

PROJETO DE UMA INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO BÁSICA



RAIMUNDO FERREIRA IGNÁCIO



Introdução a
cinemática dos
fluidos



Para

ES
CO
A
M
E
N
T
O
em

Nessa aula sintetizamos
a cinemática dos fluidos

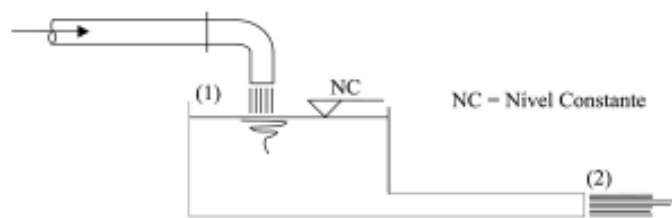


Mas o que
é isto?

regime

permanente

As propriedades não mudam com o tempo e os níveis de reservatórios são considerados constantes!



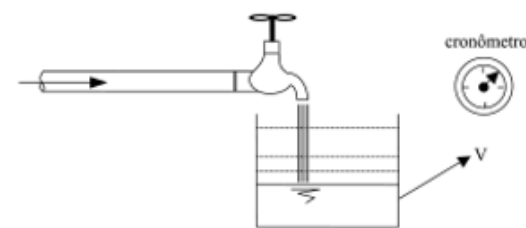
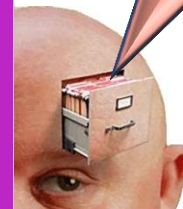
1.12 – Vazão (Q) e velocidade média (v) do escoamento

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

ou

$$Q = v \times A$$

A = área da seção do fluido



Ah! É aí que surge o “Alemão Q vA”

$$Q = v \times A$$

Isso, mas eu só vou com a velocidade média!



1.13 - Classificação do escoamento em função do deslocamento transversal de massa.

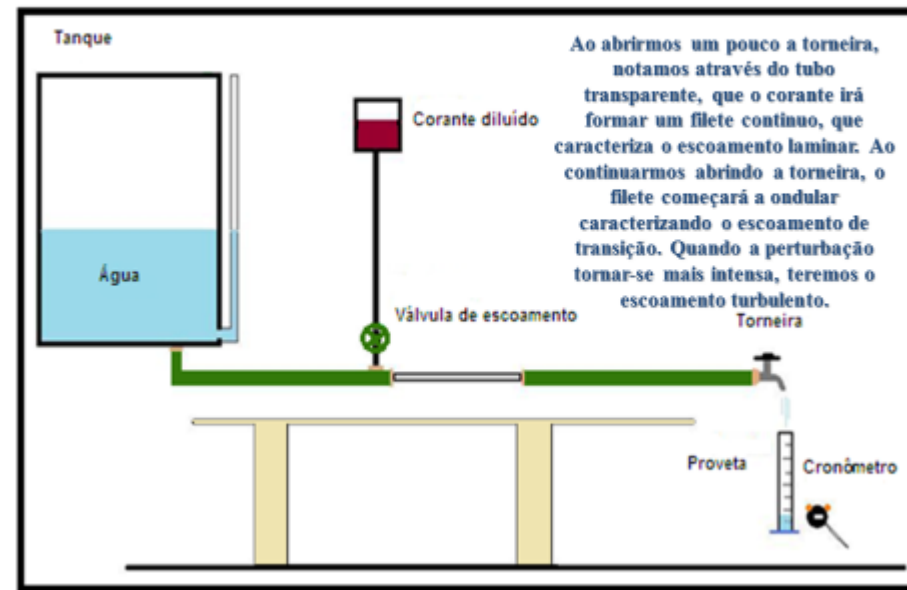
Importante para determinação da velocidade média e para o dimensionamento das tubulações.



Reynolds fez estudos relacionados ao deslocamento transversal de massa de um corante!



