

Capítulo 4 – Equação da energia para um escoamento incompressível em regime permanente (cont.)

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

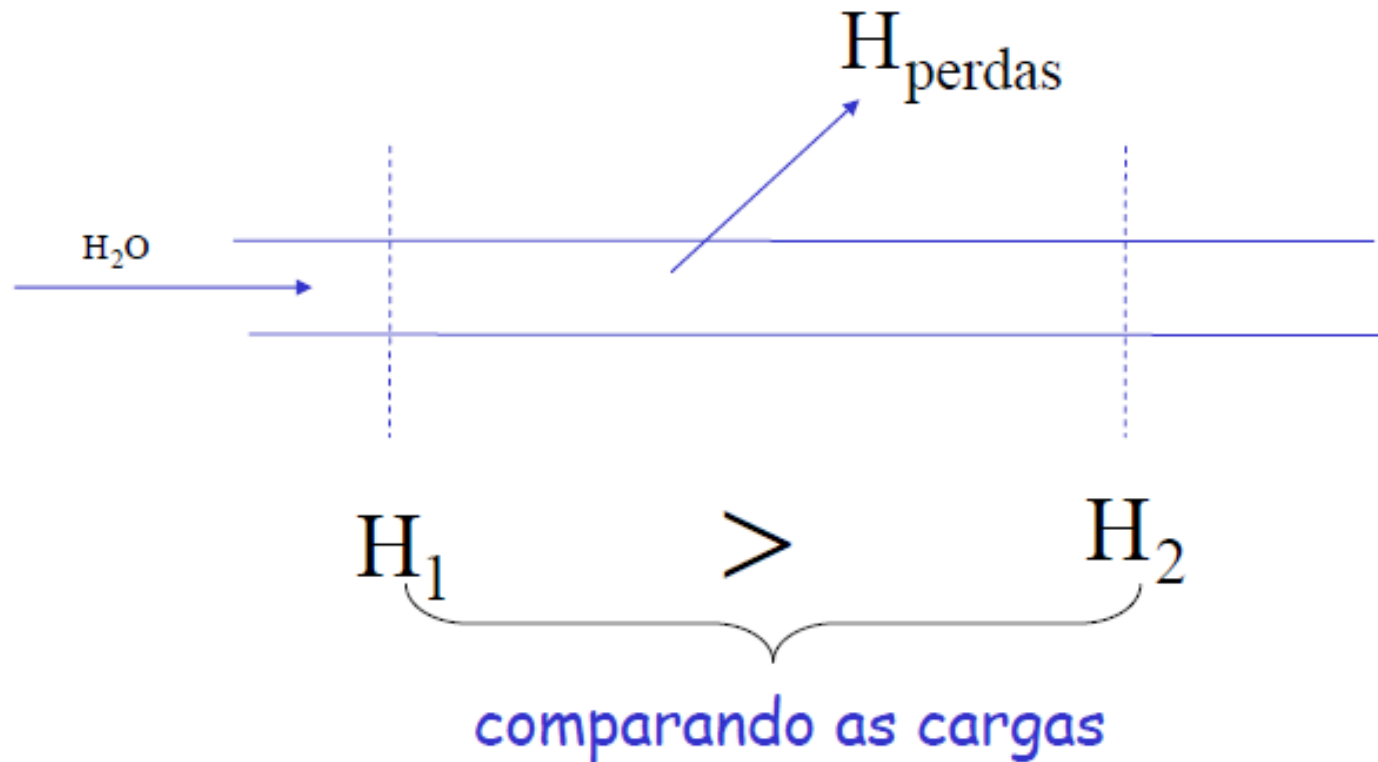
4.4 – Equação da energia para fluido real

- Fluido real é aquele que tem viscosidade (μ) diferente de zero, portanto existirá perda de carga ao longo do escoamento.
- As demais hipóteses serão mantidas, com exceção da distribuição uniforme de velocidade na seção.

