

3.12 Simulação de Experiência de Reynolds

Além de simular a experiência de Reynolds, objetivamos mostrar uma das muitas possibilidades de construção de uma bancada de laboratório para Mecânica dos Fluidos.

Na execução desta experiência, evocamos os seguintes conceitos:

- escoamento incompressível e em regime permanente;
- escoamento laminar, transição e turbulento;
- diâmetro hidráulico;
- classificação do escoamento incompressível em regime permanente em função do número de Reynolds;
- vazão (Q);
- velocidade média do escoamento (v);
- equação da continuidade.

A bancada está esquematizada pela figura 3.17 onde temos:

- 1 - reservatório de captação;
- 2 - válvula de pé com crivo;
- 3 - vacuômetro;
- 4 - bomba centrífuga;
- 5 - motor elétrico;
- 6 - manômetro;
- 7 - válvula de retenção;
- 8 - válvula globo;
- 9 - tubo de Pitot;
- 10 - tubo Venturi;
- 11 - placa de orifício;
- 12 - 13 - 14 e 15 - manômetros;
- 16 - válvula globo;
- 17 - reservatório de distribuição;
- 18 - bocal convergente;
- 19 - conduto livre ou calha retangular;
- 20 - saída do reservatório de distribuição;
- 21 - válvula globo;
- 22 - piezômetro utilizado como medidor de nível;
- 23 - piezômetro;
- 24 - tubulação transparente;
- 25 - piezômetro;
- 26 - piezômetro;
- 27 - piezômetro;
- 28 - torneira;
- 29 - válvula gaveta;
- 30 - reservatório do permanganato de potássio;
- 31 - redução;
- 32 - bancada de concreto.

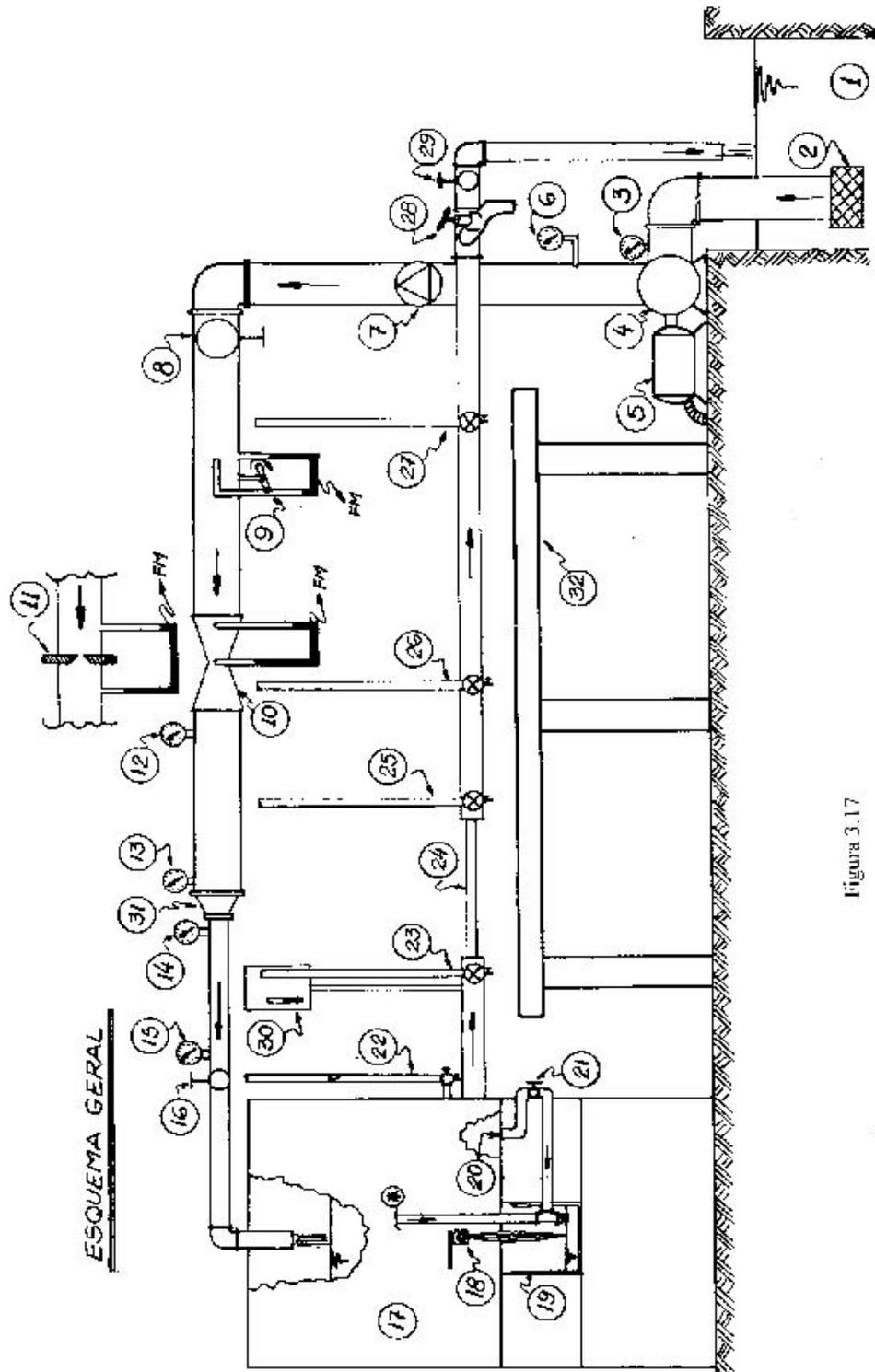


Figura 3.17

Na simulação da experiência de Reynolds, objetivamos visualizar e comparar os tipos de escoamentos incompressíveis, a partir dos dados levantados no laboratório, com os limites estabelecidos por Reynolds.

