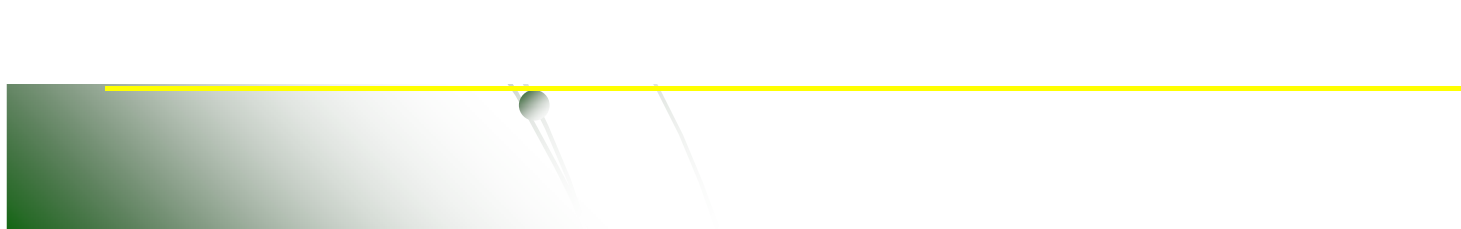


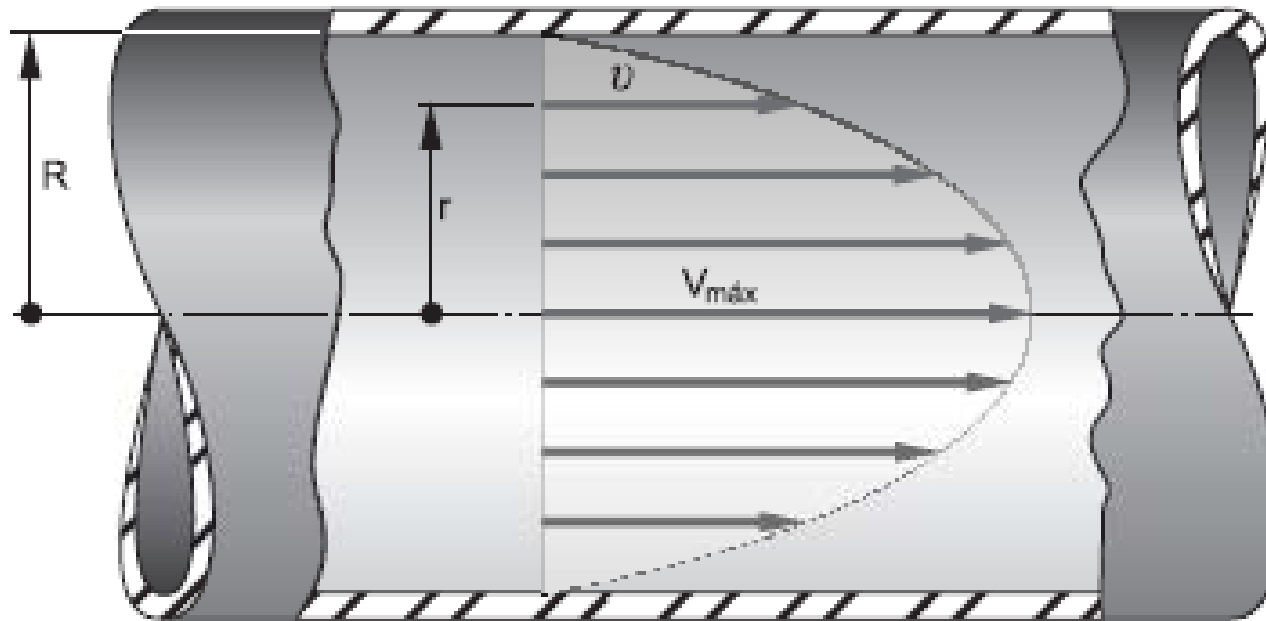
Regimes de escoamentos

Renato de Oliveira Fernandes

*Professor Assistente
Dep. de Construção Civil/URCA*



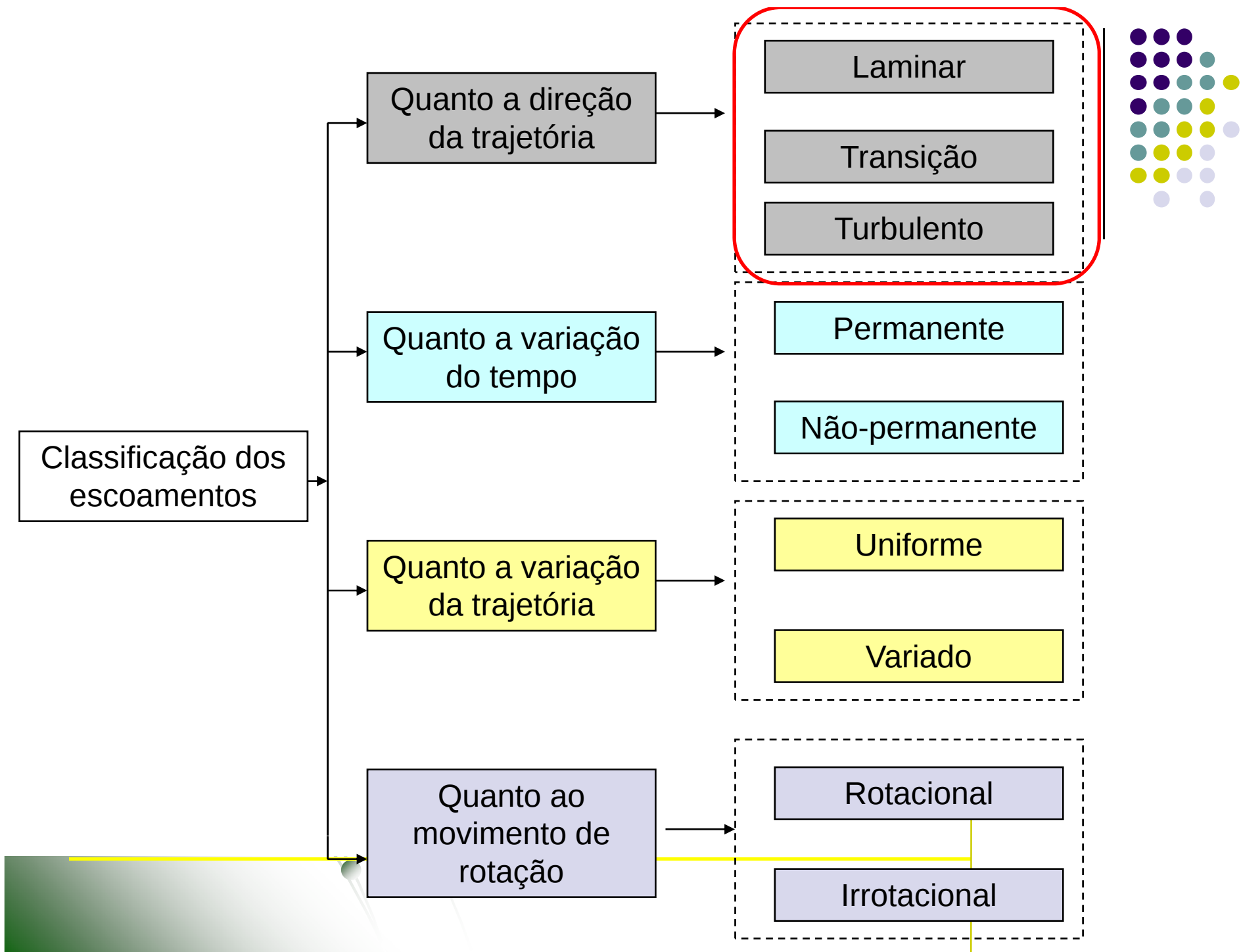
Distribuição de velocidade em um tubo



Fonte: Mecânica dos Fluidos – Sylvio Reynaldo Bistafa

$$Q = A \cdot V$$

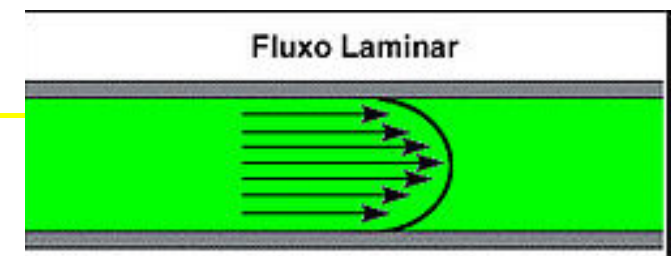
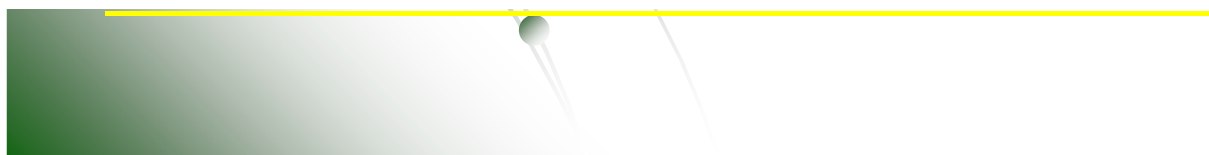
$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$