Considere a instalação a seguir:



Analizando o trecho considerado:



Para estabelecer a igualdade, consideramos a perda de carga (H_{p1-2}) que ocorre entre as seções (1) e (2):

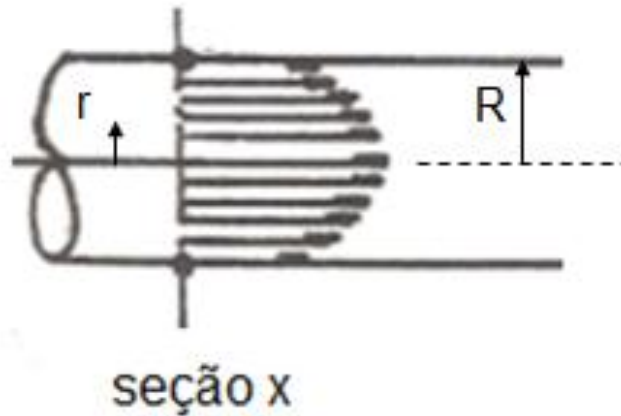
$$H_1 = H_2 + H_{p1-2}$$

Generalizando :

$$H_{\text{inicial}} = H_{\text{final}} + H_{p_{i-f}}$$

Importante: para escrever a equação anterior nós devemos conhecer **o sentido do escoamento e em um trecho sem máquina ele sempre ocorre da maior carga para a menor carga.**

Vamos considerar agora o fato de existir um diagrama de velocidades reais nas seções do escoamento, seja a seção (x) representada a seguir:



É possível
determinarmos a
velocidade real em
uma posição de raio r ?



Sim é possível
determinar a
velocidade real do
escoamento através de
um tubo de Pitot

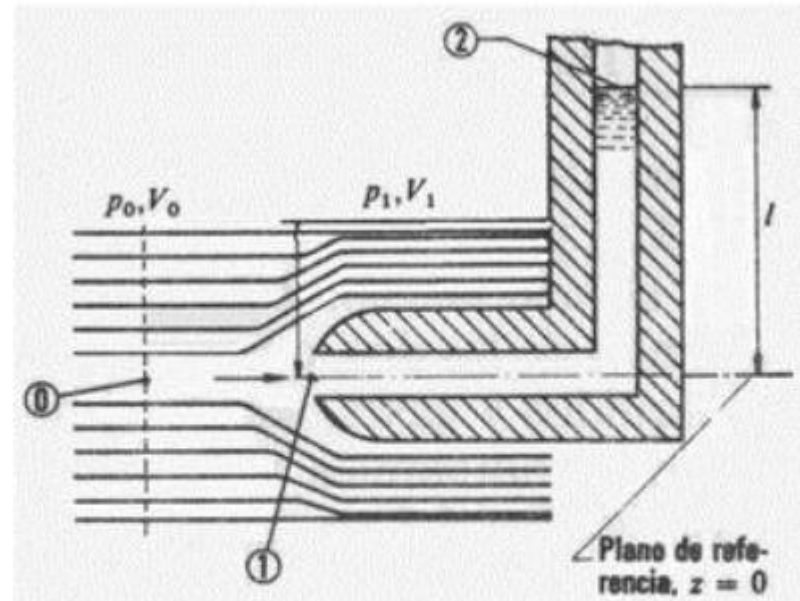


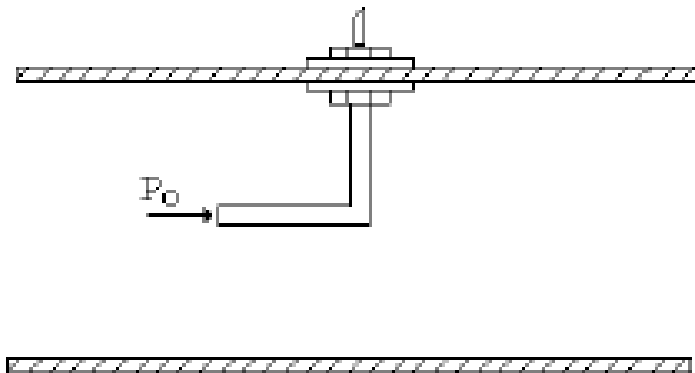
Imagem extraída do sítio:

http://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Pitot

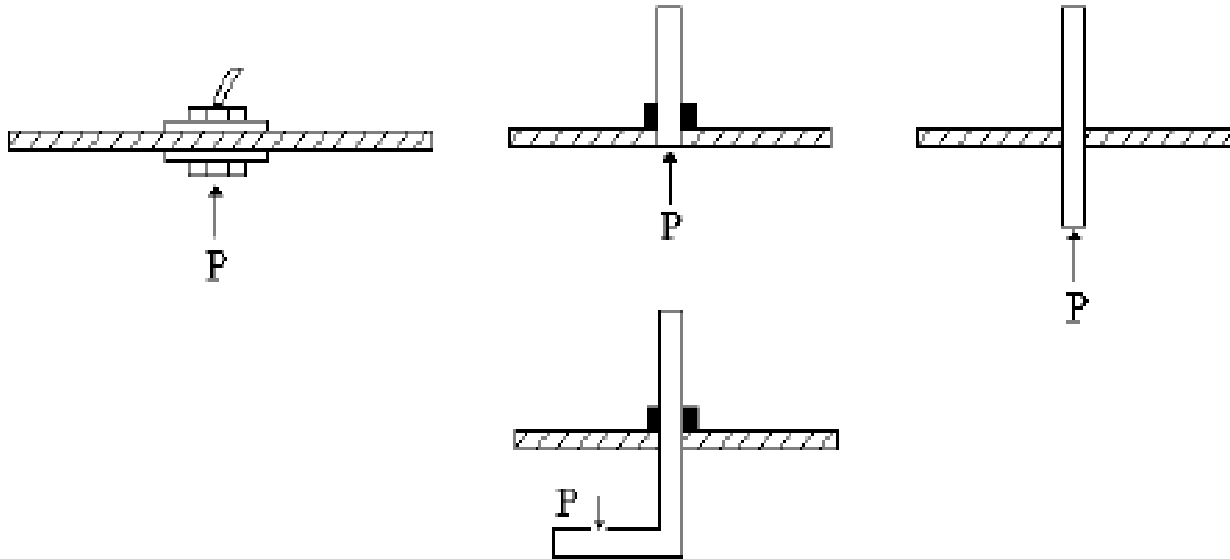


Iniciamos com o
conceito de
pressão total

pressão total = pressão
estática + pressão
dinâmica



Pressão estática = aquela que
é obtida perpendicularmente
ao escoamento.



Pressão dinâmica é determinada com a transformação da energia cinética em energia de pressão.





