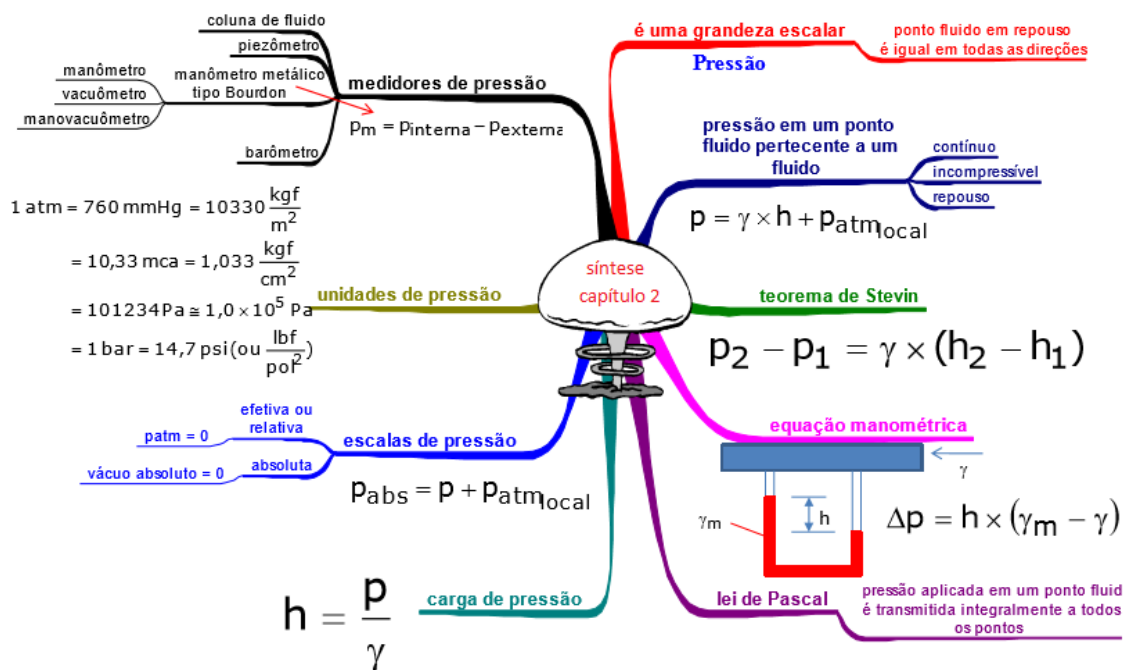




Assistam vídeos relacionados a este capítulo no canal do YouTube: Alemão MecFlu Resolve:

<https://www.youtube.com/channel/UC16aq2RQpiQ8XYEGbgw33cQ>

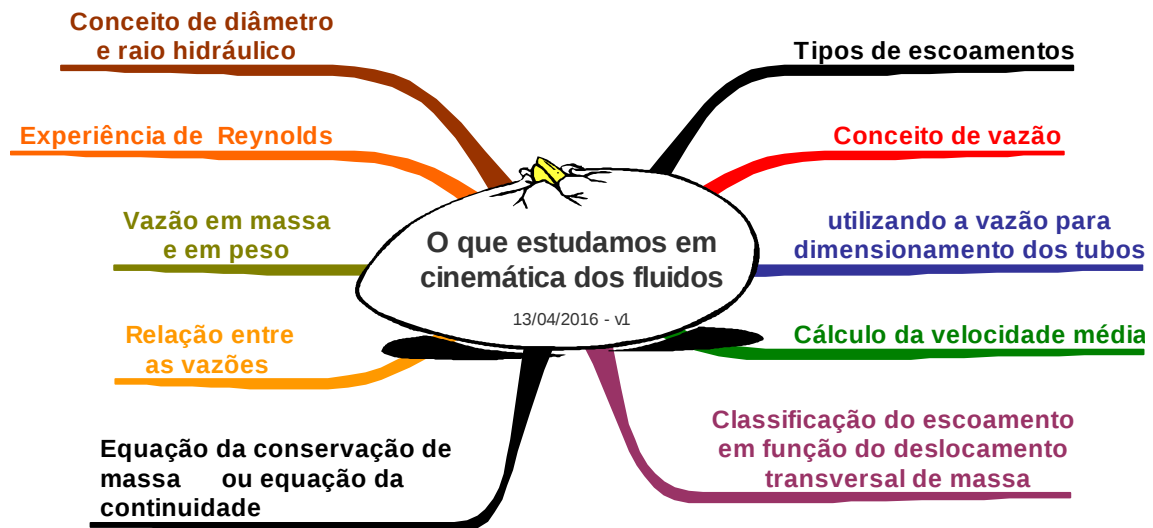
O engenheiro deve saber interagir entre o fazer e o pensar.

