

### 3- FUNDAMENTOS DA CINEMÁTICA DOS FLUIDOS

#### 3.1- Escoamento

É a mudança de forma do fluido sob a ação de um esforço tangencial.

a) **Cinemática dos Fluidos:** estuda o escoamento de líquidos e gases sem considerar as suas causas.

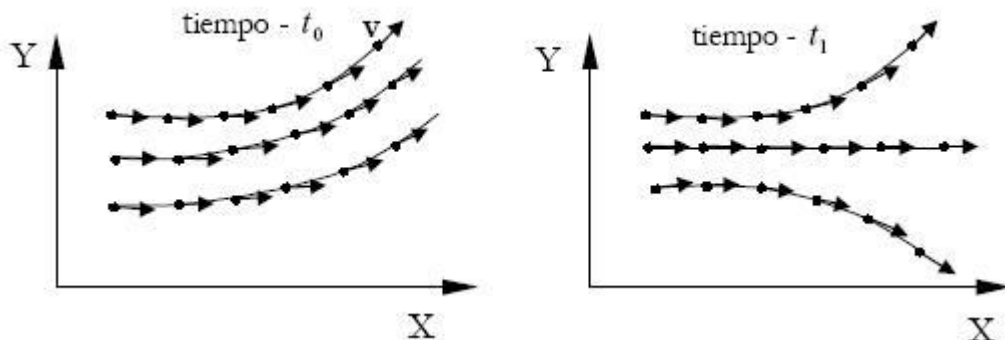
b) **Corrente fluida:** escoamento orientado do fluido, isto é, o seu deslocamento com direção e sentido bem determinados.

#### c) **Métodos de estudo em escoamento:**

- **Lagrange:** observador móvel (acompanha a partícula fluida)  $\Rightarrow$  dificuldade em aplicações práticas.

- **Euler:** observador fixo  $\Rightarrow$  preferido para estudar o movimento das partículas.

d) **Linhas de corrente:** é uma curva imaginária tomada através do fluido, para indicar a direção da velocidade em diversos pontos.



Essas linhas não podem cortar-se, pois se isso existisse, a partícula que estivesse no ponto de intersecção das linhas de corrente, teria velocidades diferentes ao mesmo tempo, o que não é possível.

#### 3.2- Classificação do escoamento

##### 3.2.1- Quanto à dimensão

a) **Unidimensional:** escoamento cujas características e propriedades podem ser expressas em função do tempo e de apenas uma coordenada espacial; na prática, pode ocorrer se:

- 1º) A variação da seção transversal de escoamento é gradual;
- 2º) As linhas de corrente são retilíneas ou de pequena curvatura;
- 3º) A curva de distribuição de velocidades é constante nas seções transversais da corrente.

**b) Bidimensional:** escoamento que pode ser definido por linhas de corrente contidas em um plano.

Ex.: Velocidade de uma partícula fluida de água que desce em uma cachoeira.

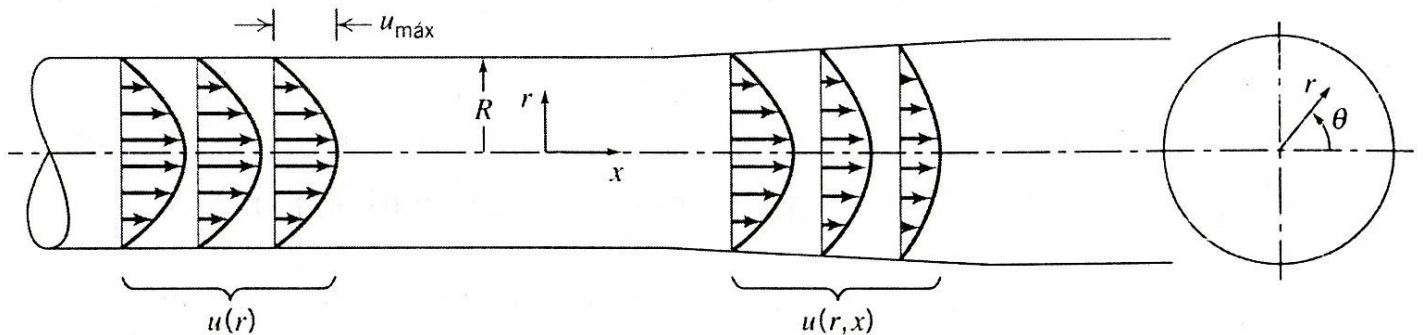


Fig. 2.2 Exemplos de escoamentos uni e bidimensionais.

