

Experiência de Reynolds.

1^o - **Objetivo:** determinar a vazão de forma direta e calcular a velocidade média do escoamento através dela.



$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t}$$

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

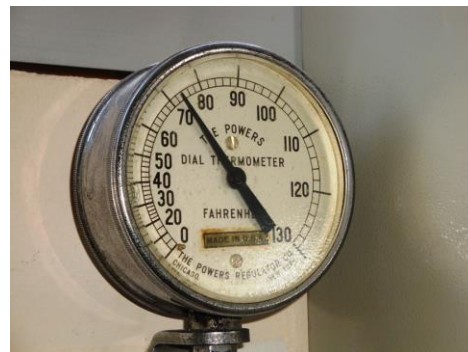
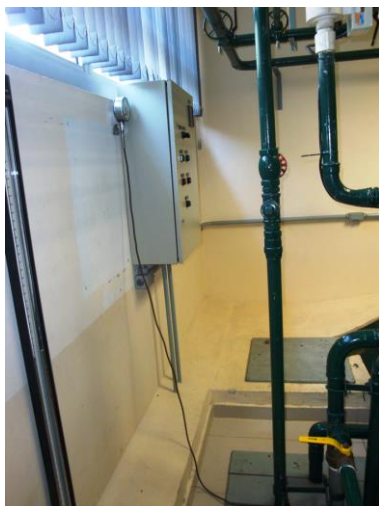
$$\therefore v = \frac{4 \times Q}{\pi \times (10 \times 10^{-3})^2}$$

O Maurício está comigo determinando a vazão de forma direta e mostrando o tubo de vidro.

O diâmetro do tubo de vidro, onde visualizamos o tipo de escoamento, é igual a 10 mm.



2^o - **Objetivo:** ler a temperatura da água em Fahrenheit e transformá-la em graus Celsius



$$t_C = \frac{5}{9} \times (t_F - 32)$$

t_C = temperatura em Celsius

t_F = temperatura em Fahrenheit

3º - Objetivo: determinar a massa específica e a viscosidade cinemática da água em função da temperatura.

Propriedades do mercúrio em função da temperatura

θ	ρ_w	ν_w	ρ_{Hg}
		$\ast 10^6$	
[°C]	[kg/m³]	[m²/s]	[kg/m³]
0	999,8	1,791	13595
1	999,9	1,731	13593
2	1000,0	1,674	13590
3	1000,0	1,620	13588
4	1000,0	1,568	13585
5	999,9	1,520	13583
6	999,9	1,473	13580
7	999,9	1,429	13578
8	999,9	1,387	13575
9	999,8	1,346	13573
10	999,7	1,308	13570
11	999,6	1,271	13568
12	999,5	1,236	13565
13	999,4	1,202	13563
14	999,2	1,170	13561

θ	ρ_w	ν_w	ρ_{Hg}
		$\ast 10^6$	
[°C]	[kg/m³]	[m²/s]	[kg/m³]
21	998,0	0,980	13543
22	997,8	0,957	13541
23	997,5	0,934	13538
24	997,3	0,913	13536
25	997,0	0,892	13534
26	996,8	0,873	13531
27	996,5	0,854	13529
28	996,2	0,835	13526
29	995,9	0,817	13524
30	995,7	0,800	13521
31	995,3	0,784	13519
32	995,0	0,768	13516
33	994,7	0,753	13514
34	994,4	0,738	13511

Extraído da página:

http://www.escolavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_22012/propriedades_do_mercurio_22012.htm

Poderíamos determinar a massa específica d'água e sua viscosidade dinâmica pelas expressões a seguir:

$$\rho = 1000 - 0,01788 \times |\text{temperatura em } ^\circ\text{C} - 4|^{1,7}$$

$$[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\ln \frac{\mu}{\mu_0} \cong -1,704 - 5,306 \times z + 7,003 \times z^2$$

$$\rightarrow \mu_0 = 1,788 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$$

$$\rightarrow z = \frac{273(\text{K})}{T(\text{K})}$$

4º - Objetivo: relacionar massa específica (ρ) e viscosidade dinâmica (μ) para obter a viscosidade cinemática (ν)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \therefore \frac{1}{\nu} = \frac{\rho}{\mu} \rightarrow [\nu]_{\text{SI}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\left(\frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}\right)}$$

5^o - **Objetivo:** calcular o número de Reynolds e utilizá-lo para classificar o escoamento incompressível em laminar, transição e turbulento.

