidráulicas podem se classificar em três tipos: motora, geradora e mista. Dentre os vários tipos de máquinas hidráulicas, as

¹ Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental-UFPB, cinthiamariaac@gmail.com;

² Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental-UFPB, ingridydiniz1225@gmail.com;

³ Pós-Graduanda em Segurança do Trabalho-FIP, andresaoliveira0311@gmail.com;

⁴ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFCG, tg.777@hotmail.com.



bombas hidráulicas são as mais usuais, sendo classificadas como máquina hidráulica geradora, pois transformam a energia mecânica em energia hidráulica. Assim, ao converter energias as bombas hidráulicas fornecem energia para um líquido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro no sistema (FIALHO, 2018).

O primeiro registro da utilização de uma bomba foi pelos egípcios, que utilizaram o mecanismo na agricultura. O primeiro dispositivo data-se de cerca de 1.500 A.C sendo denominado de picota, que era constituída por pedaços longos de madeira perpendiculares, onde em uma extremidade era preso um recipiente com água, assim com a aplicação do peso na extremidade consegue-se içar o recipiente. Até os dias atuais esse tipo de bomba rudimentar é utilizado (SILVA, 2018).

A partir desse modelo, foram criados novos dispositivos aumentando a eficiência das bombas. Atualmente são fabricadas bombas hidráulicas em vários tamanhos e formas, mecânicas e manuais, com diversos e complexos mecanismos de bombeamento.

Mesmo sendo o componente mais importante dos sistemas hidráulicos as bombas hidráulicas são também as menos compreendidas (FIALHO, 2018). Diante disso esse trabalho busca fazer uma revisão de literatura reunindo os assuntos sobre as grandezas características, classificação e problemas, de modo a apresentar de forma sintetizada e aprofundada o assunto de bombas hidráulicas.

METODOLOGIA

A pesquisa busca através da análise do conteúdo de bombas hidráulicas exposto em livros, artigos científicos, dissertações e teses fazer um apanhado do assunto. Assim essa pesquisa adquire um cunho de revisão bibliográfica. Com a reunião dos conhecimentos no corpo dessa pesquisa busca-se sanar grande parte das dúvidas e dificuldades sobre as bombas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CAMPO DE APLICAÇÃO

Atualmente, a grande variedade de modelos permite que as bombas hidráulicas sejam utilizadas para as mais diversas aplicações. Dentre elas pode-se citar: sistemas de abastecimento, de saneamento, de drenagem, de irrigação, de refrigeração, de combate à incêndio; complexos industriais; serviços em embarcações; deslocamentos de produtos, entre outros (TSUTIYA, 2006; ROTAVA, 2011)

No entanto, para que a bomba funcione de forma eficiente é necessário que haja um dimensionamento adequado. Para isso devem ser observadas algumas características das



bombas, do ponto de vista mais geral, a escolha do sistema de bombas é feita tomando-se por base a altura manométrica, vazão e tipo de líquido a ser transportado (LANA, 2005; GOUVEA,2008)

BOMBAS HIDRODINÂMICAS – GRANDEZAS CARACTERÍSTICAS

Com base no apresentado por PORTO (1998), uma bomba destina-se a elevar um volume de fluido a uma determinada altura, em um certo intervalo de tempo, consumindo energia para desenvolver este trabalho e para seu próprio movimento, implicando em um rendimento característico. Estas, então, são as chamadas grandezas características das bombas, isto é, vazão (Q), altura manométrica (H), rendimento (h) e potência (P).

- **Vazão:** A vazão a ser recalçada depende essencialmente de três elementos: consumo diário da instalação, jornada de trabalho da bomba e do número de bombas em funcionamento
- **Altura Manométrica:** é a carga total de elevação que a bomba trabalha. É dada pela expressão:

$$H_m = h_s + h_{fs} + h_r + h_{fr} + (vr^2/2g) \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

- H_m = altura manométrica total;
- h_s = altura estática de sucção;
- h_{fs} = perda de carga na sucção;
- h_r = altura estática de recalque;
- h_{fr} = perda de carga na linha do recalque;
- $vr^2/2g$ = parcela de energia cinética no recalque (normalmente desprezível em virtude das aproximações feitas no cálculo da potência dos conjuntos elevatórios).
- **Rendimento de uma bomba:** é a relação entre a potência fornecida pela bomba ao líquido (potência útil) e a cedida à bomba pelo eixo girante do motor (potência motriz).