Quanto a direção da trajetória



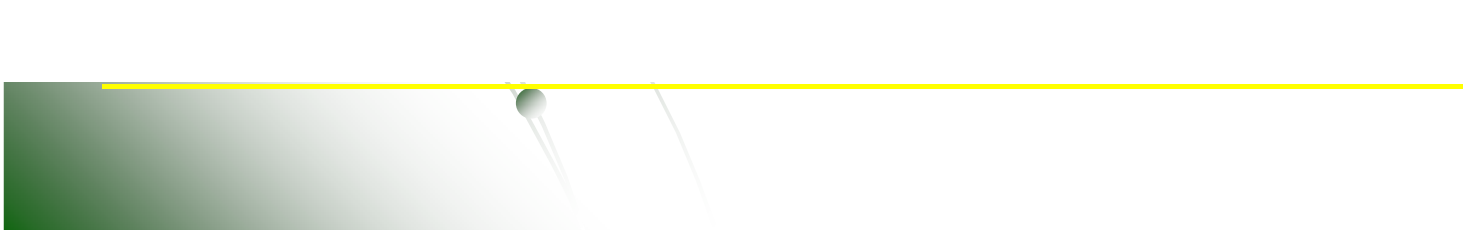
- **Escoamento Laminar**
- Ocorre quando as partículas de um fluido movem-se ao longo de trajetórias bem definidas, apresentando lâminas ou camadas, cada uma delas preservando sua característica no meio. No escoamento laminar a viscosidade age no fluido no sentido de amortecer a tendência de surgimento da turbulência.
- Este escoamento ocorre geralmente a baixas velocidades e em fluídos que apresentem grande viscosidade.