27 4 2005

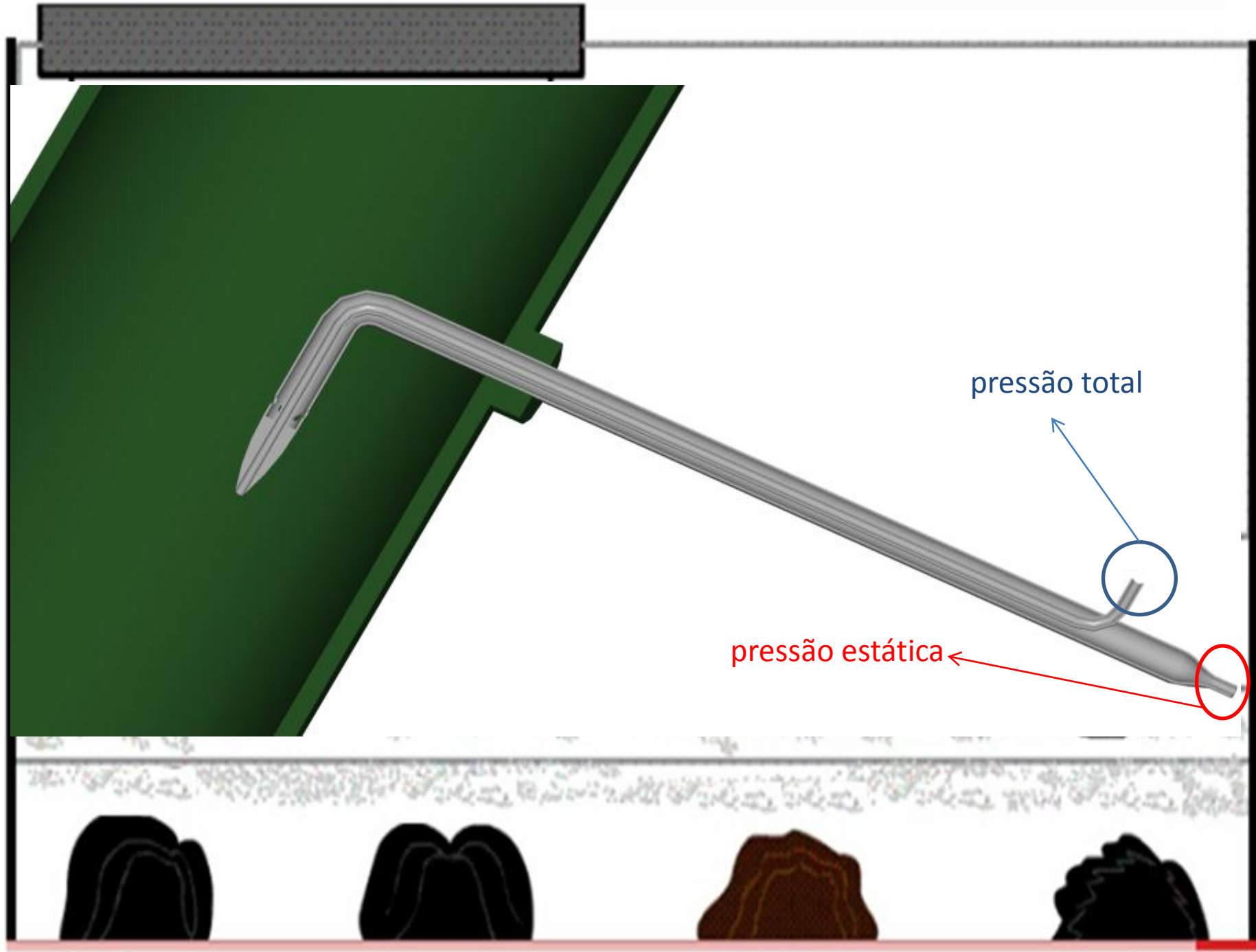
leituras pressão
total e estática

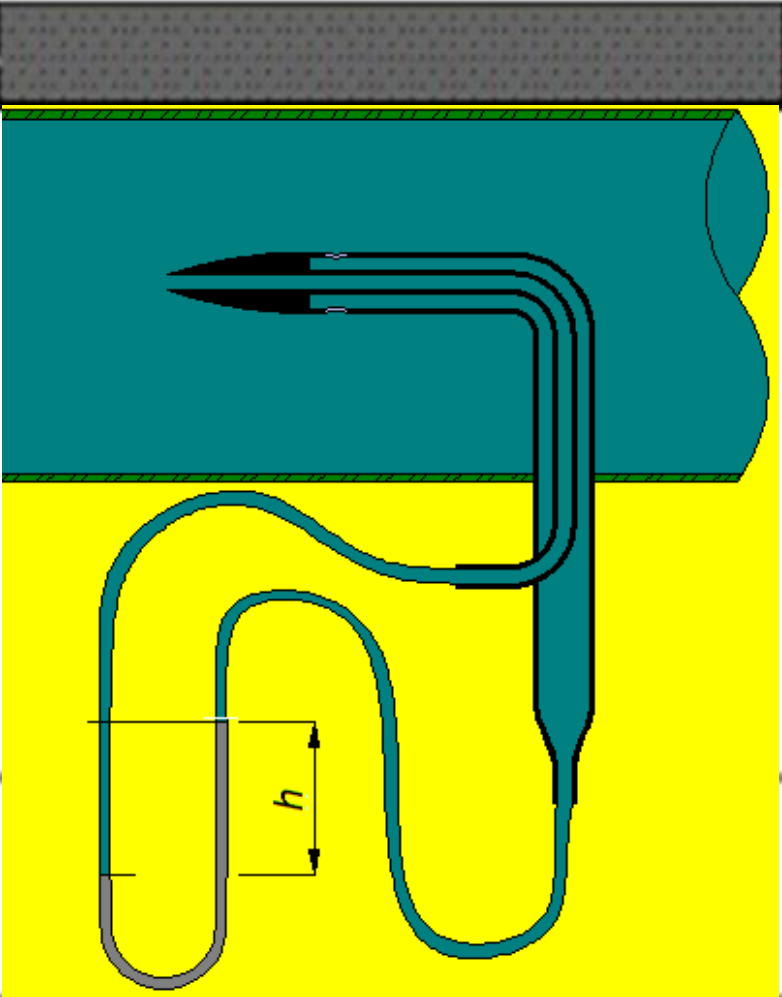
pressão estática

Como êle é
internamente.