Um exemplo de bancada atual está representado abaixo:



Re = número de Reynolds

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

D_H = diâmetro hidráulico



laminar

Aí



turbulento

temos:



1.14 – Escoamento laminar

$$Re \leq 2000$$



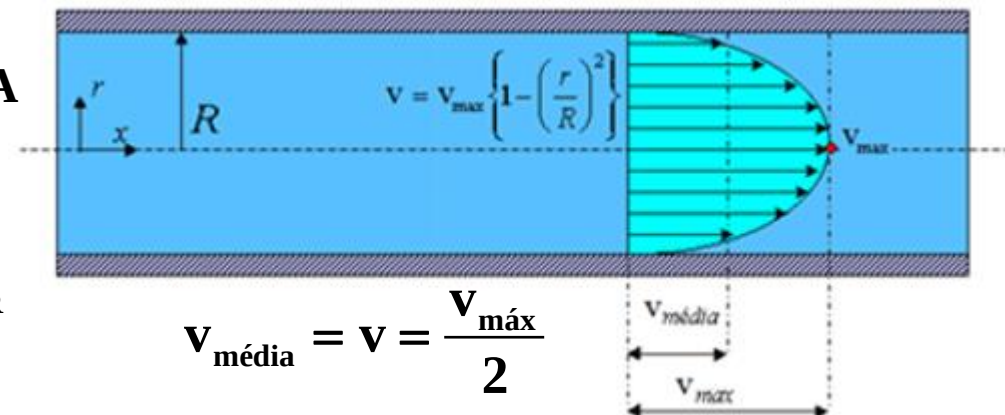
O DESLOCAMENTO TRANSVERSAL DE MASSA É DESPREZÍVEL

$$v_{media} = v = \frac{1}{A} \int_{lim1}^{lim2} v dA$$

$$A = \pi R^2$$

$$dA = 2\pi r dr \rightarrow r \Big|_0^R$$

EM CONDUTO DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR E FORÇADA



$$v_{media} = v = \frac{v_{máx}}{2}$$



1.15 – Escoamento turbulento

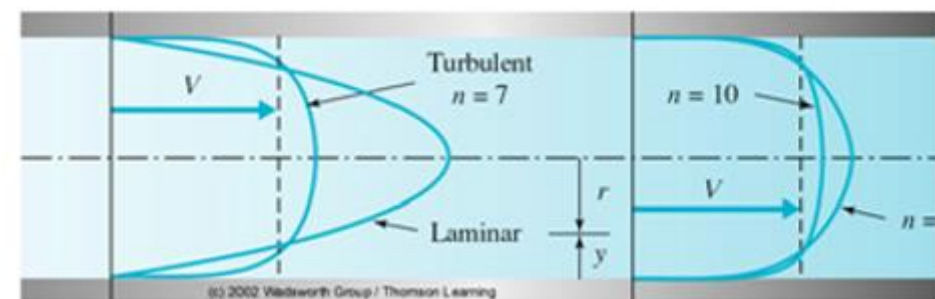
$$Re \geq 4000$$



O DESLOCAMENTO TRANSVERSAL DE MASSA É PREDOMINANTE E DILUIU O CORANTE

$$v_{real} = v_{máx} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/n}$$

EM CONDUTO DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR E FORÇADA



$$\text{para } n = 7 \rightarrow v_{media} = v = \frac{49}{60} \times v_{máx}$$



Praticamente nada é
calculado na transição!



Neste caso, temos o
escoamento de transição!

$$2000 < Re < 4000$$





1.16 – Diâmetro hidráulico (D_H)

No intuito de generalizar as equações estabelecidas para condutos forçados (fluido tem contato total com a parede interna do conduto) e de seção transversal circular, foi introduzido o conceito de diâmetro hidráulico que é definido:

$$D_H = 4 \times R_H$$

R_H = raio hidráulico

$$R_H = \frac{\text{área da seção formada pelo fluido}}{\text{perímetro molhado}} = \frac{A}{\sigma}$$

O perímetro molhado é caracterizado pelo contato do fluido com parede sólida.



Calculando o diâmetro hidráulico (D_H) para um conduto forçado e de seção transversal circular, fica clara a vantagem de trabalhar com o D_H



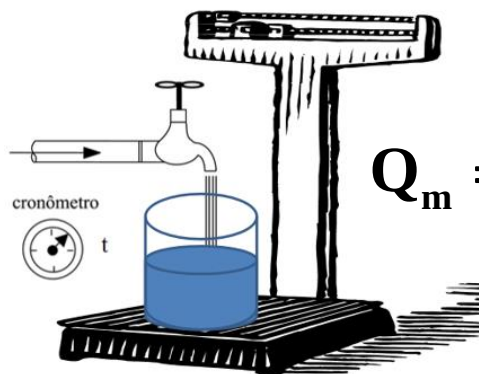
$$A = \pi \times R^2 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$\sigma = 2 \times \pi \times R = \pi \times D$$

$$D_H = 4 \times \frac{\pi \times R^2}{2 \times \pi \times R} = 2 \times R = D$$

Portanto, podemos substituir os diâmetros (D) das equações pelos diâmetros hidráulicos (D_H) e nada se altera.

