

AVALIAÇÃO TEÓRICO-EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO OPERADO POR INVERSOR DE FREQUÊNCIA

BRUNA MOREIRA SELL¹; FERNANDO ANDRÉ HORBACH², DAIANE FONSECA
FREITAS³; JOÃO PEDRO DE MORAIS DA SILVEIRA⁴; MAURÍCIO DAI PRÁ⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – brunamoreirasell@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – fernando.horbach@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – daianeffreitas@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – jpdrslvr@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – mdaipra@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A elevação de água para cotas superiores ou mesmo para vencer as perdas de carga de um sistema de tubulações de forma a conduzir a água para outros locais é feita a partir de sistemas de bombeamento tipicamente constituídos de conjuntos motor-bomba.

A operação de bombas hidráulicas, via de regra, é feita a partir de sistemas de partida simples e sem controle da rotação do motor elétrico acoplado ao eixo da bomba.

Alternativamente, e nas condições de necessidade de controle automatizado de vazões, podem ser utilizadas válvulas com atuadores elétricos, como forma de impor perdas de carga ao sistema (reduzindo a vazão) ou ainda, podem ser utilizados inversores de frequência, que atuam diretamente sobre o motor elétrico da bomba.

O objetivo deste trabalho é avaliar comparativamente o desempenho de um sistema de recalque quanto à capacidade de bombeamento do mesmo, comparando a curva de sistema construída teoricamente com a curva real do sistema. Com isso levantar efetivamente qual é a capacidade de bombeamento do conjunto motor-bomba e do sistema de recalque instalado no laboratório de hidráulica do curso de Engenharia Hídrica.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado através do uso de um sistema de bombeamento disponível no laboratório de Hidráulica do curso de Engenharia Hídrica. Para a execução do trabalho em questão o uso deste aparato foi primordial, pois as medições das tubulações foram essenciais para a obtenção das perdas de carga linear. As dimensões das tubulações foram obtidas por meio do uso de uma trena métrica. Como ponto inicial para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada a curva da bomba na qual estão representados os rotores da bomba do sistema de bombeamento, conforme o fabricante (Figura 1).

A partir da curva da bomba para o rotor do equipamento, foi elaborado uma nova figura, na qual apenas o rotor da bomba para diferentes frequências foi utilizado, frequências estas que podem ser alteradas conforme o intuito de estudo. Para a construção desta nova curva, a frequência teve de ser convertida em rotação (equação 1), para servir de base para a determinação das novas alturas manométricas (equação 2) e vazões (equação 3), conforme Henn (2001).