A relação entre a energia útil, ou seja, aproveitada pelo fluido para seu escoamento fora da bomba (que resulta na potência útil) e a energia cedida pelo rotor é denominada de rendimento hidráulico interno da bomba. A relação entre a energia cedida ao rotor e a recebida pelo eixo da bomba é denominada de rendimento mecânico da bomba. A relação entre a energia útil, ou seja, aproveitada pelo fluido para seu escoamento fora da bomba (potência útil) e a energia inicialmente cedida ao eixo da bomba é denominada rendimento hidráulico total da bomba e é simbolizada por η_b (AZEVEDO NETO, 1998).

Quadro 1 – Rendimentos Hidráulicos aproximados das bombas hidráulicas

Q (l/s)	5,0	7,5	10	15	20	25	30	40	50	80	100	200
η_b (%)	55	61	64	68	72	76	80	83	85	86	87	88

Fonte: SOARES (2013).



A relação entre a energia cedida pelo eixo do motor ao da bomba (que resulta na potência motriz) e a fornecida inicialmente ao motor é denominada de rendimento mecânico do motor, η_m . A relação entre a energia cedida pelo rotor ao líquido (que resulta na potência de elevação) e a fornecida inicialmente ao motor é chamada de rendimento total. É o produto η_b . $\eta_m = \eta$. Este rendimento é tanto maior quanto maior for a vazão de recalque para um mesmo tipo de bomba (AZEVEDO NETO, 1998).

Quadro 2 – Rendimentos mecânicos médios.

CV	1	2	3	5	6	7,5	10	15	20	30	40	60	80	100	150	250
%	72	75	77	81	82	83	84	85	86	87	88	89	89	90	91	92

Fonte: SOARES (2013).

- Potência solicitada por uma bomba: também chamada de potência do conjunto motor-bomba é a potência fornecida pelo motor para que a bomba eleve uma vazão Q a uma altura H . A potência está em função de:

$$P_b = (\rho \cdot Q \cdot H_m) / (75 \cdot \eta) \quad (\text{Equação 2})$$

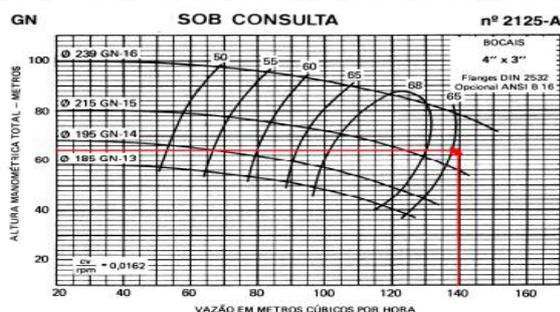
Onde:

- P_b = potência em CV,
- ρ = peso específico do líquido.
- Q = vazão em m^3/s ,
- H_m = altura manométrica,
- η = rendimento total.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS E DO SISTEMA

De acordo com Tsutiya (2006), as curvas características se constituem no retrato de funcionamento das bombas nas mais diversas situações. Podendo representar uma relação entre a vazão recalçada com a altura manométrica (Figura 1), com a potência absorvida, com o rendimento e às vezes com a altura máxima de sucção.

Figura 1 – Curvas características da bomba GN.



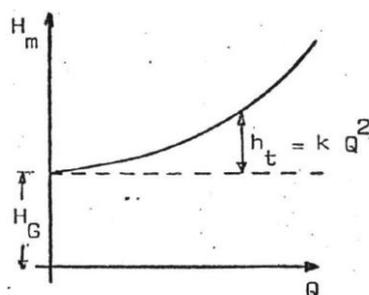
Fonte: SOARES (2013).