(Figura - Fonte: FOX et al., 2006)

**c) Tridimensional:** as grandezas que interferem nesse escoamento em cada seção transversal do duto variam em três dimensões.

### 3.2.2- Quanto à variação com o tempo

**a) Escoamento Permanente (ou estacionário):** a velocidade e a pressão em um determinado ponto não variam com o tempo.

**b) Escoamento não-permanente (ou não-estacionário, ou transitório ou transiente):** a velocidade e a pressão em um determinado ponto variam com o tempo.

### 3.2.3- Quanto à direção na trajetória

**a) Uniforme:** todos os pontos da mesma trajetória têm a mesma velocidade; é um caso particular de um escoamento permanente.

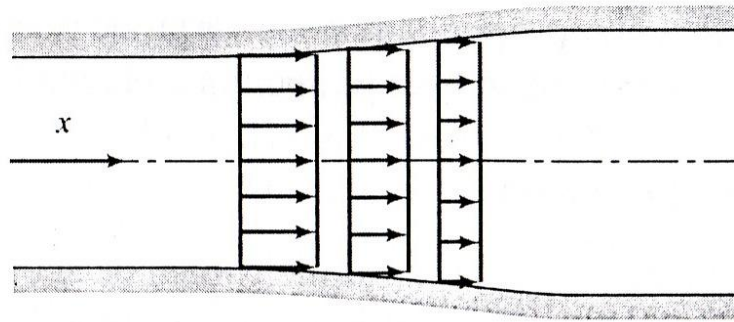


Fig. 2.3 Exemplo de escoamento uniforme em uma seção.

(Figura - Fonte: FOX et al., 2006)

b) **Variado:** os diversos pontos da mesma trajetória não apresentam velocidade constante no intervalo de tempo considerado.

### 3.2.4- Quanto à direção

a) **Escoamento laminar:** neste tipo de escoamento as partículas de fluido percorrem trajetórias paralelas; ocorrem geralmente em experiências de laboratório.

b) **Escoamento turbulento:** as trajetórias são curvilíneas e irregulares; na prática o escoamento de fluidos quase sempre é turbulento.

Para se verificar o regime de escoamento quanto à direção  $\Rightarrow$  nº de Reynolds (adimensional): relaciona forças inerciais com forças viscosas

**EXPERIMENTO DE REYNOLDS**  $\Rightarrow$  para se verificar e observar o regime de escoamento

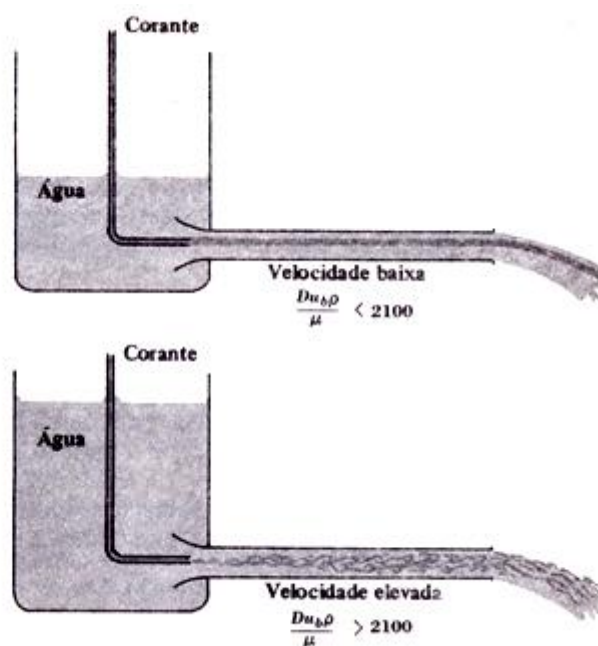


FIGURA 2-2  
Experiência de Reynolds

(Figura - Fonte: BENNETT e MYERS, 1978)