Além disto, deve estar apto a resolver problemas e criar oportunidades de forma sustentável e isto só ocorre se além de amar a profissão, tiver as qualidades de persistência, dedicação e disciplina no aprender sempre!



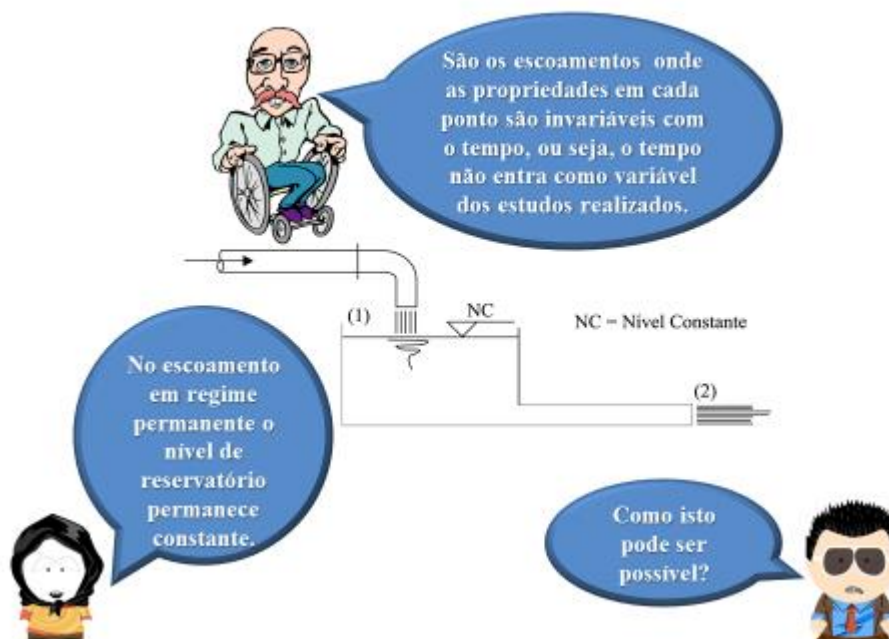
Capítulo 3 – Introdução a cinemática dos fluidos

1.1. Introdução



3.2. Tipos de escoamentos

3.2.1. Escoamento em regime permanente



O nível do reservatório permanece constante quando:



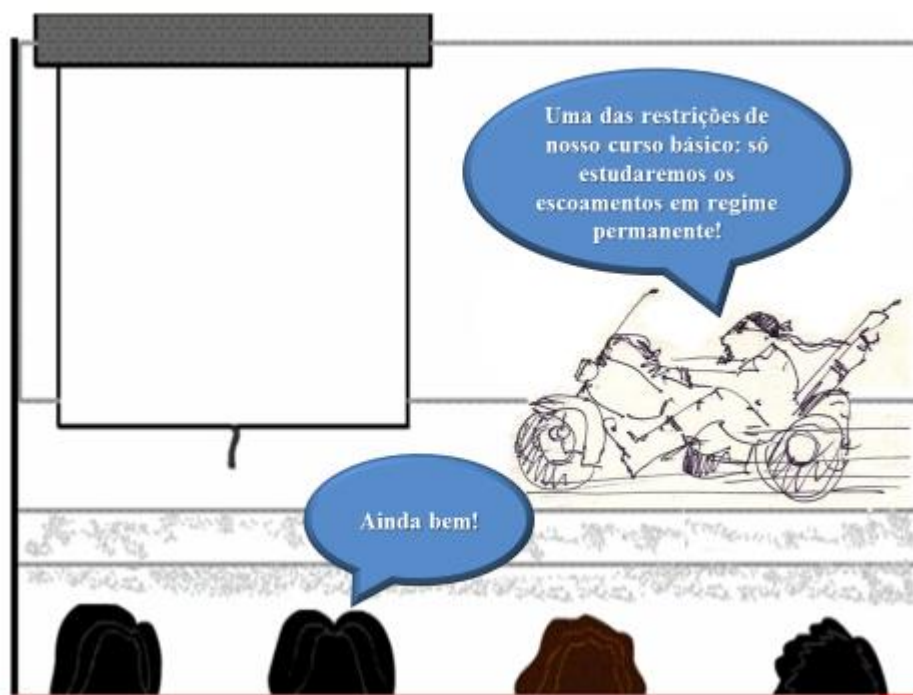
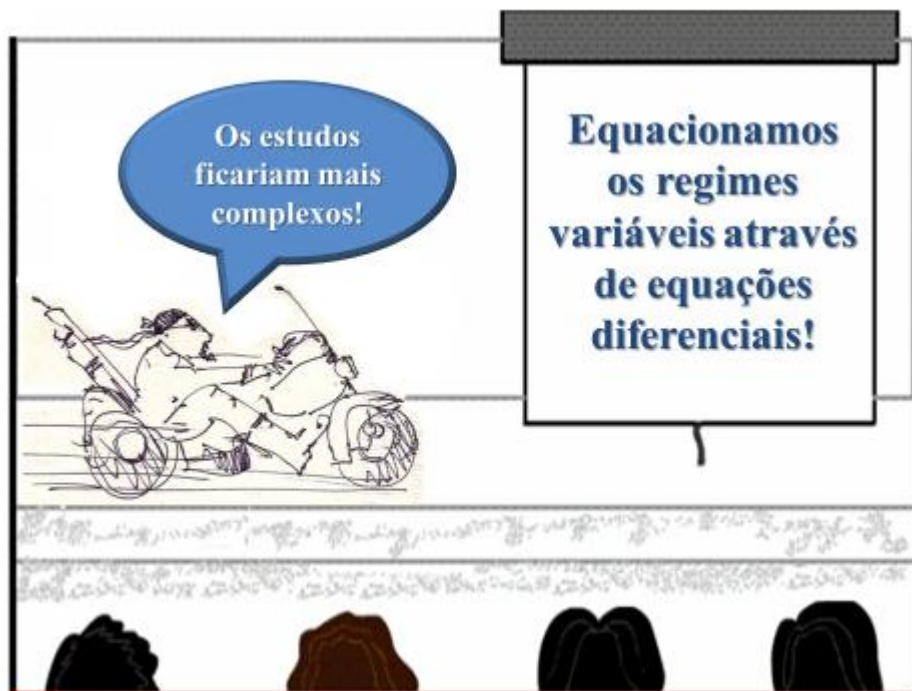
ou