1.17 – Vazão em massa (Q_m)



$$Q_m = \frac{m}{t}$$

$$Q_m = \frac{m}{t} = \frac{\rho \times V}{t} = \rho \times Q = \rho \times v \times A$$

1.18 – Vazão em peso (Q_G)

$$Q_G = \frac{G}{t} = \frac{\gamma \times V}{t} = \gamma \times Q$$

$$Q_G = \gamma \times v \times A$$



Unidades de vazão



	SI	CGS
Vazão (Q)	m ³ /s	cm ³ /s
Vazão em massa (Q_m)	Kg/s	g/s
Vazão em peso (Q_G)	N/s	dina/s

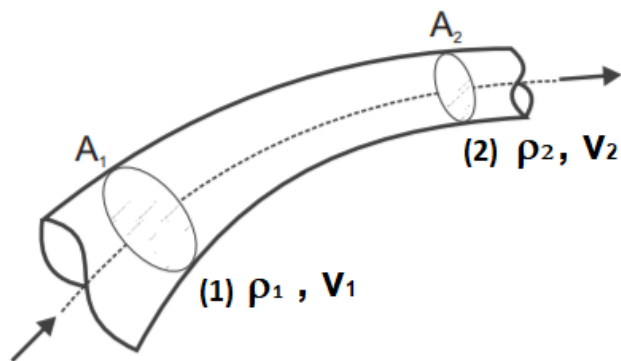
Temos que trabalhar com equações homogêneas, ou seja, ambos os membros no mesmo sistema de unidades.





1.19 – Equação da conservação em massa ou equação da continuidade

CONSIDERANDO UMA ENTRADA E UMA SAÍDA



$$Q_{m_1} = Q_{m_2}$$

$$\rho_1 \times v_1 \times A_1 = \rho_2 \times v_2 \times A_2$$

Se o escoamento for considerado incompressível, como a massa específica (ρ) é constante, resulta:

$$\cancel{\rho} \times v_1 \times A_1 = \cancel{\rho} \times v_2 \times A_2$$

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

$$Q_1 = Q_2$$





1.19 – Equação da conservação em massa ou equação da continuidade (cont.)



Vamos aplicar os conceitos na solução de problemas e aprender fazendo!