Quanto a direção da trajetória

- Escoamento Transição
 - Representa a passagem do escoamento laminar para o turbulento ou vice-versa.





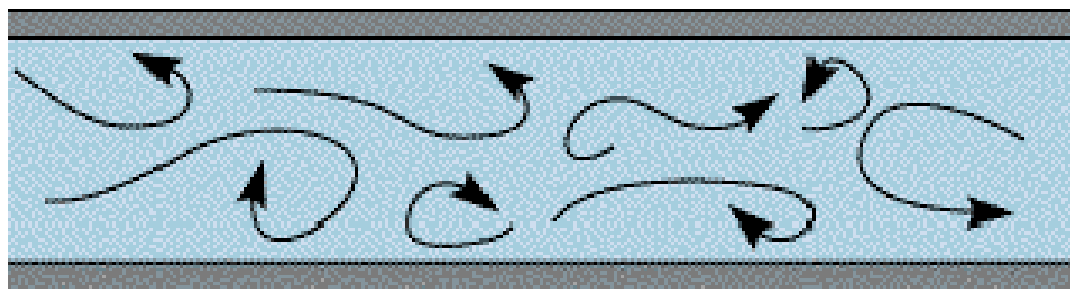
Quanto a direção da trajetória

- **Escoamento Turbulento**
 - Ocorre quando as partículas de um fluido não movem-se ao longo de trajetórias bem definidas, ou seja as partículas descrevem trajetórias irregulares
 - Este escoamento é comum na água, cuja a viscosidade é relativamente baixa.