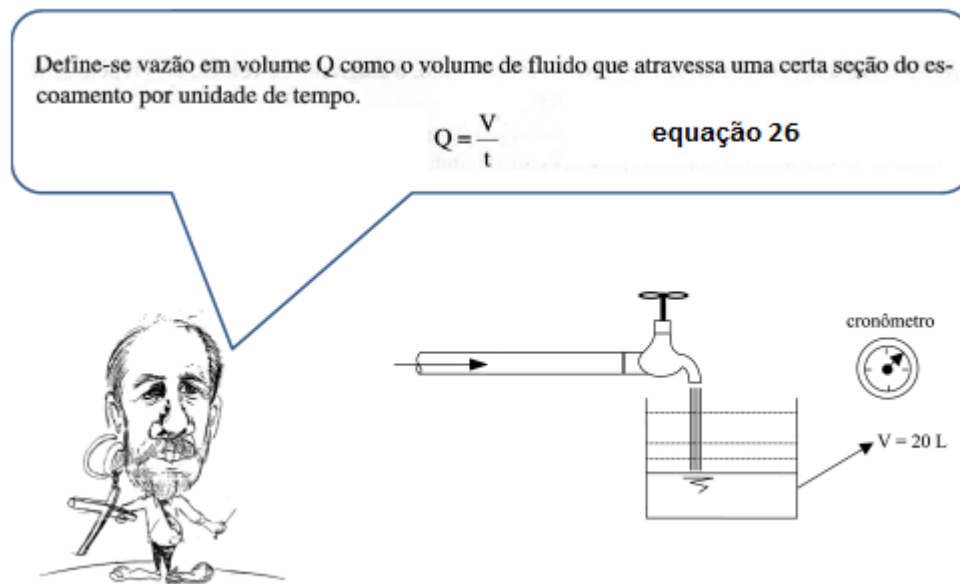
A quantidade de fluido que entra é igual a quantidade de fluido que sai!

3.2.2. Escoamento em regime variado





3.3. Conceito de vazão (Q)



A equação 26 representa a determinação da vazão de forma direta.

Exercício 68: O esquema a seguir representa uma bancada de laboratório, onde o fluido considerado no escoamento é a água.