CONSIDERANDO UM SISTEMA COM DIVERSAS ENTRADAS E SAÍDAS

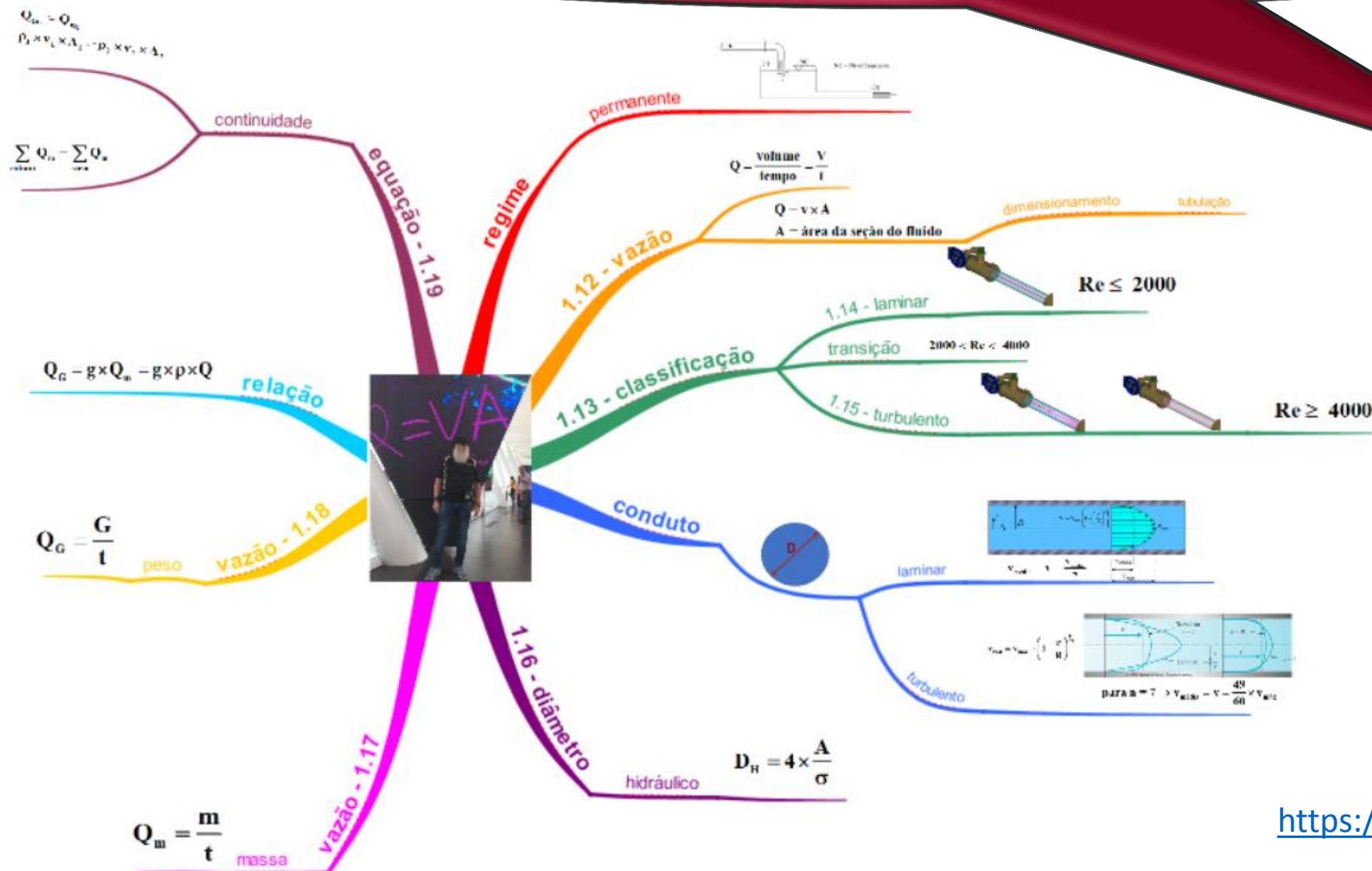
$$\sum_{\text{entram}} Q_m = \sum_{\text{saem}} Q_m$$

Se a mistura for homogênea também escremos que:

$$\sum_{\text{entram}} Q = \sum_{\text{saem}} Q$$



A SÍNTESE DA AULA PODE SER VISTA NO YOUTUBE



<https://youtu.be/om-XgB5O9Sw>

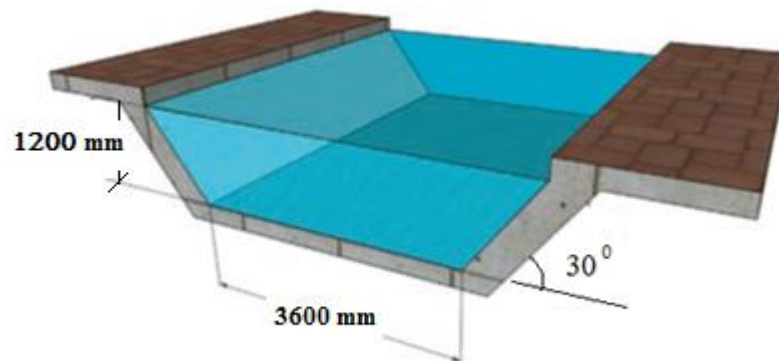
21. No desenvolvimento de uma dada experiência, coletou-se através de uma proveta um volume de 820 mL em 6,8 segundos, determine a vazão em mL/s; L/s; m³/s e m³/h. Para a vazão obtida, calcule a velocidade média de escoamento em uma tubulação de vidro de diâmetro interno igual a 10 mm.