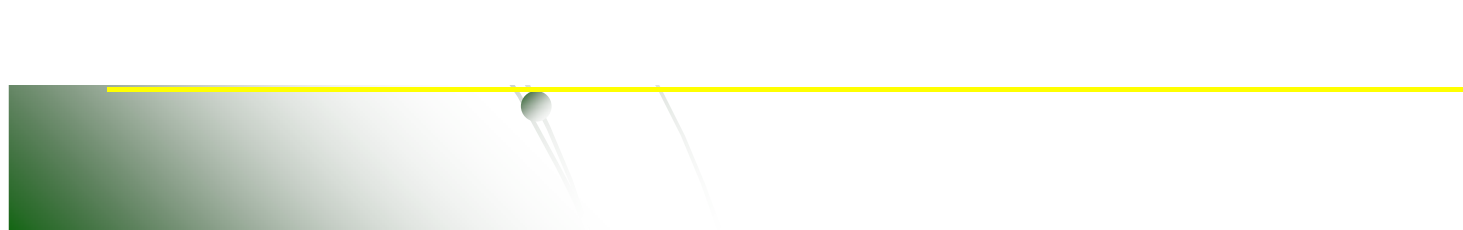
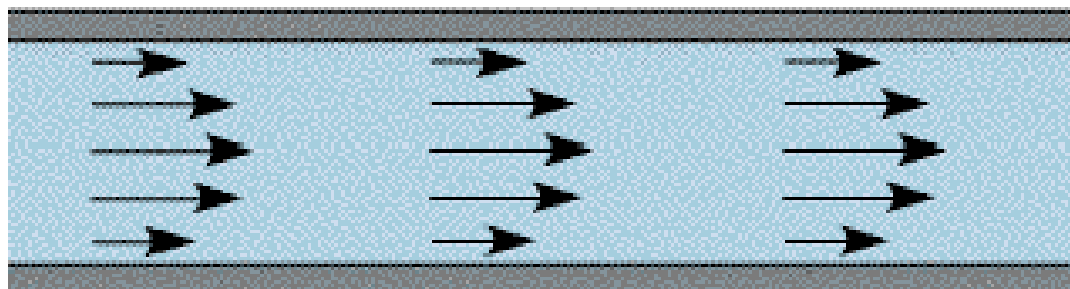


