Curso Básico

de

Mecânica dos Fluidos

Unidade 3

Raimundo Ferreira Ignácio

Unidade 3 - Conceitos Básicos para o Estudo dos Escoamentos Incompressíveis em Regime Permanente

Objetivos -

1. Evocar o conceito de escoamento incompressível
2. Mencionar aplicações práticas dos escoamentos incompressíveis
3. Mencionar o porque da condição de regime permanente
4. Introduzir o conceito de escoamento em regime permanente
5. Mencionar a classificação básica dos condutos
6. Evocar os conceitos básicos de vazão
7. Mencionar uma das maneiras possíveis de dimensionar uma tubulação
8. Introduzir o cálculo da velocidade média do escoamento
9. Evocar a classificação dos escoamentos incompressíveis
10. Introduzir o conceito de diâmetro hidráulico e raio hidráulico
11. Introduzir a equação da continuidade ou da conservação de massa
12. Mostrar dois exemplos práticos, um para determinação da vazão, outro para determinação do raio hidráulico em condutos livres
13. Introduzir uma bancada básica para o laboratório de mecânica dos fluidos
14. Simular a experiência de Reynolds
15. Propor a terceira e quarta experiências

Sumário -

3.1 Introdução
3.2 Conceito de escoamento em regime permanente
3.3 Classificação básica dos condutos
3.4 Conceitos básicos de vazão
3.4.1 Conceito de vazão em volume - Q
3.4.2 Conceito de vazão em massa - Qm
3.4.3 Conceito de vazão em peso - Q_G
3.5 Relação entre Q_G, Qm e Q
3.6 Dimensionamento de uma tubulação
3.7 Unidades de Q_G, Qm e Q
3.8 Cálculo da velocidade média
3.8.1 Expressão para cálculo da velocidade média
3.8.2 Cálculos práticos da velocidade média em condutos livres
3.9 Classificação dos escoamentos incompressíveis
3.10 Conceito de diâmetro hidráulico e raio hidráulico
3.11 Equação da continuidade ou conservação de massa para o escoamento em regime permanente
3.12 Simulação da experiência de Reynolds
3.13 Exercícios

3.13.1 Respostas dos exercícios
3.14 Experiências propostas
3.14.1 Medição direta de vazão
3.14.2 Experiência de Reynolds

Objetivos da primeira aula **da unidade 3:**

Evocar o conceito de escoamento considerado incompressível;

Mencionar alguns exemplos práticos deste tipo de escoamento;

Justificar porque neste curso básico só estudamos os escoamentos em regime permanente;

Introduzir o conceito do escoamento em regime permanente;

Mencionar as situações práticas onde o escoamento é considerado em regime permanente;

Especificar a classificação básica dos condutos;

Introduzir os conceitos básicos de vazão;

Estabelecer a relação entre a vazão em peso, vazão em massa e a vazão em volume;

Evocar as principais unidades de vazão.

3.1 Introdução

Um dado escoamento é considerado incompressível, quando para a variação de pressão observada ao longo do escoamento, tem-se uma variação de volume desprezível.

Considerando que neste tipo de escoamento existem variações pequenas de temperatura, pode-se afirmar que tanto a massa específica, como o peso específico, permanece constante ao longo do mesmo.

Enquadram-se neste tipo de escoamento os seguintes exemplos práticos:

- Instalações hidráulicas em geral
- Projetos de ar condicionado
- Projetos de ventilação
- Escoamento de gases perfeitos considerados isotérmicos e com velocidade inferiores a 70 m/s

A outra restrição imposta ao escoamento estudado é que o mesmo seja considerado em regime permanente.

Optou-se por esta nova restrição pelos seguintes motivos:

1ª - **Limitação da carga horária (120 horas)**, o que nos levou a optar por um curso, ainda que restrito, capaz de abordar conceitos que permitam a compreensão técnica dos fenômenos de mecânica dos fluidos e o desenvolvimento do projeto de uma instalação de recalque básica.

2ª - **Para o funcionamento adequado de um trecho de uma instalação hidráulica (figura 3.1) não se pode ter, nem acúmulo, nem falta de massa entre as duas seções consideradas**, esta situação é observada quando o escoamento em questão é considerado em regime permanente.