Respostas: $Q = 120,6 \text{ mL/s} = 120,6 * 10^{-3} \text{ L/s} = 120,6 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 0,43416 \text{ m}^3/\text{h}$ e $v = 1,54 \text{ m/s}$



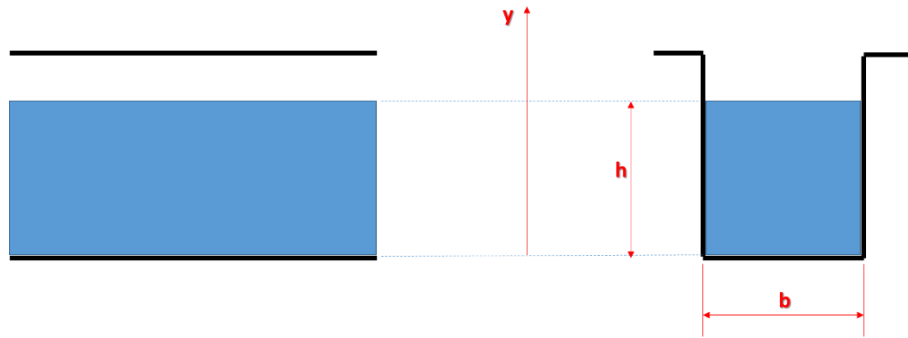
22. Considerando que a vazão de água ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ e $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) que passa no canal cuja seção transversal e representada a seguir é igual a 13628,3 L/s e que o diâmetro hidráulico é um parâmetro importante no dimensionamento de canais, tubos, dutos e outros componentes das obras hidráulicas sendo igual a quatro (4) vezes à razão entre a área da seção transversal formada pelo fluido e o perímetro molhado, pede-se:

- o raio hidráulico e o diâmetro hidráulico do canal;
- o número de Reynolds e a classificação do escoamento na seção considerada



Respostas: $R_H \cong 0,81\text{m}$
 $D_H \cong 3,24\text{m}$
 $Re \approx 6,49 \times 10^6$
turbulento

23. Um canal retangular de largura $b = 2 \text{ m}$, a altura do fluido (h) é de $1,5 \text{ m}$. o diagrama de velocidade em função de uma coordenada (y) perpendicular à base é $v = C_1 y^3 + C_2 y$ com $[v]$ em “m/s” e $[y]$ em “m”, sabe-se que na superfície livre do fluido a velocidade é 4 m/s e a $0,5 \text{ m}$ do fundo é 1 m/s . nesta situação pede-se a vazão no canal. Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: <https://www.youtube.com/watch?v=2xidrb1hafc>