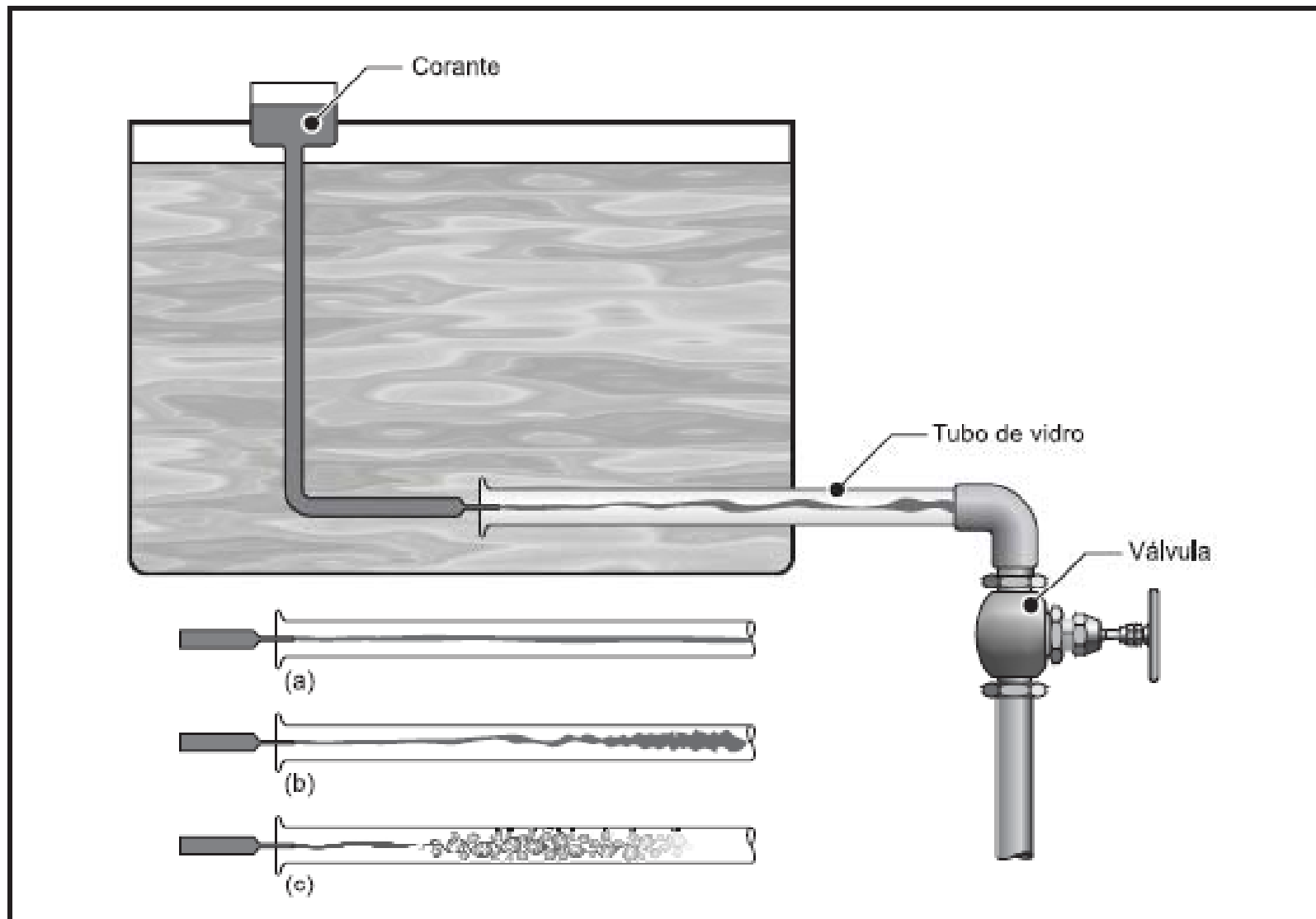


Escoamento Turbulento



Escoamento Laminar





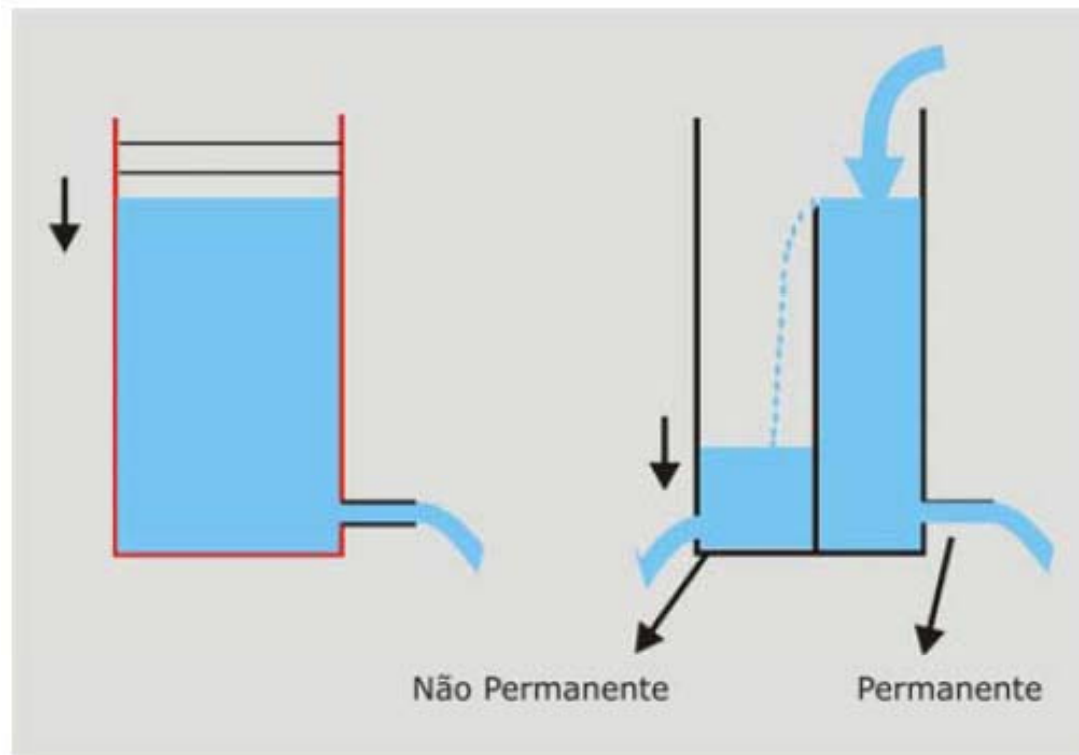


Quanto a variação do tempo

- **Permanente:** todas as propriedades e grandezas características do escoamento são constantes no tempo (vazão constante)
- **Não-permanente:** quando ao menos uma grandeza ou propriedade do fluido muda no decorrer do tempo



Quanto a variação do tempo



Quanto a variação da trajetória



- **Uniforme:** todos os pontos de uma mesma trajetória possuem a mesma velocidade (seção constante).
- **Variado:** os pontos de uma mesma trajetória não possuem a mesma velocidade.



Quanto ao movimento de rotação

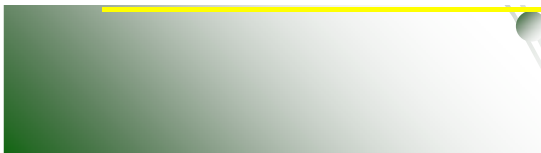


- **Rotacional:** quando as partículas desloca-se animada de velocidade angular em torno de seu centro de massa
- **Irrotacional:** quando as partículas se movimentam sem exibir movimento de rotação.





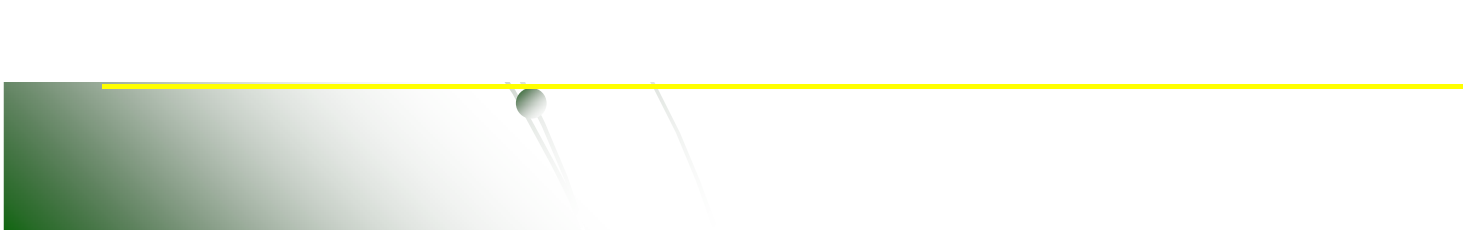
- Como determinar se o escoamento é laminar, de transição ou turbulento?
 - O cientista Osborne Reynolds nos respondeu essa pergunta!





Número de Reynolds

- O número de Reynolds (abreviado como Re) é um número adimensional usado em mecânica dos fluídos para o cálculo do regime de escoamento de determinado fluido dentro de um tubo ou sobre uma superfície.





Número de Reynolds

- Para escoamentos em dutos cilíndricos circulares, Reynolds determinou que há uma relação entre o diâmetro (D), a velocidade média (V) e a viscosidade cinemática (ν)
- **$Re = VD/\nu$**
 - viscosidade cinemática (ν) da água para a temperatura de 20 °C = $1,007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$



Número de Reynolds

- **Significado físico:** *é um quociente de forças: forças de inércia entre forças de viscosidade*
- $Re \leq 2000$ - *Laminar*
- $2000 < Re \leq 4000$ - *de Transição*
- $Re > 4000$ - *Turbulento*