A relação entre a vazão recalçada com a altura manométrica, constitui a curva característica da bomba. Como observado na Figura 2, essa curva tem formato crescente o que



significa que quanto maior a vazão numa tubulação de diâmetro fixo, maior será a altura recalçada (ROTAVA, 2011).

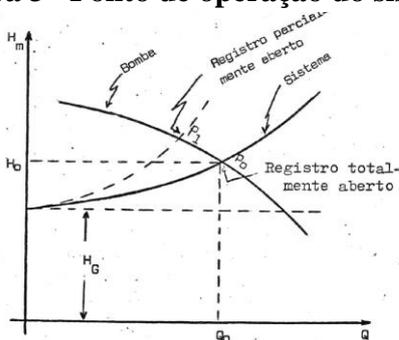
Figura 2 – Curva característica da tubulação.



Fonte: SOARES (2013).

Em relação ao ponto de operação do sistema esse é constituído na associação entre as curvas da bomba e do sistema. A intersecção das duas curvas define o ponto de trabalho ou ponto de operação da bomba, ou seja: para a vazão de projeto da bomba, a altura manométrica da bomba é igual àquela exigida pelo sistema (Figura 3) (TSUTIYA, 2006).

Figura 3– Ponto de operação do sistema.



Fonte: SOARES (2013).

CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

Devido à grande variedade de bombas a literatura possui as mais variadas classificações. Nesse trabalho buscou-se reunir e apresenta uma classificação geral das bombas considerando doze de suas características, com base no exposto por Porto (1998), Azevedo Neto(1998) e Tsutiya (2006),

Quanto à altura manométrica

A Altura manométrica é definida como sendo a altura geométrica da instalação mais as perdas de carga ao longo da trajetória do fluxo, podendo ser definida pela seguinte equação:



$$H_m = H_g + h_f \quad (\text{Equação 3})$$

Assim de acordo com essa grandeza as bombas podem ser classificadas em três tipos:

- baixa pressão ($H < 15$ mca);
- média pressão ($15 < H < 50$ mca);
- alta pressão ($H > 50$ mca).

Quanto a vazão de recalque

- pequena ($Q < 50$ m³/hora);
- média ($50 < Q < 500$ m³/hora);
- grande ($Q > 500$ m³/hora).

Quanto à direção do escoamento do líquido no interior da bomba

- radial ou centrífuga pura, quando o movimento do líquido é na direção normal ao eixo da bomba (empregadas para pequenas e médias descargas e para qualquer altura manométrica, porém caem de rendimento para grandes vazões e pequenas alturas além de serem de grandes dimensões nestas condições);
- diagonal ou de fluxo misto, quando o movimento do líquido é na direção inclinada em relação ao eixo da bomba (empregadas em grandes vazões e pequenas e médias alturas, estruturalmente caracterizam-se por serem bombas de fabricação muito complexa);
- axial ou helicoidais, quando o escoamento se desenvolve de forma paralela ao eixo e são especificadas para grandes vazões - dezenas de m³/s - e médias alturas - até 40 m

Quanto à estrutura do rotor

A finalidade do rotor, também chamado “impulsor” ou “impelidor”, é comunicar à massa líquida aceleração, para que adquira energia cinética e se realize assim a transformação da energia mecânica de que está dotado. É, em essência, um disco ou uma peça de formato cônico dotada de pás. O rotor pode ser:

- aberto quando as palhetas são presas no próprio cubo do rotor. Usa-se para líquidos contendo pastas, lamas, areia, esgotos sanitários, entre outros como para bombeamentos de águas residuárias ou bruta de má qualidade. Geralmente os rotores abertos são encontrados em bombas pequenas, de baixo custo, ou em bombas que recalcam líquidos abrasivos. ();
- semiaberto ou semifechado quando possui apenas um disco ou parede traseira onde se fixam as palhetas (para recalques de água bruta sedimentada);
- fechado quando, além do disco onde se fixam as pás, existe uma coroa circular também presa às pás. Pela abertura dessa coroa, o líquido penetra no rotor. São usados normalmente no bombeamento de líquidos limpos. É inadequado para o bombeamento de fluidos sujos como para água tratada ou potável porque, pela própria geometria, facilita o seu próprio entupimento.