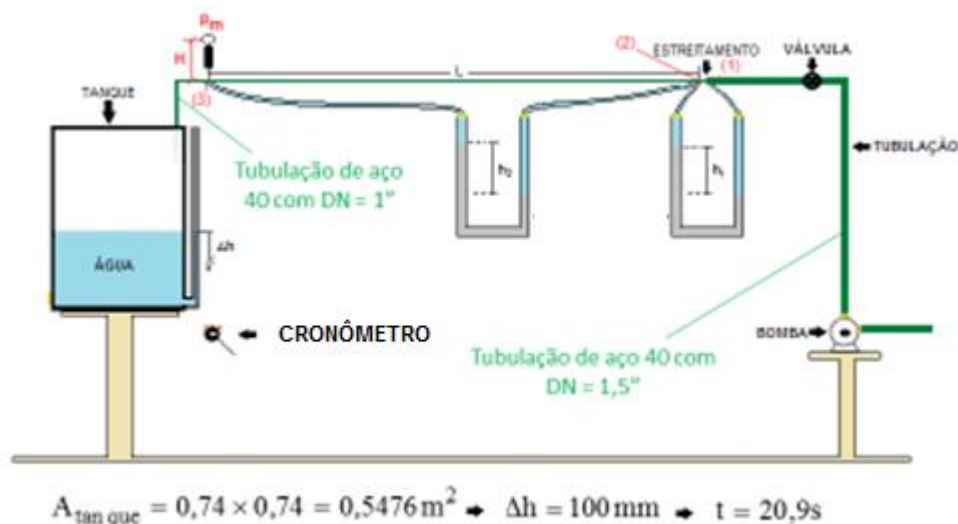
Nas experiências é fundamental que seja determinada a vazão de escoamento, isto é obtido deixando o nível do reservatório superior subir um Δh e cronometrando-se o tempo para que isto ocorra.

Observando a equação 26, podemos constatar facilmente que o volume (V) de água que ingressou no reservatório superior pode ser determinado pela equação 27,

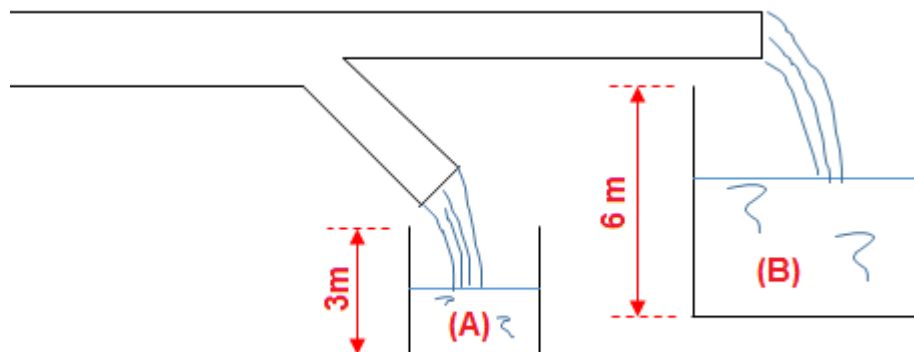
$$V = A_{\text{res}} \times \Delta h$$

equação 27

Para os dados a seguir, pede-se determinar a vazão de escoamento em m^3/s ; m^3/h ; L/s e L/h .