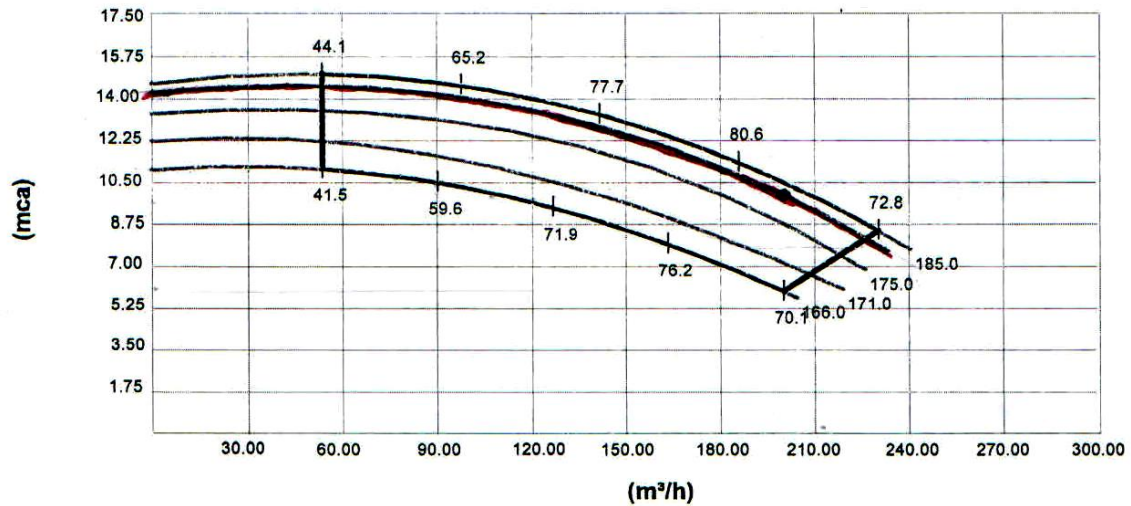


Figura 1 - Curva da bomba, conforme IMBIL (2011).

$$n_{nova} = \left(120 * \frac{f}{4}\right) * (1 - 0,02778) \quad \text{Equação 1}$$

$$H_{nova} = \frac{H_{original}}{\left(\frac{n_{original}}{n_{nova}}\right)^2} \quad \text{Equação 2}$$

$$Q_{nova} = \frac{Q_{original}}{\sqrt{\frac{H_{original}}{H_{nova}}}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde: $n_{original}$ = 1750 (rpm)
 n = rotação (rpm)
 Q = vazão (m³/h)
 H = altura manométrica (m)

Após esta etapa foram elaboradas planilhas com os valores de perda de carga localizadas, encontradas na literatura, conforme as peças dispostas no sistema de bombeamento. Assim, obtendo-se duas formas de perda de carga, sendo em peças não lineares as perdas de carga singulares (equação 4) e em tubulações contínuas as perdas de carga lineares (equação 5). Os coeficientes de perda de carga e as equações foram extraídos de Baptista (2002), Porto (2006) e Netto (1998).

Estas perdas de carga foram associadas às vazões e quanto ao tipo de material que cada parte do modelo apresentava, assim formando a curva do sistema. Nesta curva, o eixo vertical mostra a altura manométrica em metros que representa a perda de carga total, e o eixo horizontal apresenta a vazão em metros cúbicos por hora.

$$\Delta h_{ps} = k * \frac{v^2}{2g} \text{ onde } v = \frac{Q}{A} \text{ e } A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad \text{Equação 4}$$

$$\Delta h_{pl} = J * L \text{ onde } J = \frac{10,64}{C^{1,85}} * \frac{Q^{1,85}}{d^{4,87}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde: k = coeficiente de perda de carga
 c = 140 (plástico); 120 (ferro); 150 (acrílico)
 L = comprimento da tubulação (m)
 J = perda de carga unitária (m/m)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação do sistema de bombeamento foram feitas medições no mesmo, anotando-se os valores observados quanto a frequência em que o mesmo operava e a vazão apresentada (tabela 1). Cada frequência anotada foi convertida em rotação (equação 1).

Frequência	Rotação	Vazão (l/s)	Vazão (m ³ /h)
12	350,0	8,7	31,32
16	466,7	13,0	46,80
20	583,3	16,8	60,48
24	700,0	20,4	73,44
28	816,7	24,2	87,12
32	933,3	27,9	100,44
36	1050,0	31,6	113,76

Tabela 1- Dados observados no sistema de bombeamento

A rotação obtida na observação do sistema de bombeamento foi usada para a obtenção da curva do gráfico que representa a altura (equação 2) e a vazão (equação 3) de cada frequência observada no sistema de bombeamento. Com isso, foi gerada a figura 2.