Quanto ao número de rotores:

- estágio único/simple quando existe apenas um rotor e, portanto, o fornecimento da energia ao líquido é feito em um único estágio.
- múltiplos estágios: este recurso reduz as dimensões e melhora o rendimento, sendo empregadas para médias e grandes alturas manométricas.

Quanto ao número de entradas:

- sucção única, aspiração simples ou unilateral (mais comuns);



- sucção dupla, aspiração dupla ou bilateral (para médias e grandes vazões).

Quanto a admissão do líquido:

- sucção axial (maioria das bombas de baixa e média capacidades);
- sucção lateral (bombas de média e alta capacidades);
- sucção de topo (situações especiais);
- sucção inferior (bombas especiais).

Quanto a posição de saída:

- de topo (pequenas e médias);
- lateral (grandes vazões)
- inclinada (situações especiais).
- vertical (situações especiais).

Quanto a velocidade de rotação:

- baixa rotação ($N < 500\text{rpm}$);
- média ($500 > N < 1800\text{rpm}$);
- alta ($N > 1800\text{rpm}$).

As velocidades de rotação tendem a serem menores com o crescimento das vazões de projeto, em função do peso do líquido a ser deslocado na unidade de tempo. Pequenos equipamentos, trabalhando com água limpa, têm velocidades da ordem de 3200rpm. Para recalques de esgotos sanitários, por exemplo, em virtude da sujeira abrasiva na massa líquida, os limites superiores podem ser significativamente menores: $N < 1200\text{rpm}$.

Quanto à posição na captação

- submersas (em geral empregadas onde há limitações no espaço físico - em poços profundos por exemplo);
- afogadas (mais frequentes para recalques superiores a 100 l/s);
- altura positiva (pequenas vazões de recalque).

Quanto à posição do eixo

- eixo horizontal (mais comuns em captações superficiais);
- eixo vertical (para espaços horizontais restritos e/ou sujeitos a inundações e bombas submersas em geral).

Quanto ao tipo de carcaça:

- compacta;
- bipartida (composta de duas seções separadas, na maioria das situações, horizontalmente a meia altura e aparafusadas entre si).

Há ainda uma classificação feita por Barcellos onde as bombas são classificadas em dois grupos: Bombas de deslocamento positivo ou volumétricas quando o movimento de um órgão propulsor fornece energia ao fluido em forma de pressão, provocando o seu movimento. O intercâmbio de energia é estático e o movimento é alternativo. São bombas de deslocamento positivo porque exercem forças na direção do próprio movimento do líquido.



Turbo bombas; quanto o movimento de um órgão propulsor (rotor) fornece energia ao fluido em forma de energia cinética. O rotor se move sempre com movimento rotativo.

- Alternativas
 1. Pistão ou êmbolo
 2. Diafragma
- Rotativas
 1. Rotor único
 - Palhetas
 - Pitão rotativo
 - Elemento flexível- Peristática
 - Parafuso simples
 2. Rotores múltiplos
 - Engrenagens
 - Lóbulos
 - Pistões oscilatórios
 - Parafusos
- Rotativas
 1. Centrífugas de fluxo radial
 2. Fluxo axial
 3. Fluxo misto
- Especiais
 - Bomba de Jato ou ejetor
 - Fluido atuante: ar comprimido e carneiro hidráulico
 - Magnéticas: Para metais líquidos.

ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

Como exposto por Gouvea (2018), quando se associam bombas centrífugas de características e potências iguais, se obtém sistemas bem comportados e amplamente estudados. Várias são as razões que levam à necessidade de fazer associação de bombas.