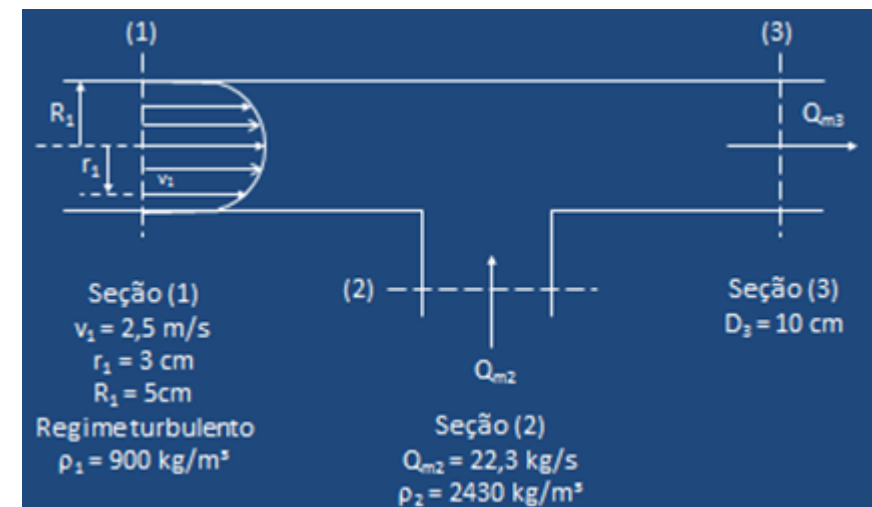


$$v_{\text{media}} = v = \frac{1}{A} \int_{\lim 1}^{\lim 2} v dA$$

para o problema: $A = b \times h \rightarrow dA = b \times dy$

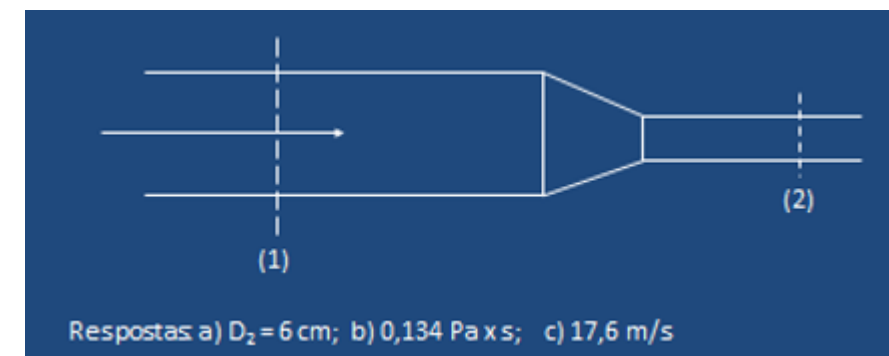
$$y \Big|_0^h$$

24. Para a tubulação representada a seguir pede-se: a vazão em massa na seção (1) e a massa específica em (3) para que a mistura formada seja considerada homogênea. Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: <https://www.youtube.com/watch?v=TabGwVD1yck>



25. No tubo da figura a seção (1) tem um diâmetro $D_1 = 18 \text{ cm}$ e o líquido apresenta um escoamento laminar com número de Reynolds igual a 2000, já na seção (2) o escoamento é turbulento com número de Reynolds igual a 6000. Na seção (1) o líquido tem uma velocidade igual a 3 m/s a 5 cm da parede do tubo, calcule:

- a) o diâmetro da seção (2);
- b) a viscosidade dinâmica do líquido se sua massa específica é igual a 800 kg/m^3 ;
- c) a velocidade na seção (2) a 1 cm da parede.



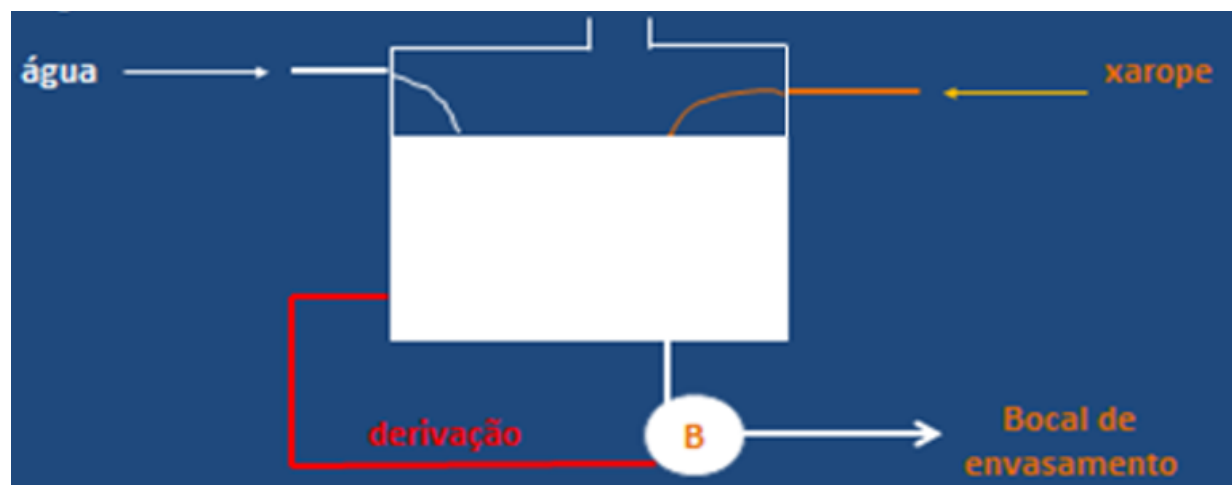
Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: <https://www.youtube.com/watch?v=TeE3Jlpp4aU>

26. No laboratório, decide-se fazer a medida de viscosidade dinâmica de um fluido utilizando-se a experiência de Reynolds. Inicialmente realiza-se um ensaio com a água ($\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). Neste ensaio quando acontece a passagem da transição para o turbulento, já turbulento, é recolhido no recipiente graduado o volume de 400 mL em 50 s. Nesta condição o recipiente com água é submetido a uma balança, obtendo-se 0,7 kg. Com o fluido em estudo verifica-se que na passagem do laminar para o escoamento de transição, ainda laminar, recolhe-se 900 mL no recipiente graduado, em 30 s. Nesta condição, na balança o recipiente graduado com o fluido em estudo registra-se 1 kg. Qual a viscosidade do fluido em estudo em $\text{Pa} \cdot \text{s}$.

Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: <https://youtu.be/UJ4oiNGyzwo>

27. O reservatório da figura, que se mantém a nível constante, é utilizado para preparar e engarrafar um produto que é constituído por um xarope diluído em água. O xarope tem viscosidade alta e assim, o escoamento é laminar no seu conduto de entrada de diâmetro 20 mm, onde a velocidade máxima é 3,18 m/s. O bocal de envasamento enche 200 garrafas de 750 mL com o produto em 1 minuto, alimentado por uma bomba que tem um conduto em derivação com o reservatório. No conduto de entrada da bomba de diâmetro de 40 mm, o escoamento é turbulento e tem velocidade de 2,3 m/s a 8 mm de distância da parede do conduto. Posto isto, determinar:
- a vazão na derivação e o sentido do escoamento que deve ser indicado na figura;
 - A relação entre as vazões de xarope e água, ou seja, a que representa a composição do produto.

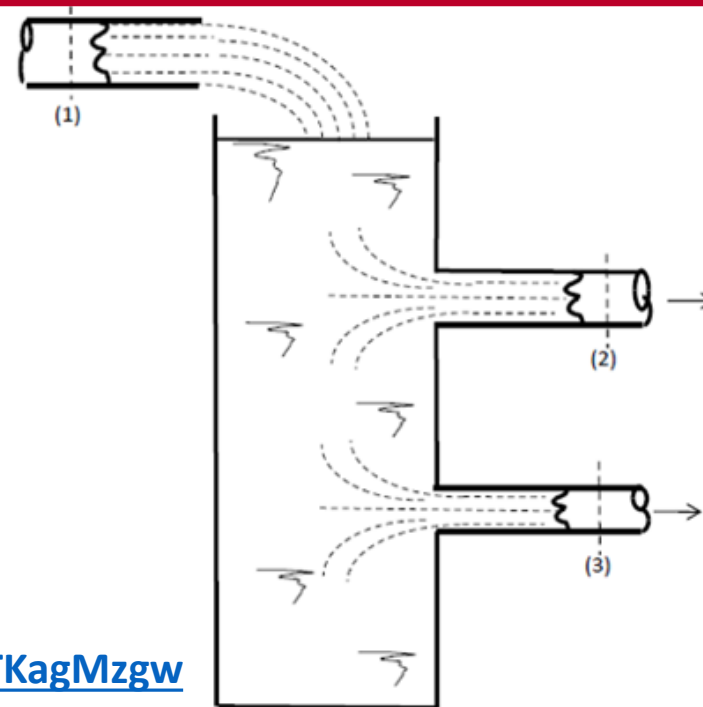
Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: https://youtu.be/_vFcb1ZOQqE ou <https://www.youtube.com/watch?v=5xTIZKoQKkM>



28. O nível do reservatório da figura ao lado, se mantém constante, mesmo sendo de pequenas dimensões. A viscosidade do fluido em escoamento é de $150 \text{ mm}^2/\text{s}$. Nas seções (1) e (2) o regime de escoamento está no limite entre o laminar e o de transição, ainda laminar. Na seção (3) o regime de escoamento está no limite entre o de transição e o turbulento, já no turbulento. As velocidades no centro das seções (1) e (3) são respectivamente $2,5 \text{ m/s}$ e $3,7 \text{ m/s}$. Pede-se determinar:

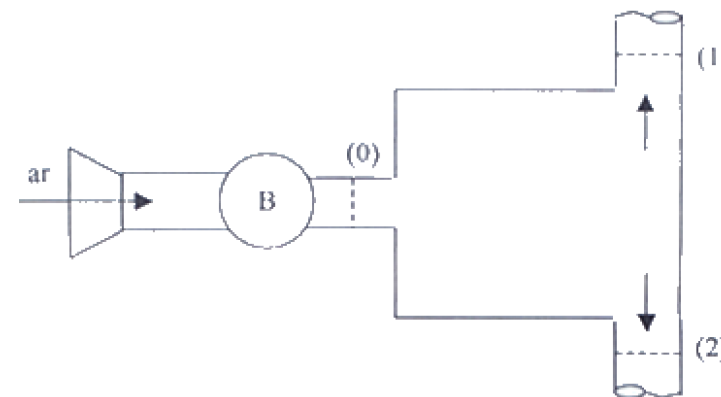
- as vazões nas três seções (1), (2) e (3);
- os diâmetros nas três seções (1), (2) e (3);
- a velocidade de uma partícula fluida a 1 cm da parede interna na seção (3).

Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: <https://youtu.be/PJ-TKagMzgw>



29. O insuflador de ar da figura fornece 4 kg/s na seção (0). O sistema está em regime permanente. Nas seções (1) e (2) deseja-se que o número de Reynolds seja 10^5 para que o movimento turbulento favoreça a homogeneização das temperaturas. Dados $D_1 = 40 \text{ cm}$; $\rho_1 = 1,2 \text{ kg/m}^3$; $\mu_1 = 2,4 \times 10^{-5} \text{ N} \times \text{s/m}^2$; $\rho_2 = 0,95 \text{ kg/m}^3$ e $\mu_2 = 7,6 \times 10^{-5} \text{ N} \times \text{s/m}^2$. Pede-se:

- o diâmetro D_2 ; b. a vazão em volume e em massa nas seções (1) e (2)



Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve: <https://www.youtube.com/watch?v=xfKRF-OewDo>

30. O insuflador de ar na figura ao lado, impõe $16.200 \text{ m}^3/\text{h}$ na seção (0). Como o sistema visa a refrigeração de equipamentos, foram medidas as temperaturas nas seções (0); (1) e (2), sendo respectivamente: $t_0 = 17^\circ\text{C}$; $t_1 = 47^\circ\text{C}$ e $t_2 = 97^\circ\text{C}$. Admitindo-se como imposição do projeto do sistema que o número de Reynolds nas seções (1) e (2) deve ser 10^5 ; e sabendo-se que o diâmetro $D_2 = 80 \text{ cm}$; $\nu_{\text{ar } 47^\circ\text{C}} = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ e $\nu_{\text{ar } 97^\circ\text{C}} = 8 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ e ainda que a pressão tem variação desprezível no sistema. Pede-se:

a. as vazões em massa em (1) e (2);

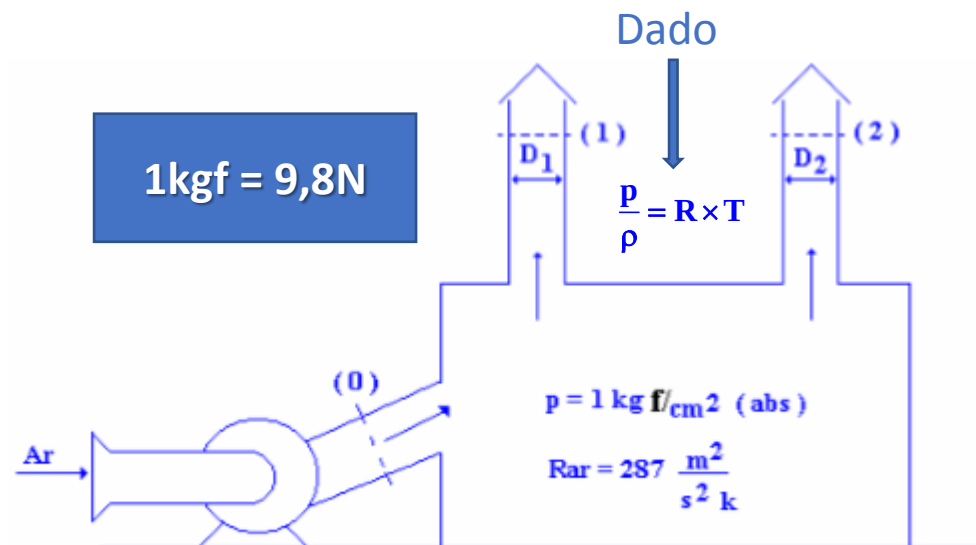
Respostas: $Q_{m1} = 0,66 \text{ kg/s}$ e $Q_{m2} = 4,64 \text{ kg/s}$

a. as vazões em volume em (1) e (2);

Respostas: $Q_1 = 0,618 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_2 = 5,03 \text{ m}^3/\text{s}$

a. o diâmetro da seção (1)

Resposta: $D_1 = 0,787 \text{ m}$



Só avance no curso, após resolver os 10 problemas propostos, lembre, a obtenção das suas soluções são ginásticas para seu cérebro com o intuito de aumentar sua inteligência!



Obrigado!

Quer mais, acesse:

http://www.escoladavida.eng.br/ft/chamada_de_ft.htm