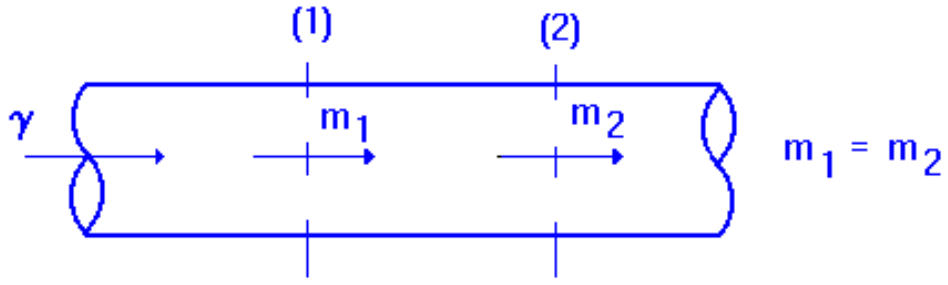

Figura 3.1

3.2 Conceito de Escoamento em Regime Permanente

Considerando-se a situação representada pela figura 3.2, tem-se o escoamento em regime permanente, quando as propriedades em uma dada seção do escoamento não se alteram com o decorrer do tempo.

Devemos observar que estas propriedades podem alterar-se de seção para seção.

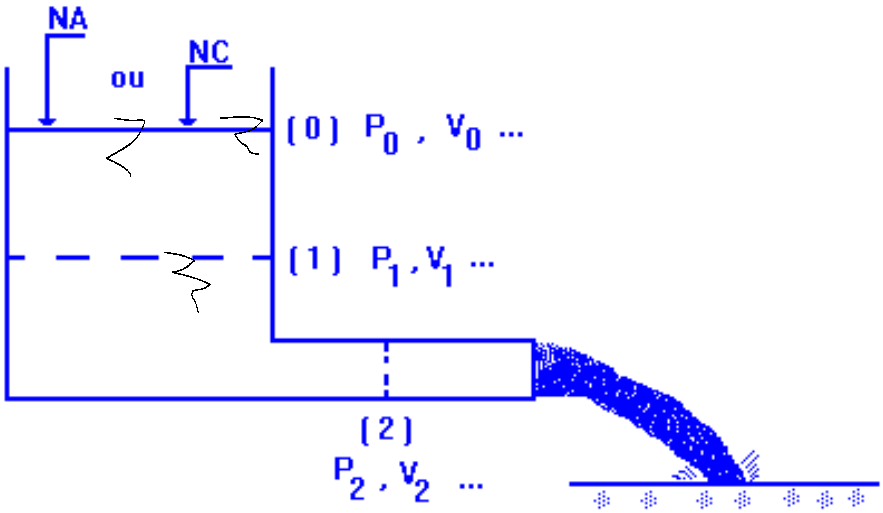

Figura 3.2

Pelo próprio conceito de escoamento em regime permanente, conclui-se que em se tratando de níveis de reservatórios, os mesmos devem permanecer constantes (NA ou NC) como condição para ocorrer este tipo de escoamento; isto na prática pode ser observado nas seguintes situações:

1ª - **Reservatórios de grandes dimensões** (mares, rios, lagos, represas, meio ambiente ...);

2ª - **Reservatórios de pequenas dimensões, porém a quantidade de fluido retirada é automaticamente reposta** (estabelece-se um nível e retira-se através de uma dada instalação a quantidade de fluido produzida, por exemplo por uma nascente).

3ª - **Reservatórios de pequenas dimensões, onde os níveis dos reservatórios variam em um certo intervalo de tempo** (escoamento em regime variado) **e dentro de certos limites.** Nesta situação, localiza-se a condição crítica e para a mesma impõe-se a condição de regime permanente, ou seja nível constante.

3.3 Classificação Básica dos Condutos

Os condutos podem ser classificados em:

- **Condutos forçados:** - são aqueles onde o fluido apresenta um contato total com suas paredes internas. A figura 3.3 mostra um dos exemplos mais comuns de conduto forçado, que é o de seção transversal circular.

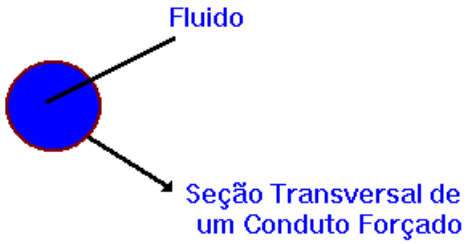

Figura 3.3

Nota: A seção transversal, representada pela figura 3.3, pode ser observada nas instalações prediais de água fria, nas instalações prediais de água quente, nas instalações para combate a incêndio, nas adutoras de redes de abastecimento d'água, etc. ...

