

## **PRÁTICA 06: CURVA DO SISTEMA**

*Beatriz Antunes Biscaia Pinto, Luiz Augusto Dembicki Fernandes*

**Resumo:** *O experimento busca a análise da perda de carga em uma tubulação, considerando os acessórios presentes. A partir disso, foi possível observar a influência e a curva característica da bomba e do sistema.*

### **1. Introdução**

Quando um fluido é escoado em uma tubulação, vários fatores influenciam sua energia, tais como a vazão, a viscosidade do fluido, a densidade, a rugosidade da tubulação e a presença de acessórios como válvulas, junções e bocais. A perda de pressão ocorre devido a mudanças abruptas de velocidade e pressão ao longo da tubulação, que causam interrupções no escoamento do fluido e resultam em perda de energia no sistema. A extensão da interrupção varia com os acessórios, por exemplo, válvulas abertas resultam em menor perda de pressão, enquanto os do tipo T resultam em perda de pressão mais elevada. A curva característica é uma representação gráfica da energia fornecida pela bomba para cada vazão, e o ponto de interseção entre ela e a curva do sistema é o único ponto viável de funcionamento da bomba nas condições atuais de bomba e acessórios. Alterações no sistema, como fechar uma válvula, afetam a interseção dessas curvas. A curva característica da bomba é sempre constante, mas a interseção com a curva do sistema muda com base na perda de pressão (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2014).

Para avaliar o impacto dos acessórios na perda de pressão, a teoria é comparada com dados experimentais. Finalmente, é utilizado a carga da bomba para determinar o ponto de funcionamento da bomba no sistema.

### **2. Objetivos**

Os objetivos da prática foram analisar as perdas de carga devido aos acessórios da tubulação, e comparar com os resultados obtidos ao desconsiderar essas perdas de carga localizadas, além de plotar a curva característica da bomba e achar o ponto de operação para as dadas condições.

### **3. Metodologia**

Para os cálculos necessários, é preciso descobrir a carga da bomba, dado por:

$$H = \frac{V_B^2}{2g} + (Z_B - Z_A) + \frac{h_T}{g}$$

Para descobrir a perda de carga no sistema, é importante considerar as perdas nos acessórios também. Dessa forma, temos que:

$$h_T = h_d + h_l$$

Considerando as perdas distribuídas sendo:

$$h_d = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2}$$

E as perdas localizadas como sendo:

$$h_l = f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2}$$

Em que,  $f$  é dado pela equação de Miller, e  $L_e/D$  é a soma dos valores individuais desses para cada acessório, apresentados na TABELA 1 (para o aço) e TABELA 2 (para o PVC).

TABELA 1 – DADOS PARA A SEÇÃO DE AÇO

Acessório	Quantidade	$L_e/D$
Bocal de entrada	1	15
Junção	2	16
Cotovelo 90°	8	30
T de saída lateral	1	60
Comprimento (sem acessórios) = 4,5 m		

FONTE: Os autores (2023).

TABELA 2 – DADOS PARA A SEÇÃO DE PVC

Acessório	Quantidade	$L_e/D$
Válvula gaveta aberta	1	8
Válvula esfera aberta	2	3

T de entrada lateral	1	80
T de saída lateral	1	60
Comprimento (sem acessórios) = 12,045 m		

FONTE: Os autores (2023).

A partir da carga da bomba obtida pelas equações acima, foi possível plotar gráficos baseados na perda de carga total sem considerar as localizadas e a considerando as localizadas, ambas considerando as perdas distribuídas. Além disso, foi considerado a vazão do fluido incompressível para essa bomba nas dadas condições, e foi traçada a curva característica da bomba, como será observado no próximo tópico.

#### 4. Resultados

A TABELA 2 apresenta os dados obtidos durante a realização do experimento.