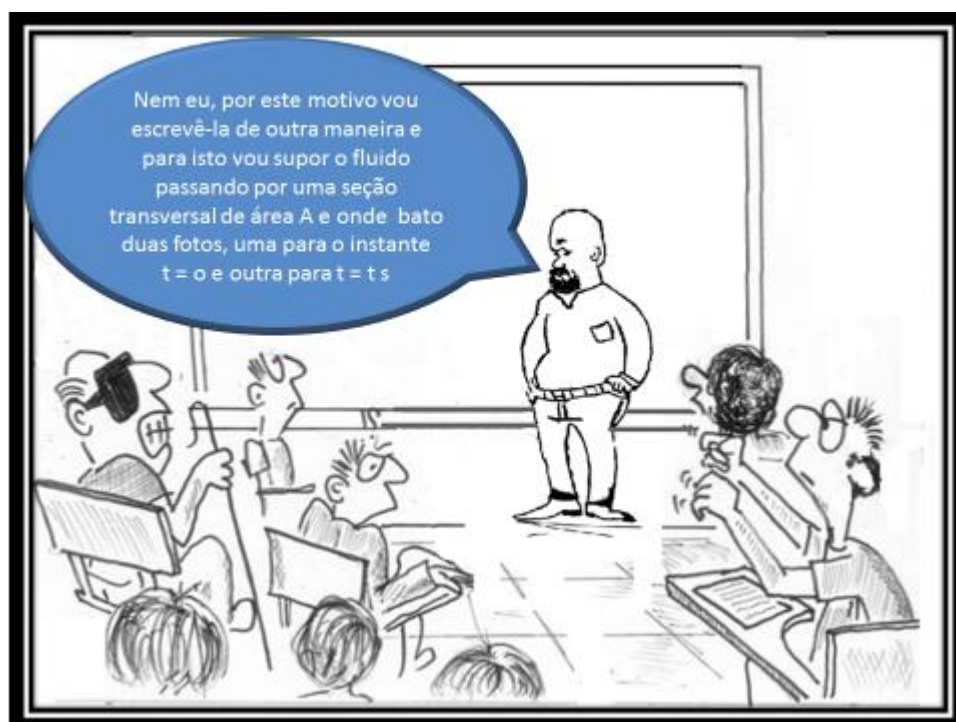


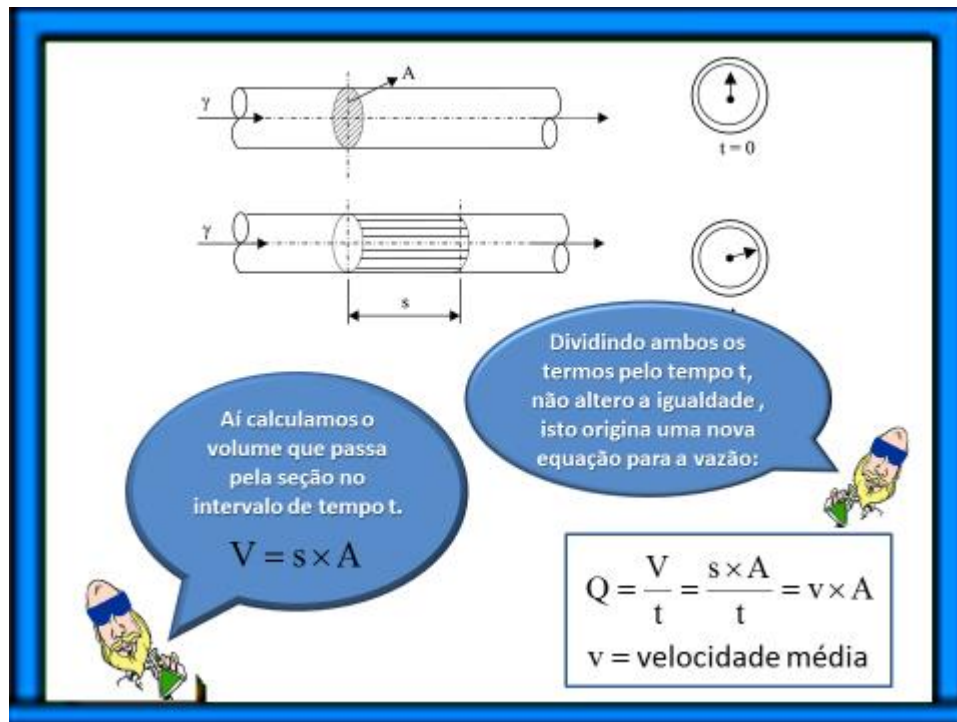
Exercício 69: Os reservatórios da figura são cúbicos e são enchidos pelos tubos, respectivamente, em 200s e 600s. Determinar a vazão da água que alimenta respectivamente os reservatórios (A) e (B) em m^3/s , m^3/h e L/s .



Exercício 70: No desenvolvimento de uma dada experiência, coletou-se através de uma proveta um volume de 820 mL em 6,8 segundos, determine a vazão em mL/s ; L/s ; m^3/s e m^3/h .





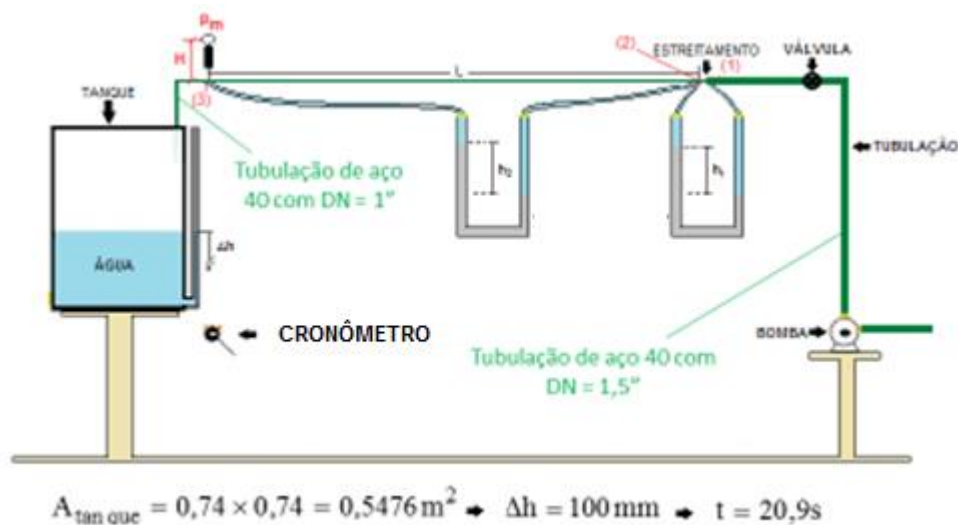


A equação 28, representa a “famosa” equação: O ALEMÃO QUE VÁ, mas lembre-se que só vou com a velocidade média.

$$Q = v \times A$$

equação 28

Exercício 71: Sabendo que a tubulação de aço 40 com DN = 1,5” tem um diâmetro interno igual a 40,8 mm e uma área de seção livre igual a 13,1 cm² e que a tubulação de aço 40 com DN = 1” tem um diâmetro interno igual a 26,6 mm e uma área de seção livre igual a 5,57 cm² (norma ANSI B36.10), calcule as velocidades médias nestas tubulações para as condições estabelecidas no exercício 68.