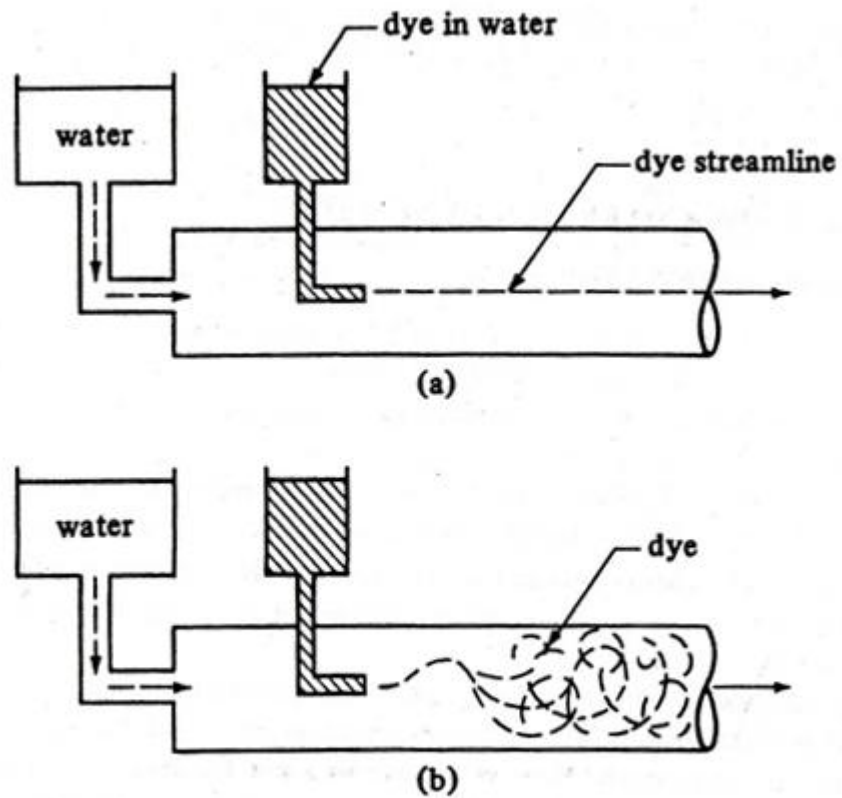
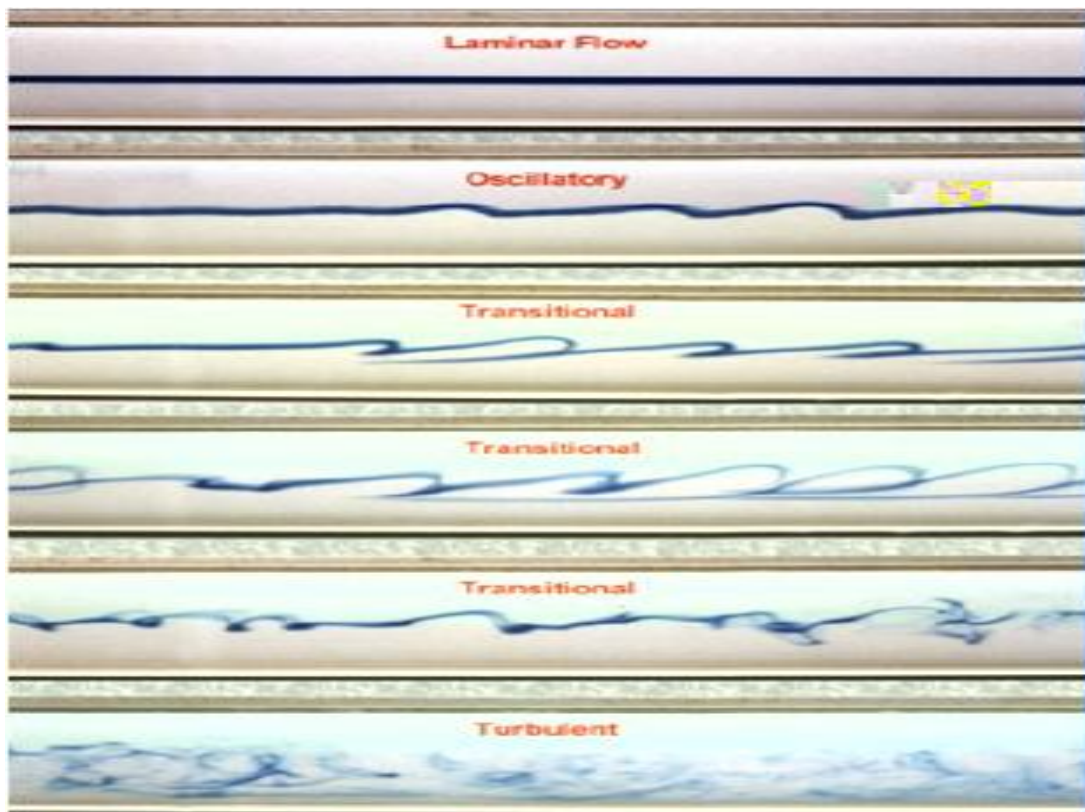


FIGURE 2.5-1. Reynolds' experiment for different types of flow: (a) laminar flow; (b) turbulent flow.