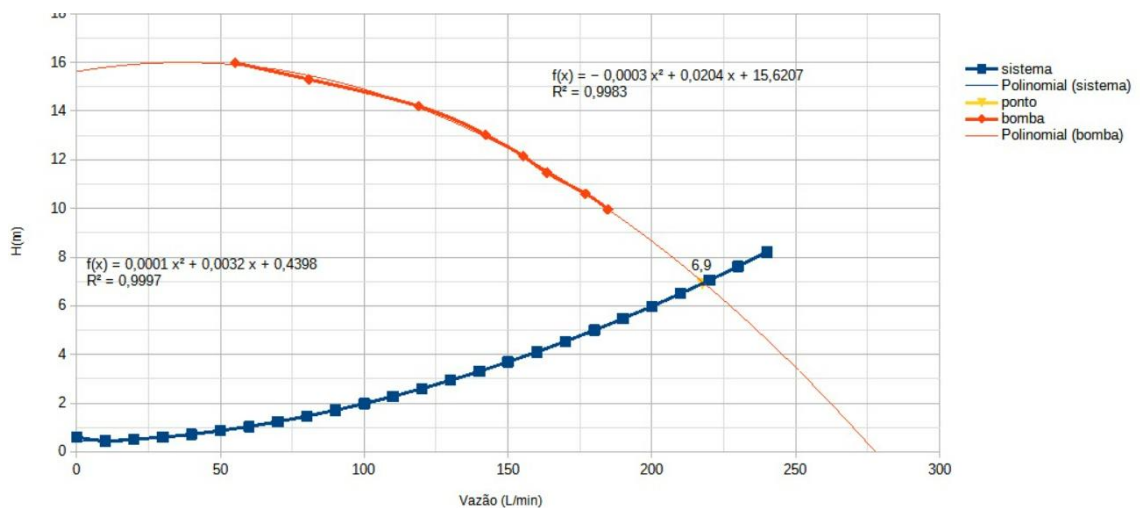
TABELA 2 – DADOS DO EXPERIMENTO

$\Delta z$ (m)	0,42
$\dot{m}$ (kg/s)	3,297
T (°C)	22,2
D (m)	0,0415
$\epsilon_{\text{aço}}$ (m)	0,000046
$\epsilon_{\text{PVC}}$ (m)	0,000001
g (m/s <sup>2</sup> )	9,81
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	998

FONTE: Os autores (2023).

Fazendo os cálculos necessários e utilizando conhecimentos prévios a respeito da perda de carga distribuída no dado sistema, foi possível obter os seguintes resultados, mostrados pela FIGURA 1.

FIGURA 1 – PONTO DE OPERAÇÃO



FONTE: Os autores (2023).

Com a carga da bomba igual a 6,9 m, a vazão encontrada teoricamente é de aproximadamente 217,5 L/min.

Transformando a vazão mássica (kg/s) em vazão volumétrica (L/min), é possível comparar os valores.

$$3,297 \frac{kg}{s} \times \frac{1 m^3}{998 kg} \times \frac{1000 L}{1 m^3} \times \frac{60 s}{1 min} = 198,18 \frac{L}{min}$$

Pelos resultados, comparando com a vazão obtida, percebe-se um desvio entre a vazão teórica e a experimental, sendo que a experimental é menor. Esse desvio ocorre por fazermos os cálculos teóricos supondo tubulações novas, sendo que com o tempo, a rugosidade dos tubos é alterada por incrustações na região interna ou desgastes nesses, portanto alterando o fluxo de fluido que passa por tempo.

$$erro\ relativo = \frac{|217,50 - 198,18|}{217,50} \times 100\%$$

$$erro\ relativo = 8,87\%$$

## 5. Conclusões

A curva característica da bomba e o ponto de operação condizem com o esperado pela literatura com base nos dados obtidos, visto que, apesar de erros nas considerações

da rugosidade das tubulações, o resultado obtido foi plausível e apresentou um desvio pequeno da normalidade, descrevendo, assim, corretamente o sistema em estudo.

Além disso, foi possível perceber que os acessórios têm grande influência na perda de carga total, observada pela comparação com experimentos anteriores.

## **6. Referências Bibliográficas**

**7.**

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**, 8ª. Edição, LTC Editora, 2014.