ponto de estagnação



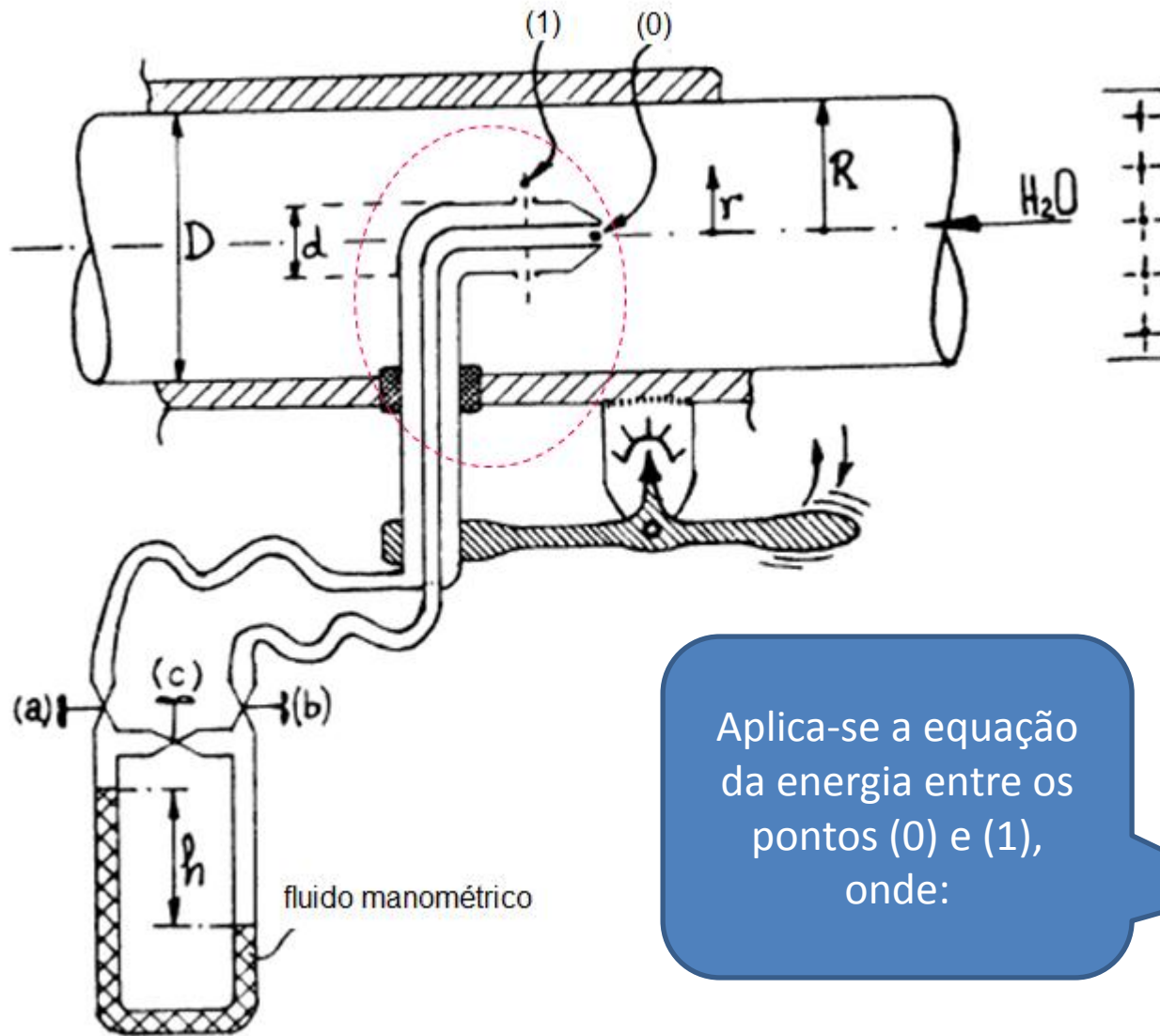


Observem a pressão total e estática no desenho ao lado, o desnível representa a pressão dinâmica.

The diagram shows a cross-section of a fluid flow. At the top, a grey horizontal bar represents the upper boundary. Below it, a teal-colored region represents the fluid. A black Pitot-static probe is inserted into the fluid. The probe has a central tube that goes to the tip (Pitot tube) and side ports (static ports) located further back. The probe is bent into a U-shape. The fluid is divided into a teal upper half and a yellow lower half by a horizontal line. A vertical double-headed arrow labeled 'h' indicates the height difference between the fluid levels in the two arms of the U-tube, representing the dynamic pressure.

Verdade, já que indica a diferença entre a pressão total e a pressão estática!