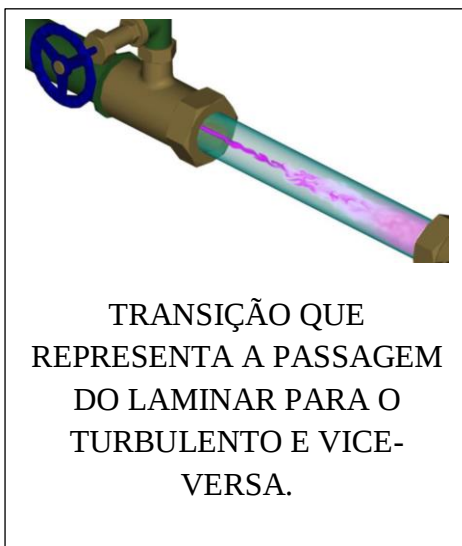
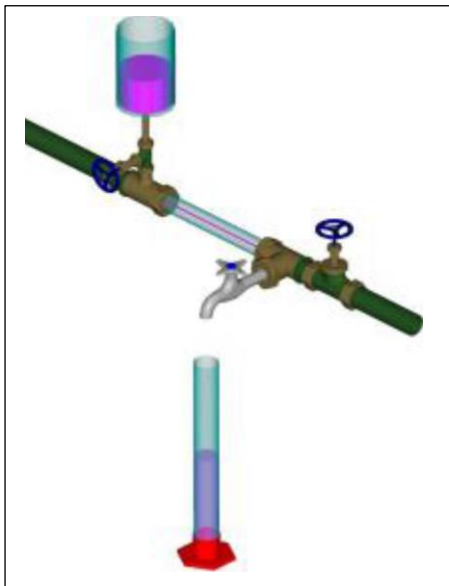
$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

$Re \leq 2000 \Rightarrow$ LAMINAR

$2000 < Re < 4000 \Rightarrow$ TRANSIÇÃO

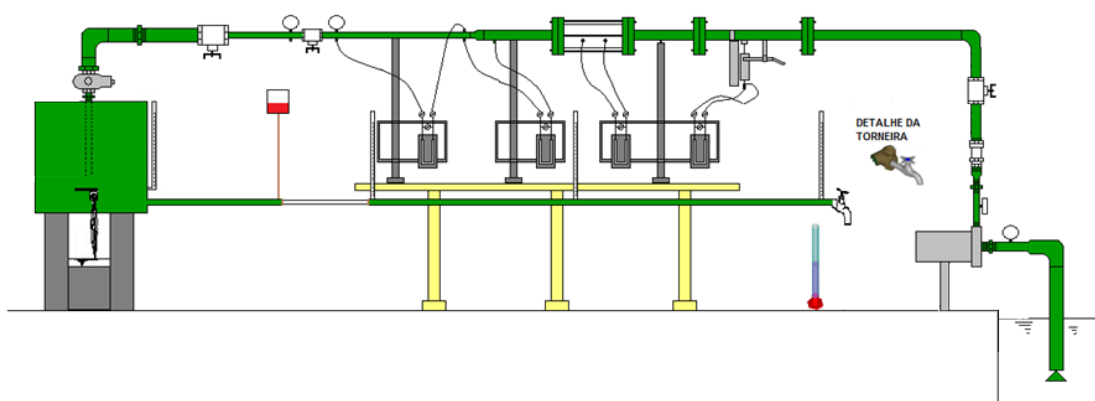
$Re \geq 4000 \Rightarrow$ TURBULENTO

6^o - **Objetivo:** comparar a classificação anterior com o visualizado na bancada





Esquematicamente a experiência é realizada no trecho da bancada representado a seguir:



Nesta experiência deveremos preencher a tabela a seguir:

Ensaio	Q	v	R_e	Tipo de Escoamento	Tipo de Escoamento
	m^3/s	m/s	$F^\circ L^\circ T^\circ$	Pelos Cálculos	Visualizado
1					
2					
3					
4					
5					

Mais informações consulte:

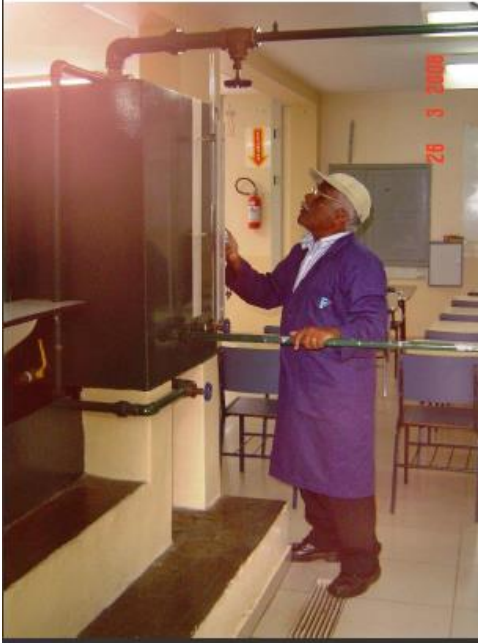
<http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/Apostila/Unidade%203/Simulacao%20de%20Reynolds%20un%203.pdf>

http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/experiencia_de_Reynolds.pdf

Experiência do tubo de Pitot.

1º - **Objetivo:** mostrar uma nova determinação direta da vazão.

Já a determinação das vazões nas bancadas de 1 a 6 é obtida no tanque de distribuição



$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$$

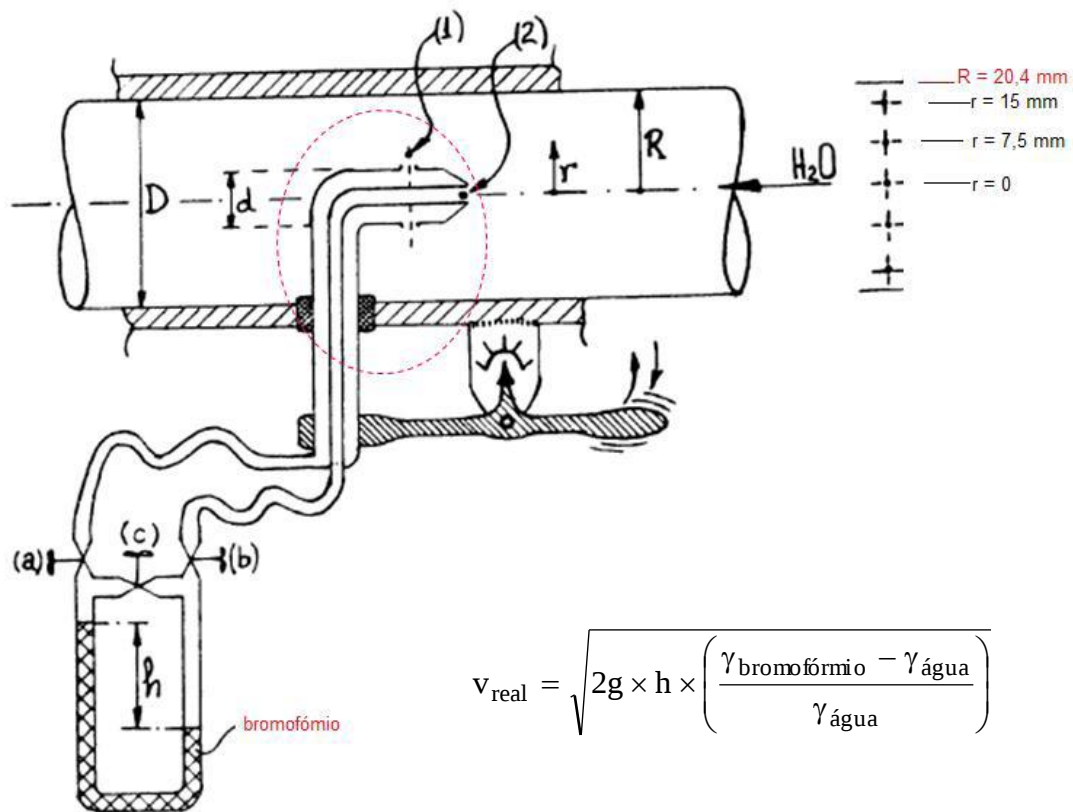
A ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO TANQUE DE DISTRIBUIÇÃO DEVE SER DETERMINADA EM TODAS AS BANCADAS.