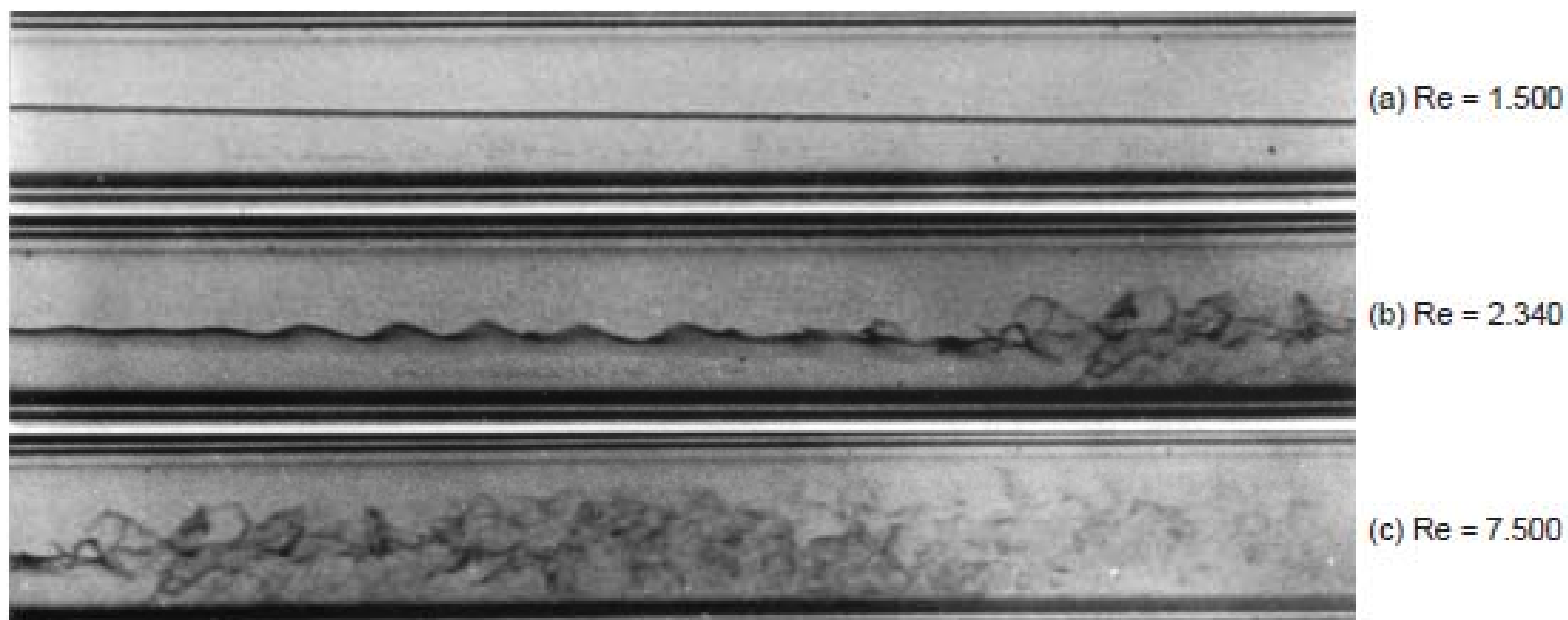
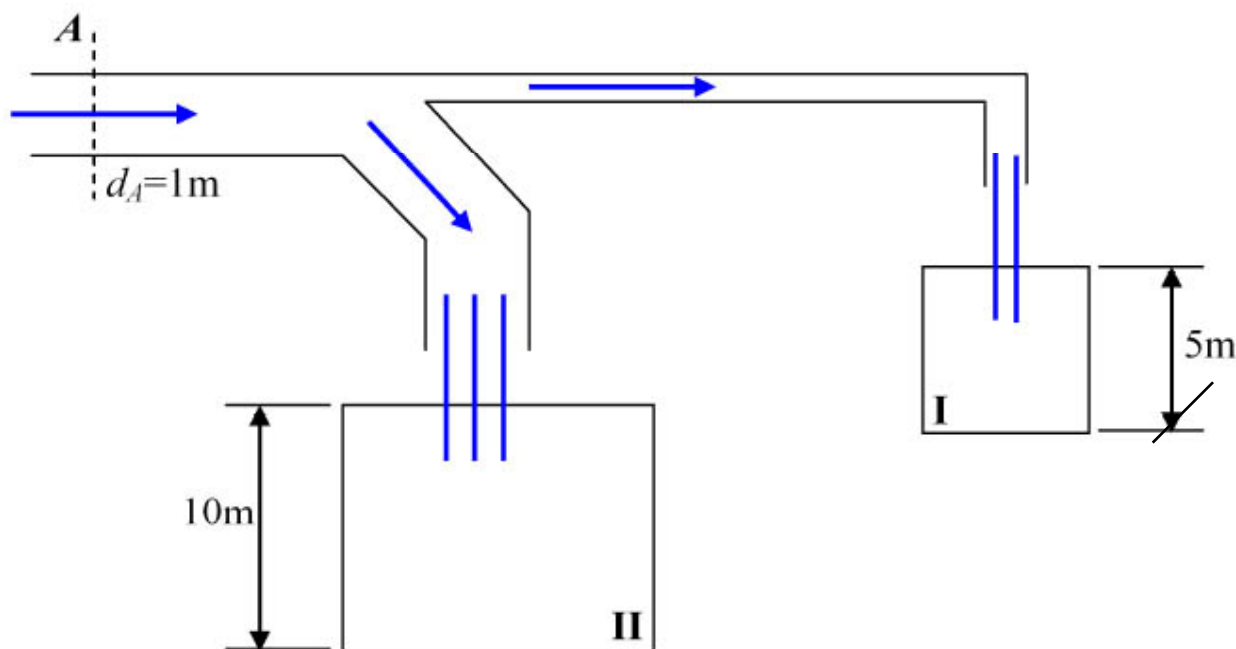