Aplica-se a equação da energia entre os pontos (0) e (1), onde:



para qualquer tubo de Pitot como a distância entre as seções (0) e (1) é desprezível, podemos aplicar a equação da energia que se transforma na equação de Bernoulli já que para a situação a perda de carga é desprezível!

$$H_0 = H_1$$

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$$

Como $Z_0 = Z_1$ e $v_0 = 0$ e ainda $p_0 - p_1 = p_d$

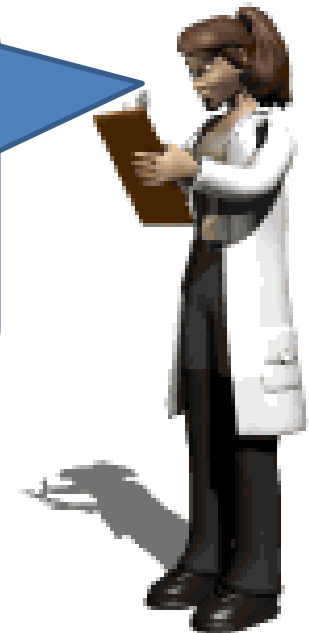
$$\text{tem-se: } v_1 = \sqrt{2g \times \frac{p_d}{\gamma}}$$

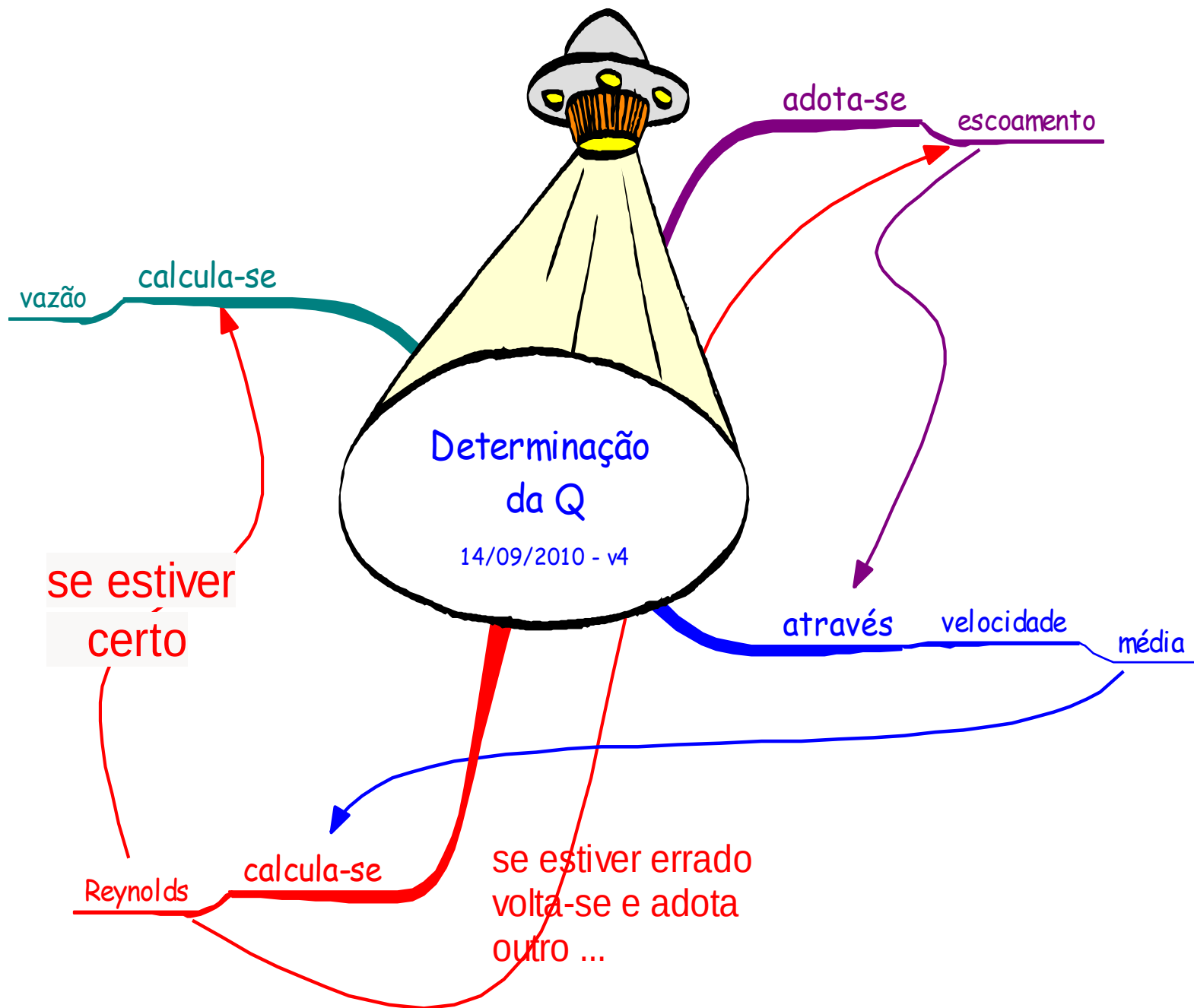


Pela equação manométrica se tem: $p_0 - p_1 = h \times (\gamma_m - \gamma)$, portanto:

$$v_{\text{real}} = \sqrt{2g \times \frac{(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}} \times \sqrt{h}$$