Area do tanque de distribuição (m²)	
1	0,5483
2	0,5476
3	0,5498
4	0,5535
5	0,5520
6	0,5506
7	0,5491
8	0,5461

As áreas são fornecidas para otimizar o tempo da experiência

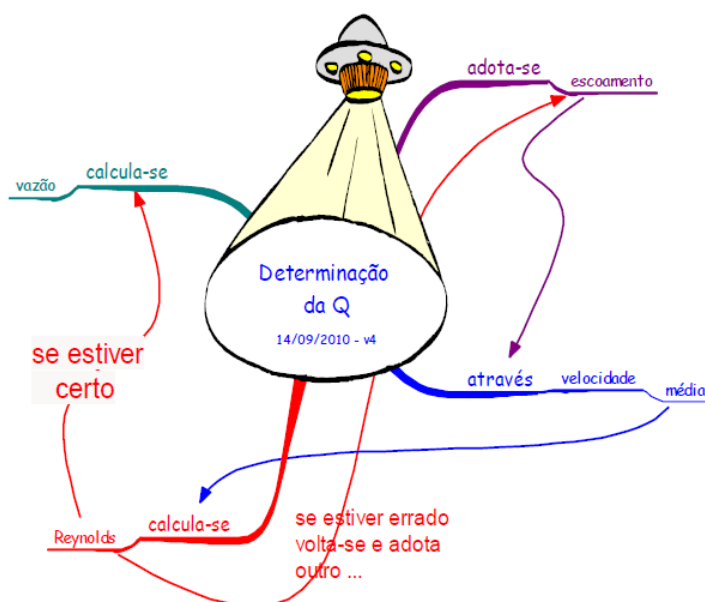


2º - **Objetivo:** determinar a velocidade real de um ponto fluido através do tubo de Pitot



3º - **Objetivo:** determinar a vazão do escoamento através do tubo de Pitot

Primeira possibilidade: o tubo de Pitot está instalado no eixo do tubo



Calculamos a velocidade máxima do escoamento:

$$v_{\max} = \sqrt{2g \times h \times \left(\frac{\gamma_{\text{bromofórmio}} - \gamma_{\text{água}}}{\gamma_{\text{água}}} \right)}$$

Adotamos escoamento turbulento ($Re \geq 4000$), isto porque este tem maior probabilidade de ocorrer e isto permite calcular a velocidade média do escoamento, já que para tubos de seção circular e forçada, temos:

$$v_{\text{média}} = \frac{49}{60} \times v_{\max} .$$

Com a velocidade média, calculamos o número de Reynolds: $Re = \frac{v \times D_H}{\nu}$ e este dando maior ou igual a 4000, indica que a adoção foi correta o que permite determinar a vazão do escoamento: $Q = v \times A$.

Segunda possibilidade: o tubo de Pitot não foi instalado no eixo.

Se o Pitot não estiver no eixo da tubulação

Adota-se o escoamento, por exemplo o turbulento, onde se sabe que:

$$v_{\text{real}} = v_{\text{máx}} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$$

Tendo-se a velocidade real calcula-se a velocidade máxima e média:

$$v_{\text{média}} = \frac{49}{60} \times v_{\text{máx}}$$

Com a velocidade média verifica-se o Reynolds.

Se não for turbulento:

Repete-se o procedimento anterior adotando-se o escoamento laminar, onde se tem:

$$V_{\text{real}} = V_{\text{máx}} \times \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

$$V_{\text{média}} = \frac{V_{\text{máx}}}{2}$$

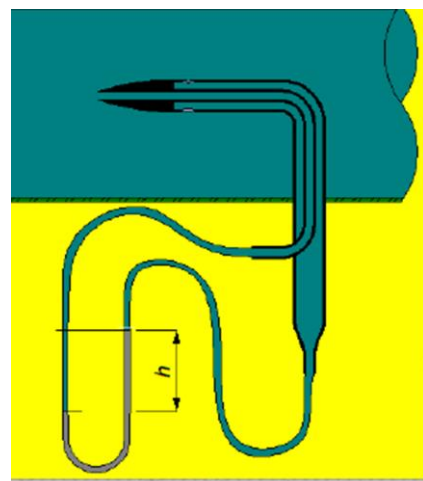
Tendo a velocidade média calculamos a vazão e é esta que deve ser comparada com a obtida no tanque.