FIGURA 3.3 Tomadas fotográficas do escoamento de água com injeção de corante em duto com diâmetro interno de 14 mm nos regimes: (a) laminar, (b) de transição e (c) turbulento. Fonte: *Visualized Flow – Fluid motion in basic and engineering situations revealed by flow visualization*. Pergamon Press – The Japan Society of Mechanical Engineers, 1988



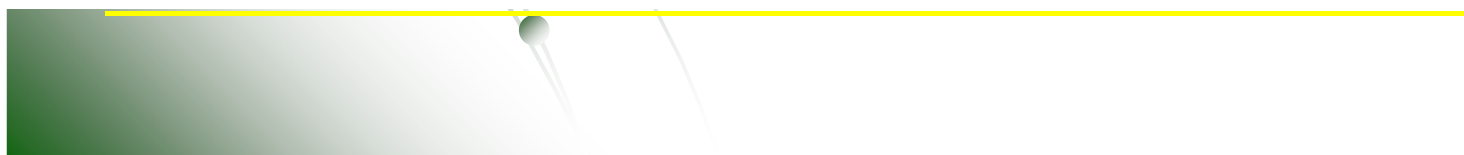
Exercício de revisão

- Os reservatórios cúbicos I e II são cheios em 100 s e 500 s respectivamente. Determine a velocidade em que a água passa na seção A e se o regime de escoamento nessa seção é turbulento ou laminar.





- Em um ensaio em uma adutora de 6" de diâmetro na qual a vazão era de 26,5 L/s foi medido a pressão em dois pontos A e B onde obteve-se valores de $68,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ e $20,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ respectivamente. Considerando que a diferença de cota entre A e B era de 30m e sendo a cota de A mais baixa em relação a B.
- Determine: a velocidade da água na tubulação, a cota piezométrica em A e B, o sentido de escoamento, o regime desse escoamento quanto a trajetória e a perda de carga no trecho A para B.





Líquido	Massa Específica - ρ (kg/m ³)	Peso Específico - γ (N/m ³)	Peso específico Relativo - γ_r
Água	1000	10000	1
Água do mar	1025	10250	1,025
Benzeno	879	8790	0,879
Gasolina	720	7200	0,720
Mercúrio	13600	136000	13,6
Óleo lubrificante	880	8800	0,880
Petróleo bruto	850	8500	0,850
Querosene	820	8200	0,820
Etanol	789	7890	0,789
Acetona	791	7910	0,791