

**TÍTULO: TEMPO DE Esvaziamento de um Reservatório com Duto de Saída**

**1 - Objetivo**

Analisar a descarga livre de um tanque, pelo fundo, através de tubos verticais de diferentes seções e comprimentos. Medir o tempo de descarga para cada geometria do sistema e comparar com os resultados teóricos esperados.

**2 – Fundamentos Teóricos**

Quando um tanque que possui um líquido está sendo descarregado, a velocidade de saída do fluido diminuirá à medida que ocorre um deslocamento do nível. Portanto, o tempo de descarga de um determinado volume dependerá do nível como é apresentado na Figura 1.

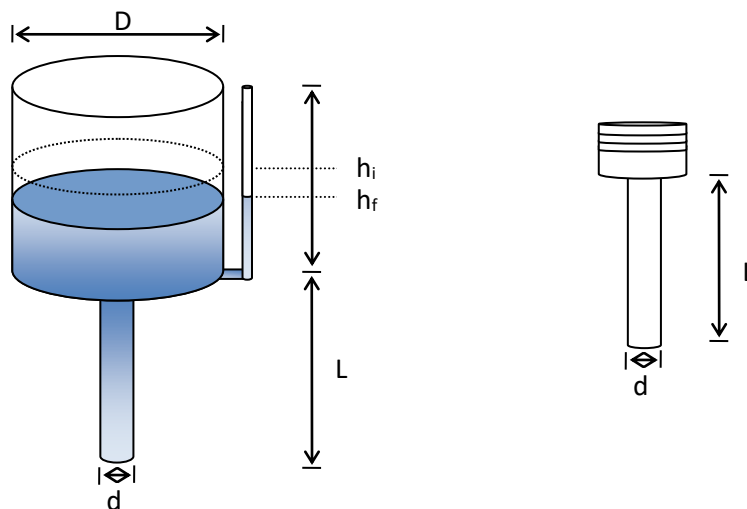


Figura 1. Descarga em um tanque

O coeficiente de descarga é a relação da descarga real através do dispositivo para a descarga ideal. Este coeficiente pode ser expresso como:

$$C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}} = \frac{M}{td_r} \cdot \frac{td_i}{M} = \frac{td_i}{td_r} \tag{1}$$

Onde o tempo de descarga ideal pode ser obtido a partir da equação da conservação da massa e da equação de Bernoulli. A expressão para o tempo de descarga ideal é apresentada na Equação 2:

$$t_{di} = \frac{2 \left[ \sqrt{h_i + L} - \sqrt{h_f + L} \right]}{\sqrt{2g}} \left( \frac{D}{d} \right)^2 \quad (2)$$

### 3 – Materiais

- Tanque dotado de indicador de nível (Figura 1)
- Dutos de diferentes diâmetros e comprimentos (Tabela 1)
- Proveta graduada
- Cronômetro
- Béqueres
- Termômetro

**Tabela 1 – Dimensões dos dutos utilizados**

Duto	Diâmetro D (cm)	Comprimento L (cm)	L/D
A <sub>1</sub>	0,79	60	75,9
A <sub>2</sub>	0,47	60	127,6
A <sub>3</sub>	0,27	60	222,2
B <sub>1</sub>	0,47	30	63,8
B <sub>2</sub>	0,47	15	31,9
B <sub>3</sub>	0,47	7,5	15,9

### 4 – Procedimento Experimental

1. Encher o tanque até o nível  $h_i$ ;
2. Medir a temperatura do líquido;
3. Disparar o cronômetro e liberar o fluxo;
4. Quando o nível estiver em  $h_f$  interromper o fluxo e anotar o tempo (4 diferentes níveis de líquido);
5. Efetuar nova medida do intervalo de tempo para todos os níveis definidos;
6. Repetir o procedimento para os outros dutos.