4º - Objetivo: preencher a tabela de dados a seguir:

Exp. PITOT		Tabela Rascunho	
ensaio	posição	r	h
-	-	mm	mm
1	parede	+ 20,5	0
2	A	+ 15,0	
3	B	+ 7,50	
4	C	0	
5	D	- 7,50	
6	E	- 15,0	
7	parede	- 20,5	0
$\Delta h =$		t =	

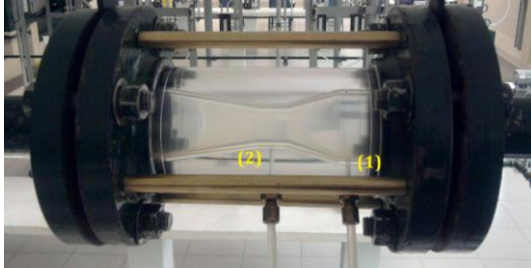
Nesta experiência você também deve preencher a tabela de resultado a seguir e comparar as vazões determinada no tanque e a determinada pelo tubo de Pitot, registrando a diferença entre elas.

Exp. PITOT		Tabela Desenvolvimento			
ensaio	posição	r	h	$\sqrt{h}$	v
-	-	mm	mm	$m^{1/2}$	m/s
1	parede	+ 20,5	0		0
2	A	+ 15,0			
3	B	+ 7,50			
4	C	0			
5	D	- 7,50			
6	E	- 15,0			
7	parede	- 20,5	0		0
$\Delta h =$ cm		t = s		$V_m =$ m/s	
Q =		L/s (utilizada no ensaio)			Re =

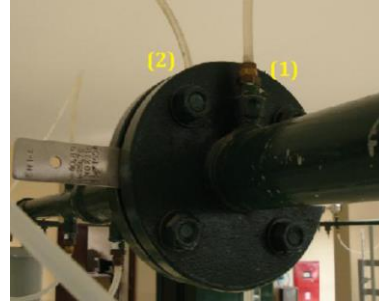


Experiência dos medidores de vazão.

1^o - **Objetivo:** visualizar os medidores: Venturi e placa de orifício

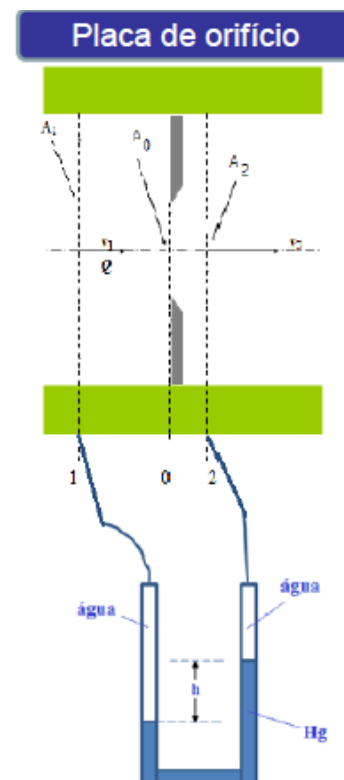
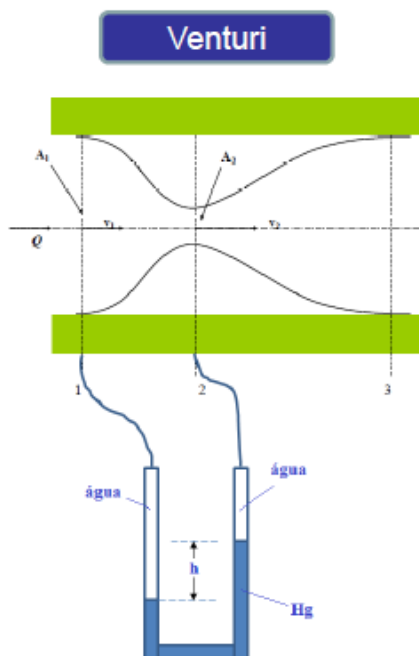


Venturi



Placa de orifício

Esquematicamente os medidores estão representados a seguir:



2º - Objetivo: calcular a vazão teórica através do medidor.

a. Para o Venturi (bancadas ímpares) como o $C_C = 1,0$, temos:

$$Q_{\text{teórica}} = A_{\text{mínima}} \times \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \right)}{1 - \left(\frac{D_{\text{mínimo}}}{D_{\text{aproximação}}} \right)^4}} = \frac{\pi \times D_G^2}{4} \times \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \right)}{1 - \left(\frac{D_G}{D_1} \right)^4}}$$

b. Para a placa de orifício (bancadas pares) como o C_C é diferente de 1,0, temos:

$$Q_{\text{teórica}} = A_{\text{mínima}} \times \sqrt{2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \right)} = \frac{\pi \times D_0^2}{4} \times \sqrt{2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \right)}$$

