



# ESCOAMENTO E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ARRASTO

Alexandre Silva, 107957  
Diogo Fernandes, 107364  
Magner Gusse, 110180  
Matilde Vinagreiro, 109021

# OBJETOS UTILIZADOS

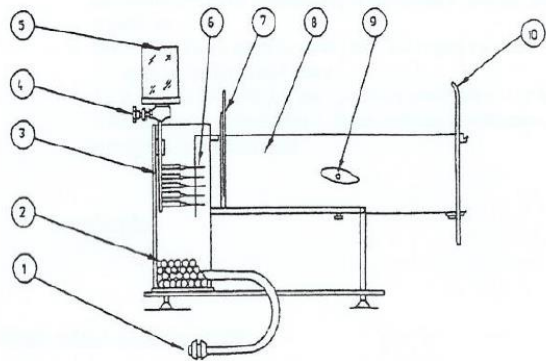
Objeto 1-Disco



Objeto 2- Asa



# PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

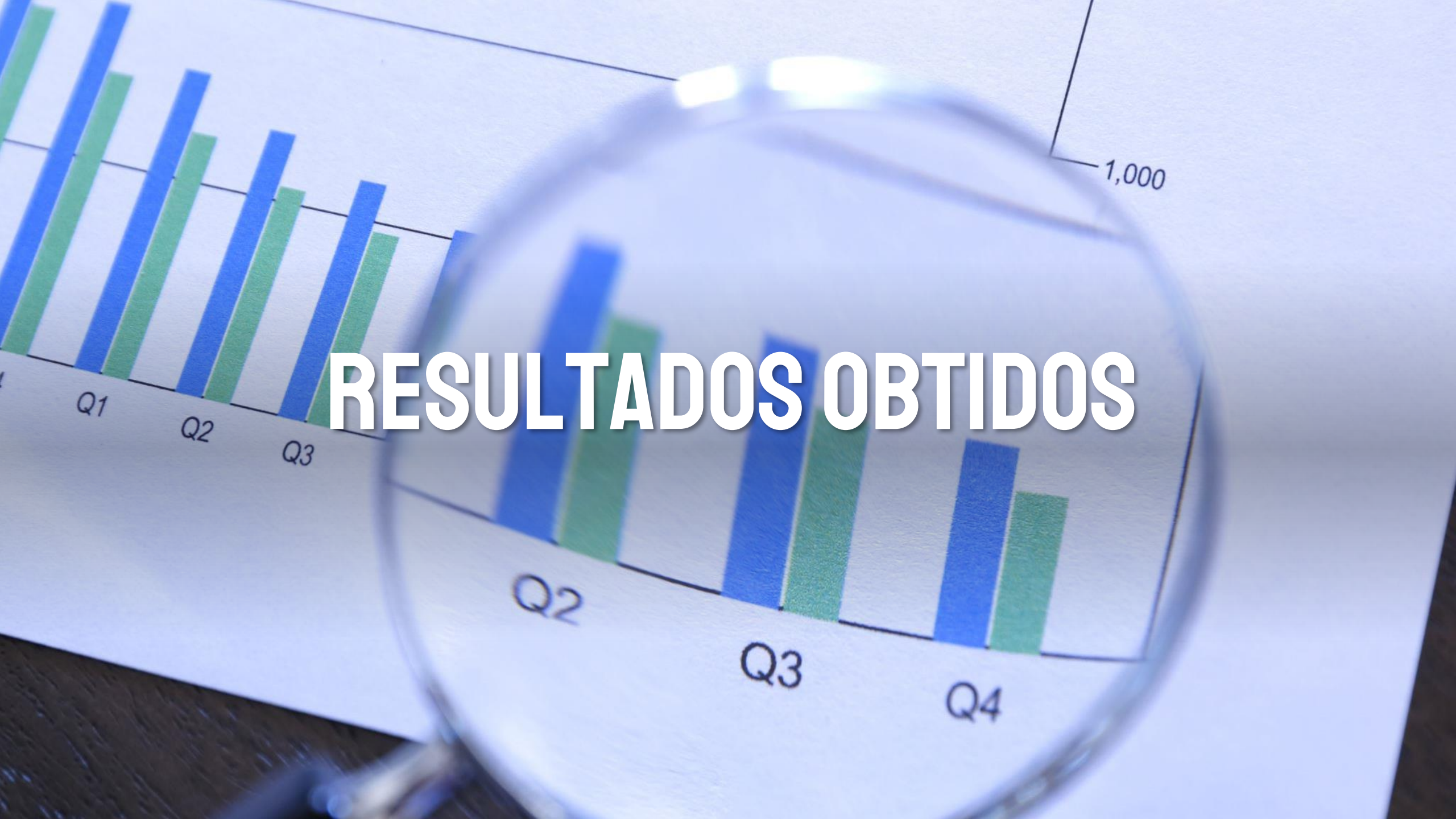


## Legenda:

- 1 – Tubo de entrada
- 2 – Esferas de vidro
- 3 – Injetor múltiplo
- 4 – Válvula de controlo do fluxo de corante
- 5 – Reservatório de corante
- 6 – Tubo hipodérmico
- 7 – Comporta
- 8 – Canal
- 9 – Parafuso
- 10 – Comporta







# RESULTADOS OBTIDOS

# DISCO – CAUDAL



Tabelas com os valores obtidos do caudal e respetivo desvio absoluto para o disco.

Escoamento	Volume (cm <sup>3</sup> )	Tempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Desvio absoluto
Laminar	600	24.39	24.60	0.24
	355	13.92	25.50	0.66
	470	17.12	27.45	2.61
	310	13.9	22.30	2.54
	520	21.34	24.37	0.48
		Média	24.8	1.3

Escoamento	Volume (cm <sup>3</sup> )	Tempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Desvio absoluto
Turbulento	980	6.84	143.27	4.26
	1000	7.17	139.47	0.46
	1000	7.53	132.80	6.21
	1000	6.90	144.93	5.91
	1000	7.43	134.59	4.42
		Média	139.0	4.3