Na execução da experiência, utilizamos somente a parte inferior da bancada esquematizada pela figura 3.17, onde o nível de água do reservatório de

distribuição (17) deve ser mantido constante, isto mesmo quando controlarmos a vazão pela torneira (28).

Com o nível do reservatório de distribuição constante, ao abrirmos ou fecharmos a torneira, iremos variar a velocidade média do escoamento.

Através do tubo (33) e da válvula (34) (figura 3.18), lançaremos permanganato de potássio no tubo de vidro (24), onde visualizaremos os tipos de escoamentos incompressíveis, como mostra a figura 3.18.

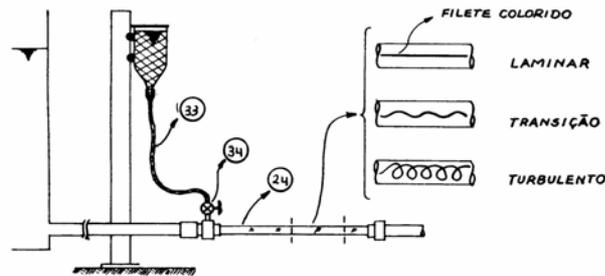


Figura 3.18

Ao abrirmos um pouco a torneira (28), notamos através do tubo transparente, que o permanganato de potássio irá formar um filete contínuo, que caracteriza o escoamento laminar. Ao continuarmos abrindo a torneira (28), o filete começará a ondular caracterizando o escoamento de transição. Quando a perturbação tornar-se mais intensa, teremos o escoamento turbulento.

Reynolds observou que o fenômeno ensaiado, dependia das seguintes variáveis:

- ρ - massa específica do fluido;
- v - velocidade média do escoamento;
- D - diâmetro interno da tubulação;
- μ - viscosidade do fluido.

Através da **análise adimensional**, com demonstraremos na **unidade 4**, ele obteve o chamado **número de Reynolds** (Re) e estabeleceu:

- para $Re \leq 2000$ - escoamento laminar;
- para $2000 < Re < 2400$ - escoamento de transição;
- para $Re \geq 2400$ - escoamento turbulento.

Para comprovação do observado por Reynolds, devemos determinar inicialmente a vazão do escoamento. Esta determinação será feita através da torneira (28), ou seja, cronometrando-se o tempo gasto para se recolher um certo volume d'água num tubo graduado, como mostra a figura 3.19.



Figura 3.19

$$Q = \frac{V}{t}, \text{ onde :}$$

V - volume recolhido na proveta graduada

t - tempo cronometrado para se recolher o volume v.

Através da vazão (Q) e pela equação da continuidade, calculamos a velocidade média do escoamento na seção transversal do tubo de vidro transparente (24), onde o seu diâmetro interno é igual a 10 mm.

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi D^2}$$

Com a velocidade média do escoamento na seção transversal do tubo de vidro transparente (24) e realizado com a água a 20°C, onde temos sua viscosidade cinemática igual aproximadamente a $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, calculamos o número de Reynolds.

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu}$$

Nota: Para minimizar os erros de leitura para cada posição da torneira (28) foram obtidos 4 pares de dados como mostra a tabela 3.4.

**Quando não existem
mais momentos mágicos
o encanto acabou.**

**Como a luz do dia
deu lugar a sombra
de uma noite sem luar.**

**É hora de partir
em busca de um novo sonhar
só para a vida continuar.**

Raimundo Ferreira Ignácio

Tabela de Dados					
Ensaio	V	t	Q	$\Sigma \frac{Q}{4}$	Tipo de escoamento visualizado
	ml	s	ml/s	ml/s	
1	37,5	10	3,8	3,8	<i>Laminar</i>
	38,8	10	3,9		
	36,9	10	3,7		
	37,6	10	3,8		
2	100,8	12	8,4	8,5	<i>Laminar</i>
	102,7	12	8,6		
	101,6	12	8,5		
	104,5	12	8,7		
3	220,7	15	14,7	14,9	<i>Laminar</i>
	224,8	15	15,0		
	225,9	15	15,1		
	222,8	15	14,9		
4	170,2	10	17,0	17,1	<i>Transição</i>
	171,8	10	17,2		
	170,9	10	17,1		
	171,8	10	17,2		
5	215,2	12	17,9	17,9	<i>Transição</i>
	215,3	12	17,9		
	214,6	12	17,9		
	214,8	12	17,9		
6	275,8	15	18,4	18,3	<i>Transição</i>
	274,9	15	18,3		
	275,2	15	18,3		
	274,2	15	18,3		
7	208,2	10	20,8	20,8	<i>Transição</i>
	207,8	10	20,8		
	208,4	10	20,8		
	207,6	10	20,8		
8	301,8	12	25,2	25,2	<i>Transição</i>
	302,2	12	25,2		
	301,5	12	25,1		
	302,1	12	25,2		
9	668,2	10	66,8	67,1	<i>Turbulento</i>
	668,6	10	66,9		
	667,9	10	66,8		
	680,1	10	68,0		
10	4810,2	35	137,4	137,4	<i>Turbulento</i>
	4808,8	35	137,4		
	4810,6	35	137,4		
	4809,2	35	137,4		

Tabela 3.4

Através da tabela de dados, tabela 3.4, podemos elaborar a tabela de resultados, cujo modelo é representado pela tabela 3.5.

Ensaio	Qm	V	R _e	Tipo de Escoamento	Tipo de Escoamento
	M ³ /s	m/s	F ^o L ^o T ^o	Pelos Cálculos	Visualizado
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Tabela 3.5

Após os resultados obtidos pela tabela 3.5, procuramos constatar que a classificação adotada hoje pela ABNT e mais coerente com o observado em laboratório.

