



UNIVATES

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**TRABALHO PRÁTICO SOBRE ESCOAMENTO E FATOR DE
ATRITO EM TUBULAÇÕES**

Bernardo Vinicius Purper

Carlos Eduardo Rech

Douglas Felipe Diefenthäler

Hilário Weber

Luis Alberto Menezes

Luis Guilherme Seidel

Samuel Henrique Schneider

Lajeado, Junho de 2015

Bernardo Vinicius Purper
Carlos Eduardo Rech
Douglas Felipe Diefenthaler
Hilário Weber
Luis Alberto Menezes
Luis Guilherme Seidel
Samuel Henrique Schneider

TRABALHO PRÁTICO SOBRE ESCOAMENTO E FATOR DE ATRITO EM TUBULAÇÕES

Trabalho prático realizado na disciplina de Mecânica de Fluídos, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da terceira nota da disciplina.

Professor: M.Sc. Lober Hermany

Lajeado, Junho de 2015

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores para vazão e pressão em tubulação rugosa com $\varnothing = 3/4$ de polegada	9
Tabela 2 - Valores para vazão e pressão em tubulação lisa com $\varnothing = 3/4$ de polegada	12
Tabela 3 - Valores para vazão e pressão em tubulação lisa com $\varnothing = 1/2$ polegada	13

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico do fator de Atrito	10
Figura 2 - Uso de corante para verificação do tipo de escoamento no tubo	11

SUMÁRIO

1. OBJETIVO.....	6
2. METODOLOGIA.....	7
3. CARACTERÍSTICAS.....	8
4. DESENVOLVIMENTO.....	9
5. CARACTERÍSTICA DO EXPERIMENTO.....	11
5.1. Etapa 1 – Determinação do número de Reynolds.....	11
5.2. Etapa 2 - Perda de Carga num tubo liso com $\varnothing = \frac{3}{4}$ de polegada.....	12
5.3. Etapa 3 - Perda de Carga num tubo liso $\varnothing = \frac{1}{2}$ polegada.....	13
6. RESULTADOS	14
7. CONCLUSÃO.....	15

1. OBJETIVO

Realizar um experimento para determinar, por meio de cálculos, a relação entre a vazão de escoamento e o fator de atrito da tubulação, utilizando, no ensaio, de equipamentos como hidrômetro, medidor de pressão, bomba, tubulações e válvulas, e comparando os resultados obtidos com os valores tabelados no diagrama de Moody.

2. METODOLOGIA

Foram realizadas nove medições de vazão e diferencial de pressão numa tubulação de diâmetro e comprimento conhecidos, porém com rugosidade desconhecida e, também, uma medição em tubulações lisas, a primeira com o mesmo diâmetro e a segunda com diâmetro diferente da primeira. Assim foram tabelados os valores encontrados e aplicadas as fórmulas estudadas nesta disciplina afim de plotar os valores no gráfico (número de Reynolds x Fator de atrito) e, por fim, validar os valores encontrados àqueles estudados em aula.

3. CARACTERÍSTICAS

- Fluido: Água
- Massa específica da água: aproximadamente 1000 kg/m^3 (quilogramas por metro cúbico)
- Temperatura do experimento: temperatura ambiente (17°Celsius)
- Comprimento da tubulação: 1128 milímetros
- Diâmetro do tubo 1: $\frac{3}{4}$ de polegada
- Diâmetro do tubo 2: $\frac{3}{4}$ de polegada
- Diâmetro do tubo 3: $\frac{1}{2}$ de polegada
- Superfície interna do tubo 1: Rugosa
- Superfície interna do tubo 2: Lisa
- Superfície interna do tubo 3: Lisa
- Medidor de vazão: Hidrômetro analógico da marca LAO com vazão de $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (metros cúbicos por hora) e vazão mínima de $0,030 \text{ m}^3/\text{h}$ (metros cúbicos por hora).
- Medidor de Pressão: digital, resolução 0,1 psi
- Bomba de água e acessórios, conforme modelo do equipamento.