#### Dados:

Diâmetro médio do tanque = 14,4 cm

Altura total do tanque = 25 cm

### 5– Resultados

- 1) Deduzir a Equação 2;
- 2) Calcular o tempo ideal de descarga para cada geometria e comparar com o obtido experimentalmente. Discutir os resultados.
- 3) Calcular o número de Reynolds para cada caso (discutir o regime de escoamento).
- 4) Estabelecer os gráficos abaixo, interpretando os resultados:
  - $td_r \times td_i$  para todos os tubos, mantendo o mesmo  $h_i$  e  $h_f$
  - $td_r \times d$  mantendo  $h_i$  e  $h_f$  e L constante
  - $td_r \times L$  mantendo  $h_i$  e  $h_f$  e d constante
- 5) Calcular o coeficiente de descarga para cada caso e discutir seus valores.

## 6 - NOMENCLATURA

Cd	Coeficiente de descarga (-)
D	Diâmetro do tanque (cm)
d	Diâmetro do duto (cm)
g	Aceleração da gravidade (cm/s <sup>2</sup> )
h <sub>f</sub>	Posição do nível em t=tf (cm)
h <sub>i</sub>	Posição do nível em t=0s (cm)
L	Comprimento do duto (cm)
Q <sub>ideal</sub>	Vazão mássica ideal de líquido (g/s)
Q <sub>real</sub>	Vazão mássica real de líquido (g/s)
td <sub>i</sub>	Tempo de descarga ideal (s)
td <sub>r</sub>	Tempo de descarga real (s)
Re	Número de Reynolds

## 7 – Referências Bibliográficas

CROSBY, E.J. Experiments in Transport Phenomena. Editora John Wiley & sons, Inc., USA.

PERRY & CHILTON. Chemical Engineers Handbook. 5a ed. Seção 5, McGraw-Hill, USA.

### FORMULÁRIO – TEMPO DE DESCARGA

Duto	h <sub>i</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	td <sub>r</sub> <sup>(exp)</sup> (s)	M <sub>H2O</sub>	V <sub>(m/s)</sub>	td <sub>i</sub> <sup>(ideal)</sup> (s)	C <sub>d</sub>	Re <sup>(exp)</sup>
A1	19							
	15							
	10							
	5							
Duto	h <sub>i</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	td <sub>r</sub> <sup>(exp)</sup> (s)	M <sub>H2O</sub>	V <sub>(m/s)</sub>	td <sub>i</sub> <sup>(ideal)</sup> (s)	C <sub>d</sub>	Re <sup>(exp)</sup>
A2	19							
	15							
	10							
	5							
Duto	h <sub>i</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	td <sub>r</sub> <sup>(exp)</sup> (s)	M <sub>H2O</sub>	V <sub>(m/s)</sub>	td <sub>i</sub> <sup>(ideal)</sup> (s)	C <sub>d</sub>	Re <sup>(exp)</sup>
A3	19							
	15							
	10							
	5							
Duto	h <sub>i</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	td <sub>r</sub> <sup>(exp)</sup> (s)	M <sub>H2O</sub>	V <sub>(m/s)</sub>	td <sub>i</sub> <sup>(ideal)</sup> (s)	C <sub>d</sub>	Re <sup>(exp)</sup>
B1	19							
	15							
	10							
	5							
Duto	h <sub>i</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	td <sub>r</sub> <sup>(exp)</sup> (s)	M <sub>H2O</sub>	V <sub>(m/s)</sub>	td <sub>i</sub> <sup>(ideal)</sup> (s)	C <sub>d</sub>	Re <sup>(exp)</sup>
B2	19							
	15							
	10							
	5							
Duto	h <sub>i</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	td <sub>r</sub> <sup>(exp)</sup> (s)	M <sub>H2O</sub>	V <sub>(m/s)</sub>	td <sub>i</sub> <sup>(ideal)</sup> (s)	C <sub>d</sub>	Re <sup>(exp)</sup>
B3	19							
	15							
	10							
	5							