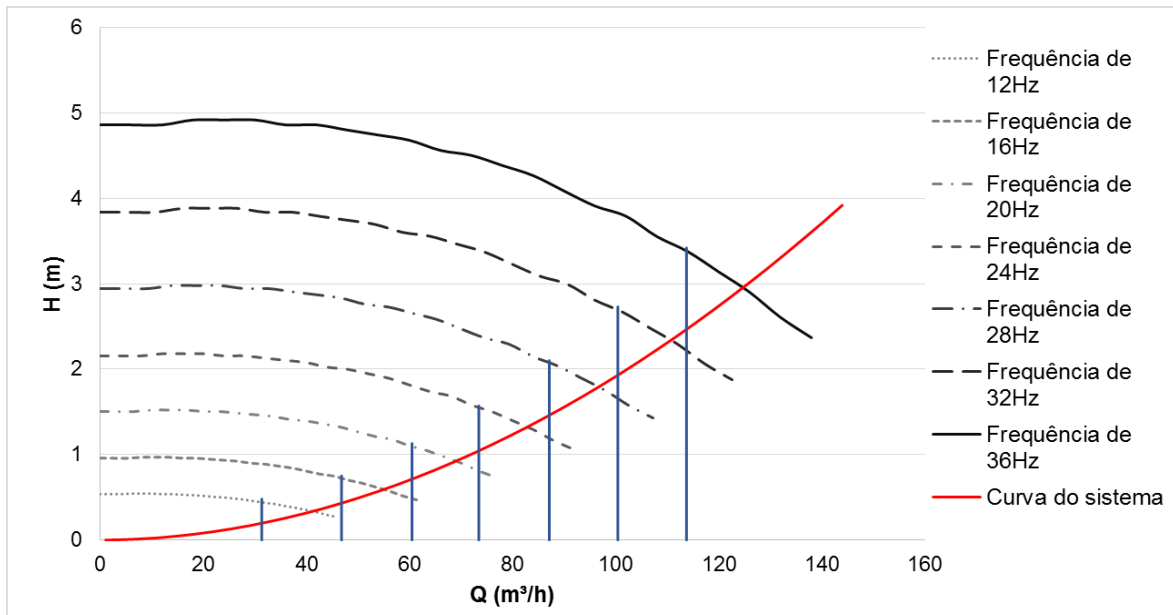


Figura 2 - Curvas da bomba para distintas frequências de rotação e curva teórica do sistema em comparação com os resultados obtidos experimentalmente.

O ponto de intersecção da curva do sistema com a frequência em questão determina a vazão de cada uma destas frequências, através da determinação da perda de carga. Com isso foram confrontados os dados obtidos tanto pela perda de carga quanto com a observação no sistema de bombeamento, no qual apresentaram os seguintes resultados (tabela 2):

Vazão (m ³ /h)	Erro (m ³ /h)	Percentual
39,6	8,28	26,44%
54	7,2	15,38%
68,4	7,92	13,10%
82,8	9,36	12,75%
97,2	10,08	11,57%
111,6	11,16	11,11%
125,99	12,23	10,75%

Tabela 2 – Comparação dos valores observados no sistema de bombeamento e o gráfico de perdas de carga.

Percebe-se, pela análise da tabela 2 que em média os erros são da ordem de 10 a 15%, com exceção das vazões menores que apresentaram erros superiores.

4. CONCLUSÕES

Através do trabalho, pode-se perceber que, se comparados os valores obtidos no sistema de bombeamento com o teórico, há pouca divergência e erros relativamente baixos, especialmente para as vazões maiores. Esta diferença pode ser atribuída a determinação dos coeficientes de perda de carga singular, visto que tais dados foram obtidos através de uma média, com relação aos valores apresentados nas bibliografias, tendo influência direta no estabelecimento da curva do sistema. Outro fator contribuinte para este erro é o desgaste da bomba que faz com que esta não atue com sua eficiência máxima, fator que pode alterar a curva da bomba fornecida pelo fabricante. Deste modo o trabalho apresenta uma expectativa quanto a real perda de carga em sistema de conduto forçado utilizado no laboratório de hidráulica do curso de graduação em engenharia hídrica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NETTO, J. M. A. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998. 8ª ed.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos: EESC-USP, 2006. 4. ed.

BAPTISTA, M. B. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. UFMG, 2002.

HENN, É. L. **Máquinas de Fluido**. Santa Maria: UFSM, 2001.

IMBIL- **Catálogo técnico- Linha INI**, 2011.