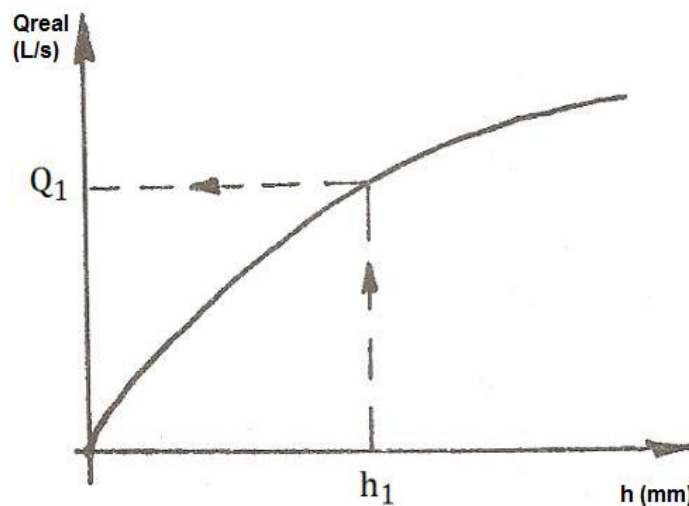
4º - Objetivo: determinar a vazão real no tanque.

$$Q_{\text{real}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$$

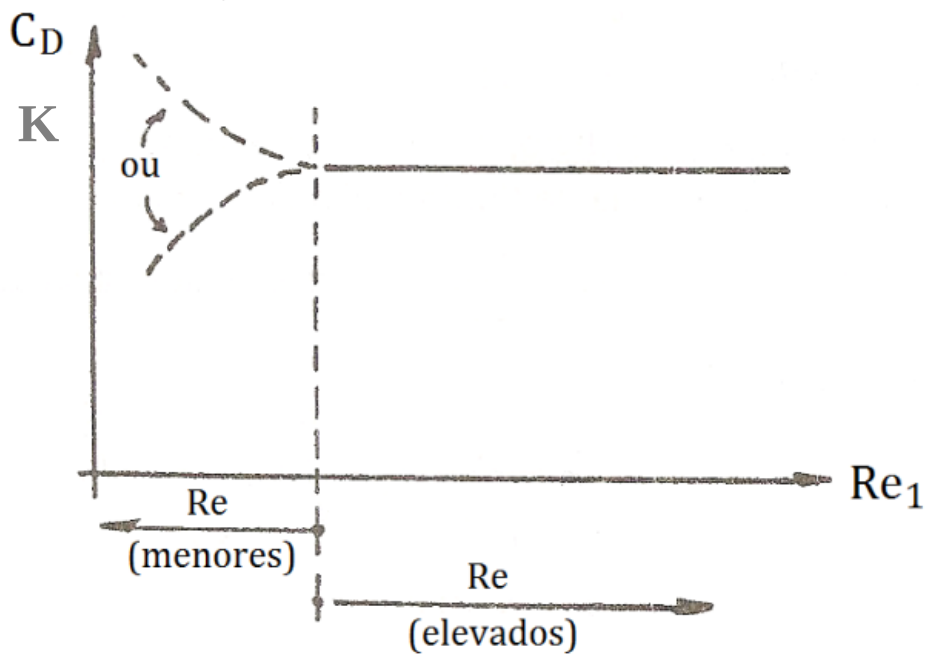
5º - Objetivo: calcular o coeficiente de vazão (C_d) para o Venturi e o coeficiente K para a placa de orifício

$$K = C_d = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórica}}}$$

6º - Objetivo: obter a curva de calibração do medidor de vazão



7º - **Objetivo:** obter a curva característica do medidor



Importante salientar que o número de Reynolds na seção (1) é denominado de Reynolds de aproximação e é sempre calculado com a vazão real.

8º - **Objetivo:** preencher a tabela a seguir:

Exp. MED. VAZÃO		Tabela Desenvolvimento					
grandezas	Δh	t	Q	h	C_D ou K	v_1	Re_1
unidades	cm	s	L/s	mm	--	m/s	--
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Medidor tipo: _____							