Exercício 72: Para a vazão do exercício 70, calcule a velocidade média de escoamento na tubulação de vidro de diâmetro interno igual a 10 mm.



3.4. Classificação do escoamento em função do deslocamento transversal de massa.

Esta classificação é importante para os estudos de dissipação de energias ao longo de escoamentos fluidos e em consequência em desenvolvimento de projetos hidráulicos.

O deslocamento transversal é observado injetando-se um corante no escoamento considerado e em função do observado originará os escoamentos laminar, transição e turbulento.

3.4.1. Escoamento laminar

Neste tipo de escoamento o deslocamento transversal de massa é desprezível, isto demonstra que existe uma predominância das forças viscosas em relação as forças de inércia (figura 21).

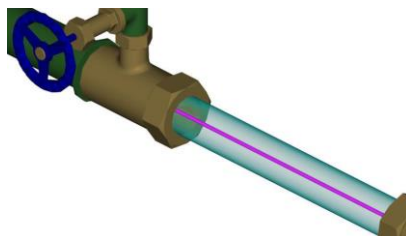


Figura 21

3.4.2. Escoamento turbulento

Neste escoamento o deslocamento transversal de massa se sobressai e isto demonstra que as forças viscosas vão sendo superadas pelas forças de inércias (figuras 22 e 23)