# ASA – CAUDAL



Tabelas com os valores obtidos do caudal e respetivo desvio absoluto para a asa.

Escoamento	Volume (cm <sup>3</sup> )	Tempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Desvio Absoluto
Laminar	500	8.73	57.27	0.15
	500	8.8	56.82	0.60
	500	8.87	56.37	1.05
	590	10.05	58.71	1.29
	570	9.84	57.93	0.51
		Média	57.42	0.72

Escoamento	Volume (cm <sup>3</sup> )	Tempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Desvio Absoluto
Turbulento	500	3.04	164.4736842	0.257703286
	500	3.03	165.0165017	0.285114153
	490	2.9	168.9655172	4.234129745
	500	3.11	160.7717042	3.959683317
	490	2.98	164.4295302	0.301857295
		Média	164.7	1.8

# CÁLCULO DAS GRANDEZAS E ERROS ASSOCIADOS

Largura do canal-  $l_c$  ; Altura do escoamento-  $h_c$

Área do canal (cm<sup>2</sup>):

$$A = h_c \times l_c$$
$$\Delta A = l_c \times \Delta h_c + \Delta l_c \times h_c$$

Velocidade (cm/s):

$$v = \frac{Q}{A}$$
$$\Delta v = \frac{\Delta Q}{A} + \frac{Q}{A^2} \Delta A$$

Número de Reynolds do objeto:

$$Re_{obj} = \frac{\rho v h_{obj}}{\mu}$$
$$\Delta Re_{obj} = \frac{\rho h_{obj}}{\mu} \Delta v + \frac{v \rho}{\mu} \Delta h_{obj}$$

Diâmetro Hidráulico (cm):

$$D_{hid} = 4 \frac{A}{2h_c + l_c}$$
$$\Delta D_{hid} = 4 \left[ \frac{1}{2h_c + l_c} \Delta A + \frac{2A}{(2h_c + l_c)^2} \Delta h_c + \frac{A}{(2h_c + l_c)^2} \Delta l_c \right]$$