4. DESENVOLVIMENTO

Para preparar o experimento foram realizados ajustes nas válvulas e conexões do equipamento, acionado a bomba de água e realizado a primeira medição de vazão, com um cronômetro e lendo no relógio de vazão o apontamento de 10 litros em “x” tempo (segundos), marca na qual o cronômetro parava; em seguida foi realizado a inversão das válvulas direcionando o fluxo do fluido para a tubulação (diâmetro $\frac{3}{4}$ de polegada – rugosa) e foi coletado a leitura do gradiente de pressão desta tubulação. Os dados encontrados foram tabelados e o procedimento foi repetido para as nove vazões estabelecidas.

Logo após foi calculado o número de Reynoldse, também a perda de carga, para posteriormente encontrar a velocidade média e fator de Atrito desta tubulação.

Q	tempo	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re	Δp (psi)	Δp (Pa)	ρ	g	H	Fator de Atrito
10	10,3	0,000971	3,406575	64895,25	2,3	15857,95	1000	9,81	1,616508	0,04615588
10	10,21	0,000979	3,436603	65467,29	2	13789,52	1000	9,81	1,40566	0,039437214
10	10,78	0,000928	3,25489	62005,66	1,8	12410,57	1000	9,81	1,265094	0,039567151
10	11,94	0,000838	2,93867	55981,66	1,3	8963,188	1000	9,81	0,913679	0,035057162
10	13,03	0,000767	2,692841	51298,62	1	6894,76	1000	9,81	0,70283	0,032115418
10	14,38	0,000695	2,440036	46482,69	0,8	5515,808	1000	9,81	0,562264	0,031291941
10	15,5	0,000645	2,263724	43123,94	0,6	4136,856	1000	9,81	0,421698	0,027267128
10	18,31	0,000546	1,916315	36505,79	0,4	2757,904	1000	9,81	0,281132	0,025366551
10	24,31	0,000411	1,443345	27495,72	0,2	1378,952	1000	9,81	0,140566	0,022357573

Tabela 1 - Valores para vazão e pressão em tubulação com $\varnothing = \frac{3}{4}$ de polegada

$$H_l = f \cdot \frac{l \cdot \bar{V}^2}{D \cdot 2g}$$

$$\frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = H_l$$

Onde

H_l = perda de carga

f = fator de atrito

l = comprimento do tubo

\bar{V} = velocidade do fluido

D = diametro da tubulação

g = aceleração da gravidade

Os valores do número de Reynolds e do fator de atrito foram usados para elaboração do gráfico ilustrado na Figura 1, através do qual se observou um comportamento semelhante ao tabelado no diagrama de Moody.