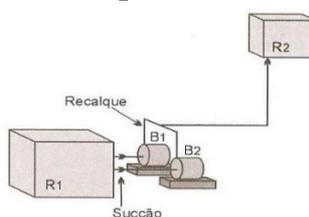
- Quando a vazão requerida é muito grande e no mercado não existem bombas capazes de atender à demanda, e

- Inexistência de bombas capazes de vencer uma grande altura manométrica.

Bombas em Paralelo

Quando duas ou mais bombas operam em paralelo (Figura 10 a e b) a altura manométrica é a mesma para todas elas, mas as vazões somam-se, como se vê nos diagramas a seguir. Na Figura 11 está apresentado o diagrama para bombas em paralelo (ROTAVA, 2011).

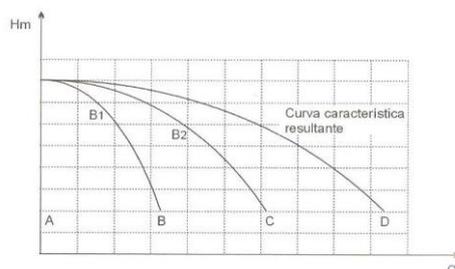
Figura 10– Bombas em paralelo.





Fonte: VASCONCELOS (2018).

Figura 11 – Diagrama de bombas em paralelo.

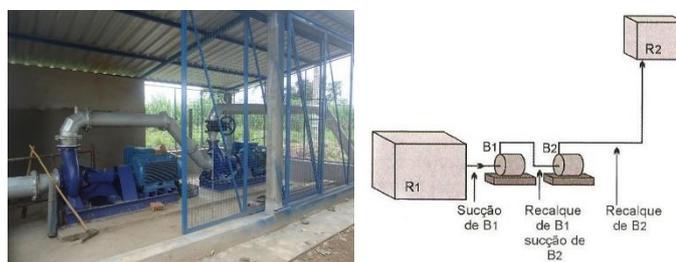


Fonte: VASCONCELOS (2018).

Bombas em Série

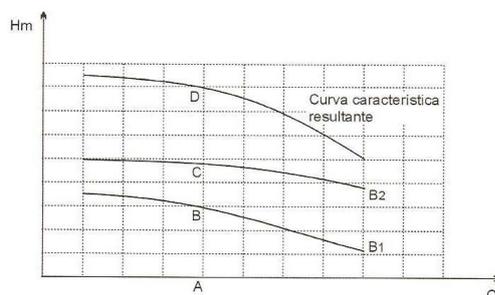
Quando duas ou mais bombas operam em série (Figura 12 a e b) a vazão é a mesma para todas elas, mas as alturas manométricas somam-se, como se vê no diagrama apresentado na Figura 13 a seguir (ROTAVA, 2011).

Figura 12 – Bombas em série.



Fonte: VASCONCELOS (2018).

Figura 13 – Diagrama de bombas em série.



Fonte: VASCONCELOS (2018).

CASO ESPECIAL

Dentre os diversos tipos de instalações de bombas, um merece ser destacado devido a sua singularidade, as bombas submersas instaladas em poços artesianos.



Um poço artesiano ou poço tubular profundo contém água de boa qualidade, no entanto essa água está infiltrada nos lençóis freáticos, e para captá-la e levá-la até a superfície, é preciso um bombeamento. Para o caso de poços artesanais podem ser instaladas bombas submersas, submersíveis e centrífugas.

As bombas submersas são equipamentos que funcionam dentro da água., sendo a principal função das bombas submersas em poços artesanais é pressionar líquidos, principalmente a água, durante o processo de bombeamento. Elas trabalham em meio ao composto que será bombeado, ou seja, funcionam de forma permanente dentro da água, e seus modelos são capazes de funcionar a no máximo 20 metros de profundidade (variando de acordo com cada produto e marca).Dentre as principais recomendações para o uso das bombas submersas em poços artesanais funcionarem sem danos estão: não trabalhar com a bomba a seco, o que pode causar danos no mancal e no equipamento, não bombear produtos líquidos que contenham sólidos em suspensão ou produtos que possam causar desgastes ou lixamentos, e não dar partida a bomba sem que o rotor esteja imerso, já que isso pode comprometer o funcionamento do equipamento (PEREIRA, 2016).