Raio Hidráulico (cm):

$$R_{hid} = \frac{A}{2h_c + l_c}$$
$$\Delta R_{hid} = \left[ \frac{1}{2h_c + l_c} \Delta A + \frac{2A}{(2h_c + l_c)^2} \Delta h_c + \frac{A}{(2h_c + l_c)^2} \Delta l_c \right]$$

Número de Reynolds do escoamento:

$$Re_{esc} = \frac{\rho v D_h}{\mu}$$
$$\Delta Re_{esc} = \frac{\rho D_h}{\mu} \Delta v + \frac{v \rho}{\mu} \Delta D_h$$

Força de arrasto (N):

$$F_a = A_p \rho \frac{v^2}{2} C_d \times 10^{-5}$$
$$\Delta F_a = \left( \rho \frac{v^2}{2} C_d \Delta A_p + \rho A_p v C_d \Delta v + A_p \rho \frac{v^2}{2} \Delta C_d \right) \times 10^{-5}$$

# DADOS GERAIS

Temperatura da Água =  $18,50 \pm 0,25$  °C

Massa Volúmica =  $0,9987$  g/cm<sup>3</sup> [1]

Viscosidade Dinâmica =  $1,04 \times 10^{-2}$  g. s<sup>-1</sup>. cm<sup>-1</sup> [1]

Largura do Canal =  $1,50 \pm 0,05$  cm



# DISCO – REGIME LAMINAR

---



Caudal =  $24,8 \pm 1,3 \text{ cm}^3/\text{s}$

Altura do Canal =  $10,60 \pm 0,05 \text{ cm}$

Área do Canal =  $15,90 \pm 0,61 \text{ cm}^2$

Velocidade média =  $1,56 \pm 0,14 \text{ cm/s}$

N.º de Reynolds do objeto =  $750 \pm 75$

Raio Hidráulico =  $0,700 \pm 0,031 \text{ cm}$

Diâmetro Hidráulico =  $2,80 \pm 0,13 \text{ cm}$

Nº de Reynolds do escoamento =  $420 \pm 57$

Coeficiente de Arrasto =  $1,1 \pm 0,5$  [2]

Área projetada =  $7,00 \pm 0,32 \text{ cm}^2$

Força de Arrasto =  $(9,4 \pm 6,4) \times 10^{-5} \text{ N}$

# DISCO – REGIME LAMINAR



# DISCO – REGIME TURBULENTO



$$\text{Caudal} = 139,0 \pm 4,3 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{Altura do Canal} = 11,85 \pm 0,05 \text{ cm}$$

$$\text{Área do Canal} = 17,78 \pm 0,67 \text{ cm}^2$$

$$\text{Velocidade média} = 7,82 \pm 0,53 \text{ cm/s}$$

$$\text{N.º de Reynolds do objeto} = (3,76 \pm 0,29) \times 10^3$$

$$\text{Raio Hidráulico} = 0,705 \pm 0,031 \text{ cm}$$

$$\text{Diâmetro Hidráulico} = 2,82 \pm 0,12 \text{ cm}$$

$$\text{Nº de Reynolds do escoamento} = (2,12 \pm 0,24) \times 10^3$$

$$\text{Coeficiente de Arrasto} = 0,85 \pm 0,10 [2]$$

$$\text{Área projetada} = 7,00 \pm 0,32 \text{ cm}^2$$

$$\text{Força de Arrasto} = (1,82 \pm 0,54) \times 10^{-3} \text{ N}$$

# DISCO – REGIME TURBULENTO





# ASA – REGIME LAMINAR



Caudal =  $57,42 \pm 0,72 \text{ cm}^3/\text{s}$

Altura do Canal =  $10,90 \pm 0,05 \text{ cm}$

Área do Canal =  $16,35 \pm 0,62 \text{ cm}^2$

Velocidade média =  $3,51 \pm 0,18 \text{ cm/s}$

N.º de Reynolds do objeto =  $708 \pm 53$

Raio Hidráulico =  $0,702 \pm 0,031 \text{ cm}$

Diâmetro Hidráulico =  $2,81 \pm 0,12 \text{ cm}$

Nº de Reynolds do escoamento =  $947 \pm 90$

Coeficiente de Arrasto =  $0,55 \pm 0,10$  [3]

