

Objetivos da terceira aula da unidade 3:

Avaliar a solução do exercício 3.13.2;

Estabelecer a classificação dos escoamentos incompressíveis;

Introduzir o número de Reynolds para obtenção da classificação dos escoamentos incompressíveis;

Mencionar a limitação inicial do número de Reynolds;

Conceituar, tanto o diâmetro hidráulico como o raio hidráulico;

Resolver os exercícios 3.13.5 e 3.13.7;

Propor os exercícios 3.13.8, 3.13.9 e 3.13.10.

3.9 - Classificação dos Escoamentos Incompressíveis

A classificação dos escoamentos incompressíveis é obtida em função do deslocamento transversal de massa e pode ser a seguinte :

- **laminar** → deslocamento transversal de massa desprezível, o que implica dizer que o escoamento se dá em lâminas, onde temos predominância das forças viscosas.
- **turbulento** → o deslocamento transversal de massa é predominante e o escoamento se dá em turbilhões, onde a força viscosa é desprezível em relação à força de inércia.
- **transição** → que representa a passagem do escoamento laminar para o turbulento ou vice-versa.

A classificação do escoamento incompressível é fundamental para o seu estudo e pode ser obtida através do número adimensional denominado de **número de Reynolds**, que é representado pela equação 3.13.

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad \text{equação 3.13}$$

Através das experiências realizadas por Reynolds, este estabeleceu que:

$$R_e \leq 2000 \rightarrow \text{tem-se o escoamento laminar};$$

$$2000 < R_e < 2400 \rightarrow \text{tem-se o escoamento de transição};$$

$$R_e \geq 2400 \rightarrow \text{tem-se o escoamento turbulento}.$$

A classificação atual estabelecida pela ABNT difere um pouco da estabelecida por Reynolds e é a seguinte :

$$R_e \leq 2000 \rightarrow \text{escoamento laminar};$$

$$2000 < R_e < 4000 \rightarrow \text{escoamento de transição};$$

$$R_e \geq 4000 \rightarrow \text{escoamento turbulento}.$$

Por outro lado, devemos salientar que a equação 3.13 apresenta a restrição de ser válida somente para um **conduto forçado de seção transversal circular**.

3.10 - Conceito de diâmetro hidráulico (D_H) e raio hidráulico (R_H)

Os conceitos de diâmetro hidráulico e raio hidráulico além de generalizar as informações obtidas por Reynolds, são fundamentais para a determinação de vazão em canais como mostraremos mais adiante.

Para generalizar o número de Reynolds estabelecido inicialmente para um conduto forçado de seção transversal circular, introduz-se o conceito de **diâmetro hidráulico** (D_H), que para o conduto nas condições descritas anteriormente é igual ao diâmetro interno, mas que pode ser definido, tanto para o conduto forçado, como para o conduto livre e para qualquer tipo de seção transversal.

Imbuído deste objetivo, definiu-se o **diâmetro hidráulico** da seguinte forma:

$$D_H = 4 \times \frac{\text{Área da Seção Formada pelo Fluido (A)}}{\text{Perímetro Molhado (} \sigma \text{)}}$$

onde se considera como perímetro molhado o perímetro formado pelo contato de fluido com superfície sólida.

$$D_H = \frac{4xA}{\sigma} \quad \text{equação 3.14}$$

Consideremos os seguintes exemplos:

1º) Conduto forçado de seção transversal circular de diâmetro interno igual a D.

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

$$\sigma = \pi D$$

$$D_H = 4 \times \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{1}{\pi D} \quad \therefore \quad D_H = D$$

Através deste exemplo, podemos generalizar o número de Reynolds, como é mostrado:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_H}{\mu} = \frac{v \cdot D_H}{\nu} \quad \text{equação 3.15}$$

2º) Canal aberto com seção transversal retangular com dimensões mostradas na figura 3.10.

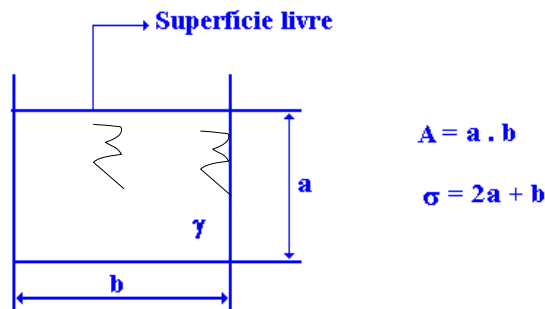


Figura 3.10

$$D_H = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2a + b} \rightarrow \text{após definir o diâmetro hidráulico para o canal, pode-se calcular o seu número de Reynolds.}$$

Após a conceituação do diâmetro hidráulico, definiu-se o **raio hidráulico** (R_H), mostrado pela equação 3.16 a seguir.

$$R_H = \frac{D_H}{4}$$

equação 3.16

Nota: A fotos a seguir procuram mostrar os escoamentos (laminar e turbulento) no laboratório