- **Condutos livres:** são aqueles onde o fluido apresenta um contato apenas parcial com suas paredes internas. Neste tipo de conduto observa-se sempre uma superfície livre, onde o fluido está em contato com o ar atmosférico. Os condutos livres são geralmente denominados de **canais**, os quais podem ser abertos ou fechados, (respectivamente figura 3.4 a e 3.4 b)

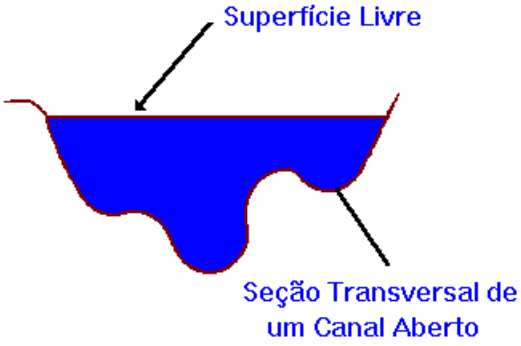

Figura - 3.4 a)

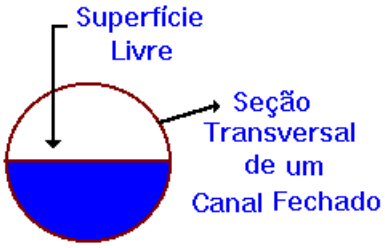

Figura 3.4 b)

Nota: Os canais podem ser observados em instalações de esgoto, estudo de drenagem, estudo de portos e rios, etc. ...

3.4 - Conceitos Básicos de Vazão

O conceito de vazão é fundamental praticamente para todos os estudos dos fluidos, seja para uma instalação hidráulica de abastecimento, seja para o estudo de drenagem, seja para o estudo de geração de energia através de turbina, para todos estes estudos o parâmetro inicial a ser conhecido é a vazão.

3.4.1 - Conceito de Vazão em Volume ou Simplesmente Vazão - Q

Vazão é a quantidade em volume de fluido que atravessa uma dada seção do escoamento por unidade de tempo.

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \text{equação 3.1}$$

onde : V - volume
t - Tempo

Nota: A determinação da vazão pode ser direta ou indireta; considera-se forma direta sempre que para a sua determinação recorremos a equação 3.1 e forma indireta quando recorremos a algum aparelho, como por exemplo Venturi, onde:
Q = cte $\sqrt{\Delta p}$, sendo Δp a variação de pressão entre duas seções do aparelho, respectivamente uma de área máxima e uma de área mínima.

3.4.2 Conceito de Vazão em Massa - Qm

Vazão em massa é a quantidade em massa do fluido que atravessa uma dada seção do escoamento por unidade de tempo.

$$Q_m = \frac{m}{t} \qquad \text{equação 3.2}$$

onde: m - Massa
t - Tempo

Nota: O conceito de vazão em massa é fundamental para o estudo de escoamentos onde a variação de temperatura não é desprezível.

3.4.3 - Conceito de Vazão em Peso - Q_G

Vazão em peso é a quantidade de peso do fluido que atravessa uma dada seção do escoamento por unidade de tempo.

$$Q_G = \frac{G}{t}$$ equação 3.3

onde: G - Peso
t - Tempo

3.5 - Relação entre Vazão em Peso (Q_G), Vazão em Massa (Qm) e Vazão em Volume (Q)

Para obtenção desta relação, evocamos os conceitos de peso específico ($\gamma = G/V$) e massa específica ($\rho = m/v$), através dos mesmos, obtemos a relação deseja.

$$Q_G = \frac{G}{t} = \frac{g \,.\, m}{t} = g \,.\, Qm$$

$$Qm = \frac{m}{t} = \frac{\rho \,.V}{t} = \rho \,.Q$$

$$Q_G = g \,.\, \rho \,.\, Q = \gamma \,.\, Q$$

3.6 - Unidades de Q_G, Q_m e Q

Para que possamos evocar as suas principais unidades, introduzimos inicialmente as suas equações dimensionais.

	Q_G	Q_m	Q
Equação dimensional	FT^{-1}	$FL^{-1}T$ ou MT^{-1}	L^3T^{-1}

Conhecendo-se as equações dimensionais, podemos estabelecer as suas principais unidades, por exemplo:

	SI	MK*S	CGS
Q_G	N/s	Kgf/s	dina/s
Q_m	kg/s	utm/s	g/s
Q	m^3/s	m^3/s	cm^3/s