Já as bombas submersíveis funcionam dentro da água durante um período determinado, o que varia de acordo com o fabricante, e devem ser retiradas da água depois do uso, lembrando-se sempre de guardá-las secas. Elas são portáteis e fáceis de operar e os vários modelos possuem capacidade de atingir até 60 metros de coluna de água. Usar a bomba submersível a seco é o principal erro e também o mais comum. Operar uma bomba submersível a seco pode provocar a queima de um ou mais motores de estágio do equipamento, o que vai gerar maior pressão e menor vazão de bombeamento. Outro uso de risco é a imersão da bomba submersível em poços contaminados. Como esse equipamento não pode ser descontaminado, nesses casos, ela é considerada descartável (REGUS, 2011).

As bombas centrífugas se assemelham às submersíveis no que diz respeito ao sistema de funcionamento formado por vários rotores instalados em série, o que aumenta a pressão do bombeamento. No entanto, elas são instaladas acima da superfície do solo. A bomba transfere energia centrífuga para o fluido, por meio de impulsores, e essa energia é capaz de gerar uma pressão de sucção que vai permitir bombear a altas velocidades. O injetor fica conectado na extremidade da tubulação em que ocorre a sucção dentro do poço artesiano. As bombas centrífugas podem ser usadas em até 7 metros de profundidade. Elas são capazes de transferir alto volume de água e para garantir seu funcionamento perfeito é obrigatória a instalação da válvula de retenção. As bombas centrífugas são equipamentos mecânicos, e por isso, estão sujeitas a problemas operacionais. Mesmo que a motobomba tenha sido bem projetada,



instalada e operada, vai estar sujeita a desgastes mecânicos e físicos com o tempo (GOUVEA, 2008).

PRINCIPAIS PROBLEMAS

A necessidade do conhecimento total dos detalhes de vazão, pressão e outros parâmetros de dimensionamento e funcionamento do circuito determinam o desgaste ou problemas cruciais na bomba (FIALHO, 2018).

Um dos problemas mais conhecidos nas bombas é a cavitação que ocorre quando uma bomba centrífuga opera a elevada capacidade, é possível instalarem-se baixas pressões não só no “olho do rotor”, mas também nas pontas das palhetas. Quando esta pressão fica abaixo da pressão de vapor do líquido é possível a ocorrência de vaporização nestes pontos. As bolhas de vapor formadas deslocam-se para uma região de maior pressão e desaparecem. Esta formação e desaparecimento das bolhas de vapor constituem o fenômeno da cavitação. Esse fenômeno provoca na bomba: queda de rendimento, marcha irregular; trepidação, vibração e ruídos, destruição das paredes da carcaça e das palhetas do rotor (VALENTIM, 2006).

Além desse problema a bomba pode sofrer falhas elétricas, falhas hidráulicas e falhas mecânicas, que acarretam diversos defeitos na bomba (MENEZES, 2016), como especificado na tabela abaixo

Quadro 3 – Falhas causadas por problemas elétricos.