(Figura - Fonte: GEANKOPLIS, 2003)



### 3.3- Escoamento em regime laminar: obtenção de perfil de velocidade de escoamento

Uma aplicação imediata da definição de viscosidade para determinar o perfil de velocidade, pode ser observada ao se analisar as seguintes hipóteses simplificadoras no escoamento de um líquido em uma tubulação:

- |                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| 1) Tubo circular             | 6) Canalização horizontal |
| 2) Escoamento unidimensional | 7) Diâmetro constante     |
| 3) Regime estacionário       | 8) Escoamento laminar     |
| 4) Fluido newtoniano         | 9) Sem efeito de entrada  |
| 5) Fluido incompressível     | 10) Escoamento isotérmico |

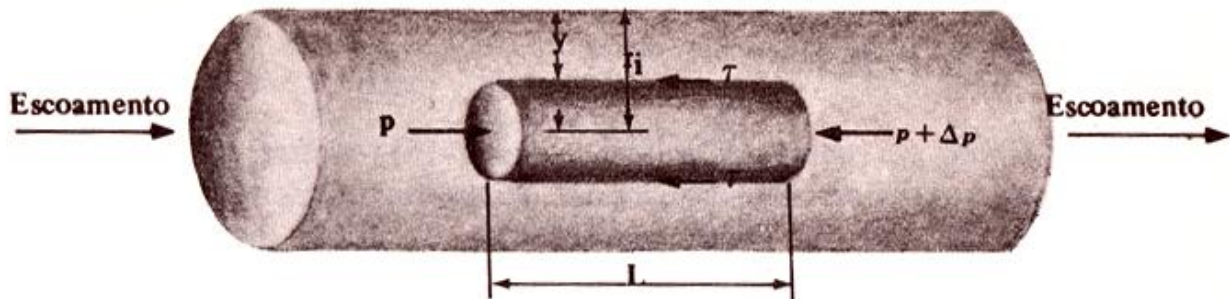


FIGURA 2-5  
Forças que agem sobre um elemento de fluido escoando no interior de uma tubulação circular

(Figura - Fonte: BENNETT e MYERS, 1978)