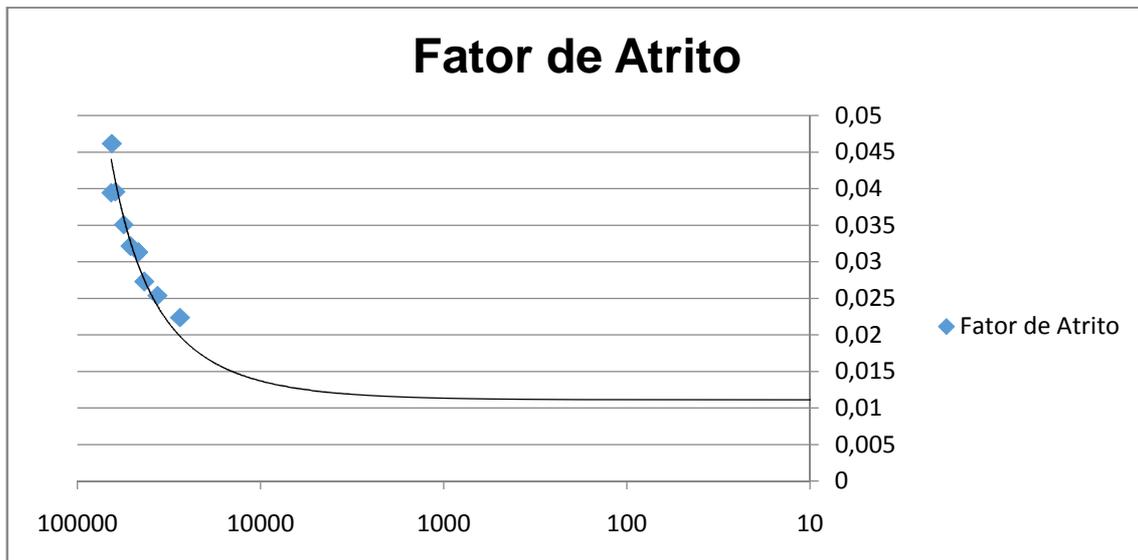


Figura 1 - Gráfico do fator de Atrito

5. CARACTERÍSTICA DO EXPERIMENTO

5.1. Etapa 1 – Determinação do número de Reynolds

Ao injetar um corante azul na tubulação observou-se que o escoamento tem regime turbulento nessa tubulação, com número de Reynolds maior que 2000, conforme demonstrado na figura 02. Para conseguir um escoamento em regime laminar, foi necessário regular a vazão em $0,053 \text{ m}^3/\text{s}$ (metros cúbicos por segundo) e, assim o número de Reynolds foi igual a 1012.



Figura 2 - Uso de corante para verificação do regime do escoamento no tubo.

5.2. Etapa 2 - Perda de Carga num tubo liso com $\varnothing = \frac{3}{4}$ de polegada

Para determinar a perda de carga num tubo liso, foi aplicado o mesmo procedimento e, assim, coletadas as informações e calculados o número Reynolds e perda de Carga. Após os valores calculados para o diferencial de pressão e número de Reynolds foram comparados com os do diagrama de Moody.

Q	tempo	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re	Δp (psi)	Δp (Pa)	ρ	g	h	Fator de Atrito
10	9,88	0,001012	3,551389	67.654	1,5	10342,14	1000	9,81	1,054245	0,027696819

Tabela 2 - Valores para vazão e pressão em tubulação lisa com $\varnothing = \frac{3}{4}$ de polegada

Onde

$$H_f = 0,742243$$

$$f = 0,0195$$

$$l = 1,128$$

$$\bar{V} = 3,551389$$

$$D = 0,01905$$

$$g = 9,81$$

$$\Delta p = 7281,404$$

Observou-se que o diferencial de pressão Δp (Pa) encontrado no experimento, divergiu ao valor calculado pelo diagrama de Moody. A causa da divergência pode ter ocorrido por fatores como o tubo não ser totalmente liso, com rugosidades que ocasionam atritos, possibilidade de ter variações no medidor de vazão, alteração da massa específica do fluido devido a contaminação, erro de medição dos instrumentos, maiores perdas de carga devido as válvulas e curvas.

5.3. Etapa 3 - Perda de Carga num tubo liso $\varnothing = \frac{1}{2}$ polegada

Para a perda de carga num tubo liso foi aplicado o mesmo procedimento e coletado as informações e aplicado formulas de Reynolds e cálculo de perda de Carga; e foi comparado valores obtidos do diferencial de pressão Δp com valores encontrados pelo diagrama de Moody.

Q	tempo	Q (m3/s)	V (m/s)	Re	Δp (psi)	Δp (Pa)	ρ	g	h	Fator de Atrito
10	9,88	0,001012	7,994033	101.524	3,9	26889,56	1000	9,81	2,741036	0,009475

Tabela 3 - Valores para vazão e pressão em tubulação lisa com $\varnothing = \frac{1}{2}$ polegada.

Onde

$$H_f = 4,48045$$

$$f = 0,0155$$

$$l = 1,128$$

$$\bar{V} = 7,994033$$

$$D = 0,0127$$

$$g = 9,81$$

$$\Delta p = 43988,48$$

6. RESULTADOS

Observou se que

- De acordo com o gráfico da figura 01, quanto maior for o número de Reynolds, maior será o fator de atrito.
- Quanto maior a rugosidade do tubo, maior o fator de atrito.
- A perda de carga para uma situação de mesma vazão(Q), porém com diâmetros diferentes, conforme as etapas 2 e 3, é maior no tubo de menor diâmetro.

7. CONCLUSÃO

Em vista dos resultados apresentados, leva-se a acreditar que o fator de atrito está intimamente ligado ao número de Reynolds e a velocidade de escoamento, visto que o aumento da turbulência na tubulação assim como a rugosidade e velocidade do escoamento, causam a elevação do fator de atrito.

Já a perda de carga aumenta com a diminuição do diâmetro tubular e diminui com a redução da velocidade e número de Reynolds. Assim, para conseguirmos o uma tubulação com um escoamento mais eficiente, ou seja, com menor perda de carga, para os diversos fins de transporte de líquidos, devemos diminuir o fator de atrito ao máximo, usando tubulações lisas com o menor número de falhas, válvulas e curvas ou junções.