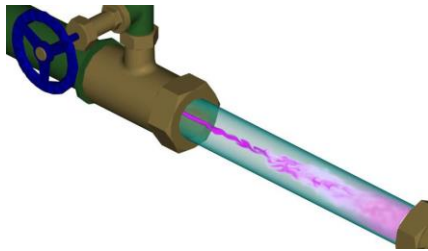


Figura 22

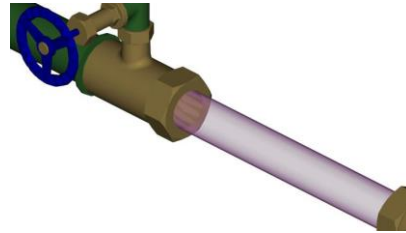


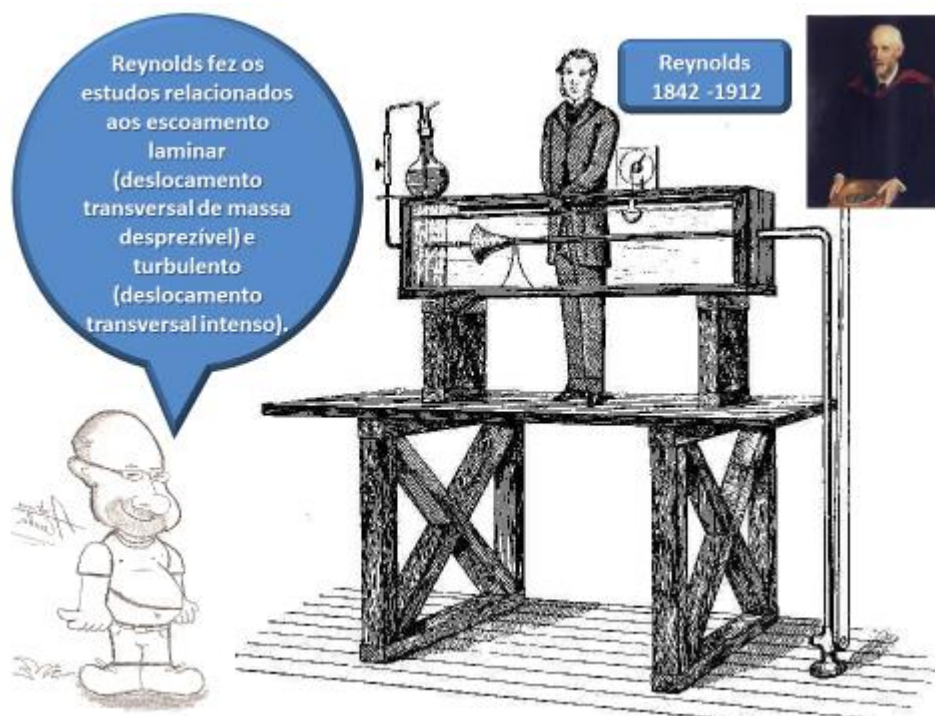
Figura 23

3.4.3. Escoamento de transição

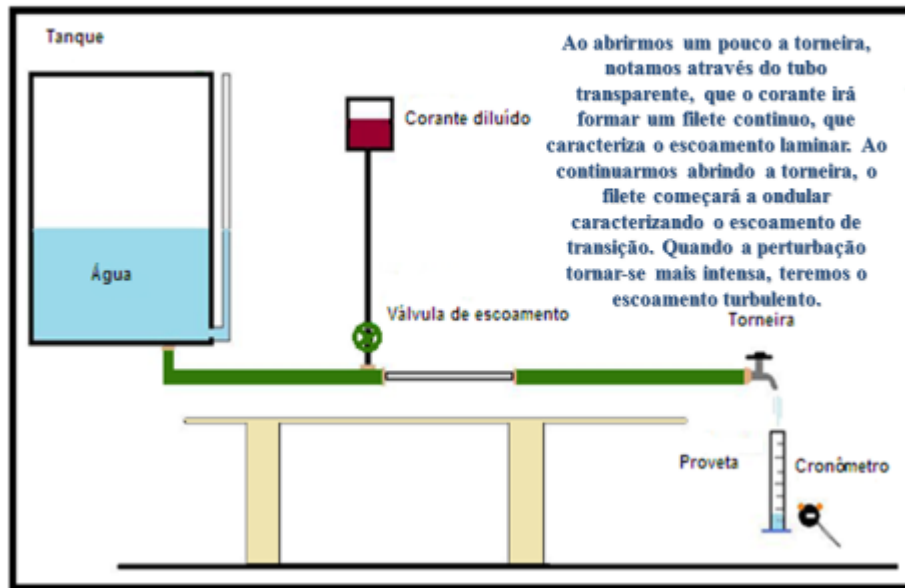
Representa a passagem do escoamento laminar para o turbulento e vice-versa, porém dificilmente são estabelecidas equações para o seu estudo, que deve estar alicerçada ou no escoamento laminar ou no turbulento.

Na prática, não estabelecemos o tipo de escoamento injetando um corante, e para obtenção de uma forma alternativa de se obter esta classificação em laminar, transição e turbulento, evocamos a experiência de Reynolds.

3.5. Experiência de Reynolds



Um exemplo de bancada atual está representado abaixo:



Reynolds observou que o fenômeno ensaiado, dependia das seguintes variáveis:

- ρ - massa específica do fluido;
- v - velocidade média do escoamento;
- D - diâmetro interno da tubulação;
- μ - viscosidade do fluido.

Através da análise adimensional ele obteve o chamado número de Reynolds (Re) e estabeleceu:

- para $Re \leq 2000$ - escoamento laminar;
- para $2000 < Re < 2400$ - escoamento de transição;
- para $Re \geq 2400$ - escoamento turbulento.

Hoje, considerando a ABNT, temos:

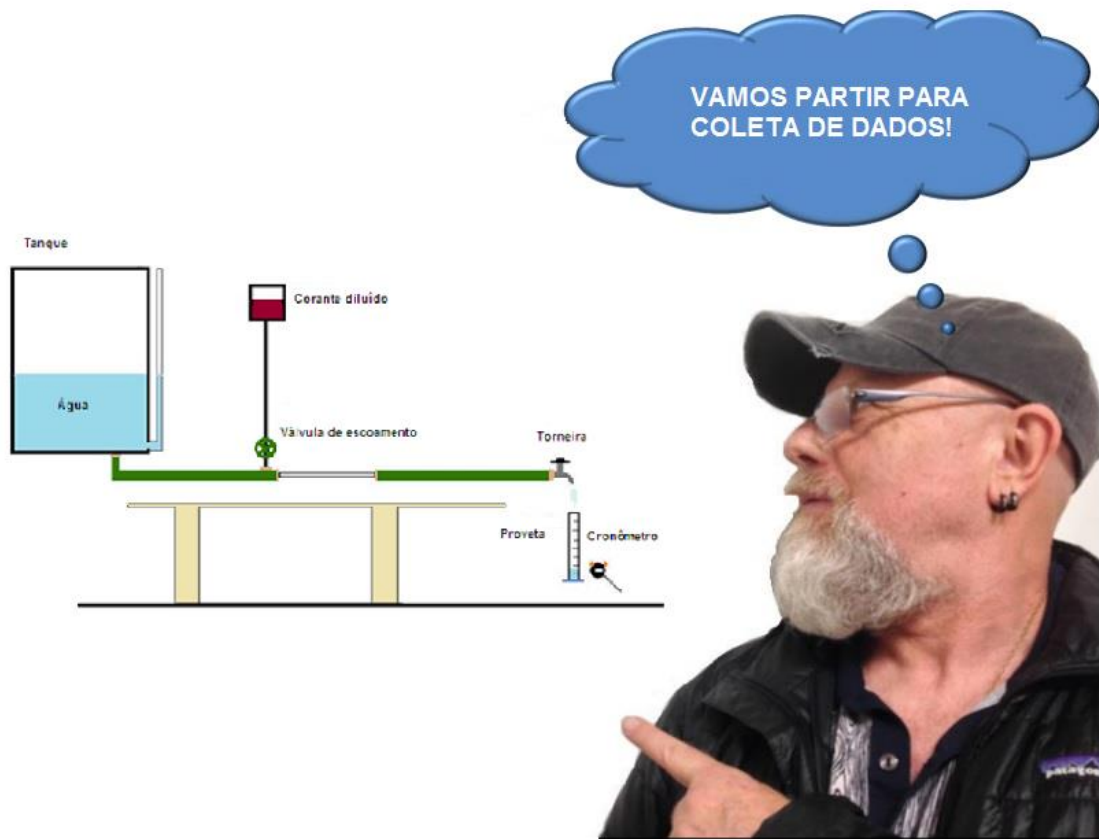
- para $Re \leq 2000$ - escoamento laminar;
- para $2000 < Re < 4000$ - escoamento de transição;
- para $Re \geq 4000$ - escoamento turbulento.