Área projetada =  $2,94 \pm 0,18 \text{ cm}^2$

Força de Arrasto =  $(10,0 \pm 3,4) \times 10^{-5} \text{ N}$



# ASA – REGIME LAMINAR



# ASA – REGIMENTO TURBULENTO



Caudal =  $164,7 \pm 1,8 \text{ cm}^3/\text{s}$

Altura do Canal =  $12,00 \pm 0,05 \text{ cm}$

Área do Canal =  $18,00 \pm 0,68 \text{ cm}^2$

Velocidade média =  $9,15 \pm 0,44 \text{ cm/s}$

N.º de Reynolds do objeto =  $(1,85 \pm 0,13) \times 10^3$

Raio Hidráulico =  $0,706 \pm 0,031 \text{ cm}$

Diâmetro Hidráulico =  $2,82 \pm 0,12 \text{ cm}$

Nº de Reynolds do escoamento =  $(2,48 \pm 0,23) \times 10^3$

Coeficiente de Arrasto =  $0,47 \pm 0,10$  [3]

Área projetada =  $2,94 \pm 0,18 \text{ cm}^2$

Força de Arrasto =  $(5,8 \pm 2,1) \times 10^{-4} \text{ N}$

# ASA – REGIME TURBULENTO

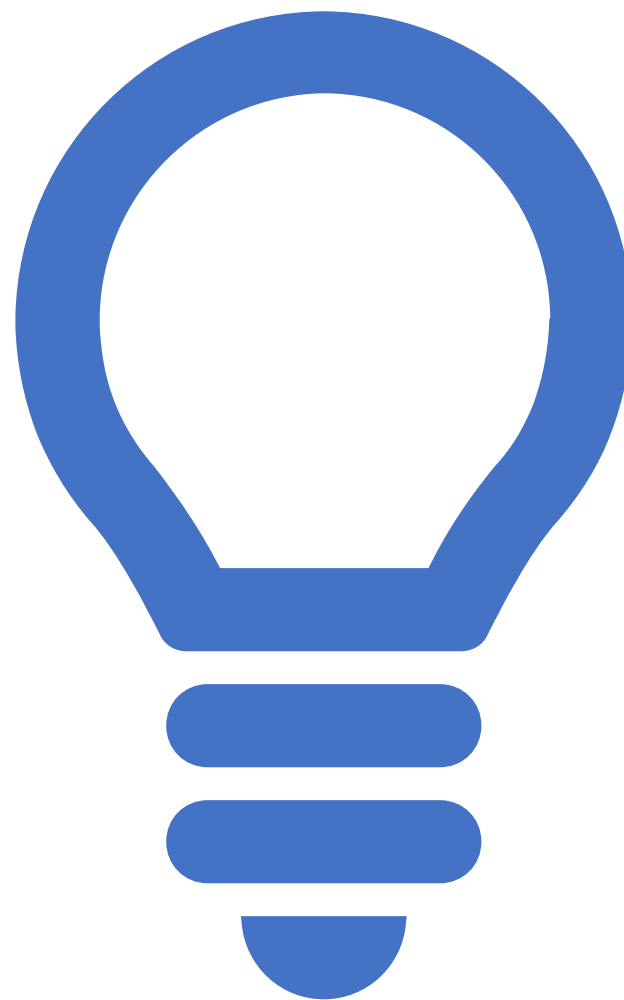


# APLICAÇÕES EM ENGENHARIA





Conclusões





# REFERÊNCIAS

- [1] Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., & Lavine, A.S. (2011). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons
- [2] Formulário da disciplina
- [3] Chegg Study. (n.d.). Using conditions chart, drag coefficient and drag force, you must mark a spot on the chart and use it to make calculations. <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/using-conditions-chart-drag-coefficient-drag-force-must-mark-spot-chart-use-make-calculati-q64565433> - Acedido a 09/05/2023