Falhas	Causas	Causas Prováveis
Elétricas	Bomba funciona mais não extrai água	Motor com rotação insuficiente
	Bomba fornece vazão inferior	Rotação do motor abaixo do anormal
	Bomba sobrecarrega o motor	Rotação acima do anormal
	Motor super aquecido	Bitolas de fios inferior ao recomendado pela NBR
Hidráulicas	Bomba funciona mas não extrai água	A bomba ou a tubulação com ar
	Bomba fornece vazão inferior	Entrada de ar pela sucção, desentupir válvula
	Bomba sem escorva	Entrada de ar na tubulação
	Bomba sobrecarrega o motor	Altura manométrica inferior ao recomendado
	Bomba perde escorva	Usar bomba auto escorvante
	Bomba sem recalque	NPSH insuficiente
	Bomba com funcionamento intermitente	Cavitação
Mecânicas	Válvulas obstruídas (ou fechadas)	Vibrações elevadas
	Superaquecimento da Bomba	Mancal ou rolamento com defeito
	Nível de ruído elevado	Rolamento apresentando falha, desbalanceamento
	Bomba sem recalque	Selo apresentando falha, rotor desgastado
	Cavitação	Rotor desgastado
	Eixo desalinhado/empenado	Mancal sem lubrificação, vibração elevada
O motor não da partida	Eixo travado ou rolamentos defeituosos	

Fonte: Menezes (2016)

CONSIDERAÇÕES FINAIS



Diante do exposto é possível apontar a grande importância do dimensionamento correto do sistema de bombas. Pois através, do dimensionamento, instalação e manutenção corretas de um sistema de bombas pode-se garantir o transporte de líquidos de forma eficiente, que implica em uma maior eficiência do equipamento e uma menor probabilidade de problemas de uso.

O uso correto das bombas acarreta diversos benefícios, dentre eles benefícios diretos como os econômicos, pois garante um melhor uso do equipamento e menos gastos com consertos; bem como traz benefícios indiretos, como no caso do transporte de água, que proporciona melhores condições de vida as comunidades.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETO, J. M. de; FERNANDEZ, M. F.; R. ARAUJO, R.; ITO, A. E. *Manual de Hidráulica*. São Paulo: Edigar Blucher, 8ª ed., p. 669, 1998.
- FIALHO, A. B. *Automação Hidráulica - Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos*. São Paulo: Érica, 7º ed., 304 p., 2018.
- GOUVEA, M. M. R. *Estudo de confiabilidade em bombas centrífugas*. Monografia (Engenharia Mecânica). Universidade São Francisco. 48 p. Campina – SP, 2008.
- LANA, E. D. *Avaliação do rendimento de bombas hidráulicas de engrenagens externas através de medição de temperatura*. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina. 117 p. Florianópolis– SC, 2005.
- MENEZES, E. *Defeitos mais comuns - Parte I*. 2016. Disponível em: <http://bombasmanutencao.blogspot.com/2016/12/estudando-os-defeitos-mais-comuns-parte.html>. Acesso em: 20/04/2019.
- MORAES JUNIOR, D. *Transporte de Líquidos e Gases*. São Carlos:UFSCar, Universidade de São Carlos –, 1988.
- PEREIRA, L. L. S. *Análise do morto bombas submersas com diferentes acionamentos elétricos a partir da roda de falhas*. Dissertação (Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 174 p. Natal – RN, 2016.
- PORTO, R. de M. *Hidráulica Básica*. São Carlos: EESC/USP, 4º ed., 516p., 1998.
- REGUS, R. C. *Manutenção de motobombas centrífugas submersíveis*. Monografia (Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 86 p. Porto Alegre – RS, 2011.
- ROTAVA, O. *Aplicações Práticas em escoamento de Fluidos - Cálculo de Tubulações, Válvulas de Controle e Bombas Centrífugas*. São Paulo: LTC, 1º ed., 436 p., 2011.
- SILVA, R. A. F. *Fabricação e estudo de uma bomba hidráulica de baixo custo: Bomba de corda*. Monografia (Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 33 p. Natal – RN, 2018.
- SOARES, S. U. *Bombas hidráulicas*. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina Engenharia de Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 3º ed., 643p., 2006.



VALENTIM, C. E. *Otimização do desempenho de rotores de bombas hidráulicas de fluxo a partir de critérios clássicos de projeto- Verificações experimentais*. Dissertação (Mestre em Engenharia). Universidade de São Paulo. 104 p. São Paulo – SP, 2008.

VASCONCELOS, I. C. D. *Bombas hidráulicas*. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina Engenharia de Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.