Inicialmente o número de Reynolds foi calculado como mostra a equação 29:

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu} \quad \text{equação 29}$$

Exercício 73: Assistam ao vídeo no canal Alemão MecFlu Resolve: <https://youtu.be/liXSKua25G4> e comprovem através de cálculos que realmente para o escoamento laminar o número de Reynolds deu menor que 2000 e que para o escoamento turbulento ele ficou superior a 4000.

Dados: diâmetro interno do tubo de vidro igual a 10 mm e viscosidade cinemática da água igual a $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



<https://youtu.be/liXSKua25G4>

3.5.1. Proposta para realização da experiência de Reynolds

1º - Objetivo: determinar a vazão de forma direta e calcular a velocidade média do escoamento através dela.



$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t}$$

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

$$\therefore v = \frac{4 \times Q}{\pi \times (10 \times 10^{-3})^2}$$

O Maurício está comigo determinando a vazão de forma direta e mostrando o tubo de vidro.

O diâmetro do tubo de vidro, onde visualizamos o tipo de escoamento, é igual a 10 mm.



2º - Objetivo: ler a temperatura da água em Fahrenheit e transformá-la em graus Celsius



$$t_C = \frac{5}{9} \times (t_F - 32)$$

t_C = temperatura em Celsius

t_F = temperatura em Fahrenheit

3º - Objetivo: determinar a massa específica e a viscosidade cinemática da água em função da temperatura, por exemplo, consultando:

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_22012/propriedades_do_mercurio_22012.htm

4º - Objetivo: relacionar massa específica (ρ) e viscosidade dinâmica (μ) para obter a viscosidade

$$\text{cinemática (v)} \quad v = \frac{\mu}{\rho} \therefore \frac{1}{v} = \frac{\rho}{\mu} \rightarrow [v]_{SI} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\left(\frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}\right)}$$

5º - Objetivo: calcular o número de Reynolds e utilizá-lo para classificar o escoamento incompressível em laminar, transição e turbulento.

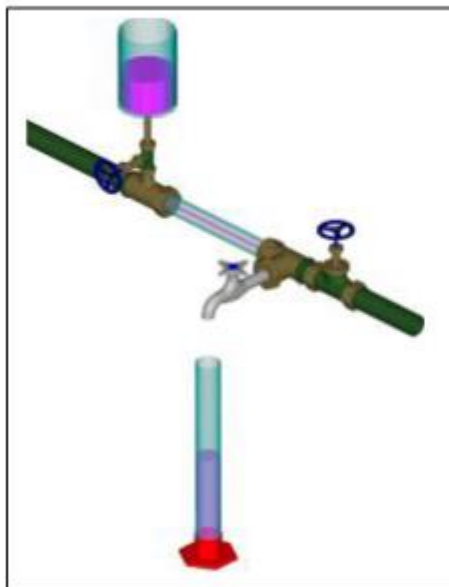
$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

$$Re \leq 2000 \Rightarrow \text{LAMINAR}$$

$$2000 < Re < 4000 \Rightarrow \text{TRANSIÇÃO}$$

$$Re \geq 4000 \Rightarrow \text{TURBULENTO}$$

5º - Objetivo: comparar a classificação anterior com o visualizado na bancada





TRANSIÇÃO QUE REPRESENTA A PASSAGEM DO LAMINAR PARA O TURBULENTO E VICE-VERSA.



TURBULENTO GRANDE
DESLOCAMENTO TRANSVERSAL
DE MASSA, PODENDO INCLUSIVE
DISSOLVER O CORANTE.



Nesta experiência
deveremos preencher a
tabela a seguir:

Ensaio	Q	v	R _e	Tipo de Escoamento	
	m ³ /s	m/s	F° L° T°	Pelos Cálculos	Visualizado
1					
2					
3					
4					
5					