- Forças cisalhantes ⇒ contrárias ao movimento; deformação do elemento de fluido

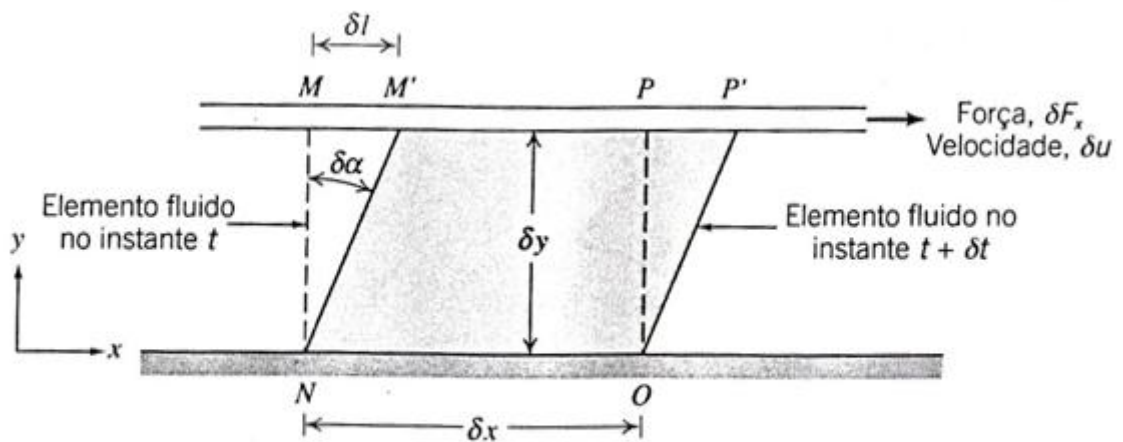
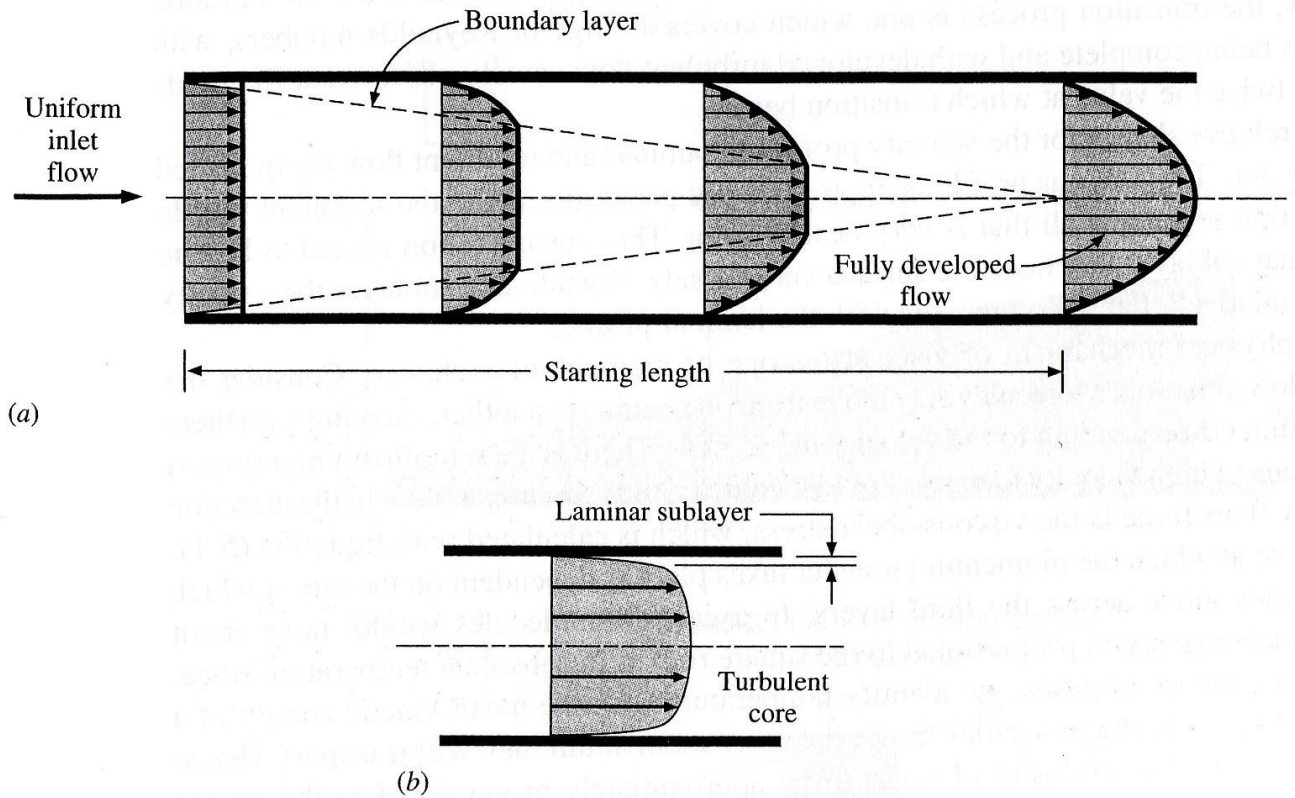


Fig. 2.7 Deformação de um elemento fluido.

(Figura - Fonte: FOX et al., 2006)

**Figure 5-3** | Velocity profile for (a) laminar flow in a tube and (b) turbulent tube flow.



(Figura - Fonte: HOLMAN, 2002)

**BIBLIOGRAFIA:**

BENNETT, C. O.; MYERS, J. E. *Fenômenos de Transporte de Quantidade de Movimento, Calor e Massa*. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

FOX, R. W.; McDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. *Introdução à Mecânica dos Fluidos*. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GEANKOPLIS, C. J. *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)*. 4ª ed., Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2003.

HOLMAN, J. P. *Heat Transfer*. 9ª ed., New York: McGraw-Hill, 2002.