Tendo a velocidade real e estando o tubo de Pitot no eixo da tubulação pode-se determinar a vazão do escoamento como descrito no mindmapping do próximo slide.





Se o Pitot não estiver no eixo da tubulação

Adota-se o escoamento, por exemplo o turbulento, onde se sabe que:

$$V_{\text{real}} = V_{\text{máx}} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$$

Tendo-se a velocidade real calcula-se a velocidade máxima e média:

$$V_{\text{média}} = \frac{49}{60} \times V_{\text{máx}}$$

Com a velocidade média verifica-se o Reynolds.

Se não for turbulento:

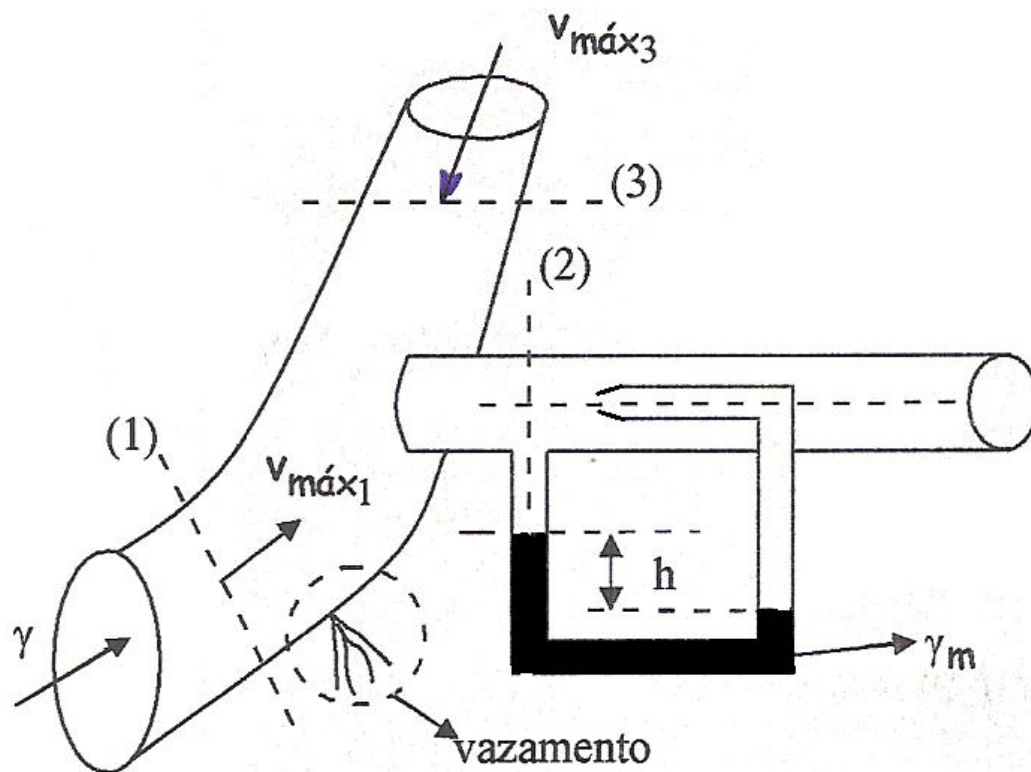
Repete-se o procedimento anterior adotando-se o escoamento laminar, onde se tem:

$$v_{\text{real}} = v_{\text{máx}} \times \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

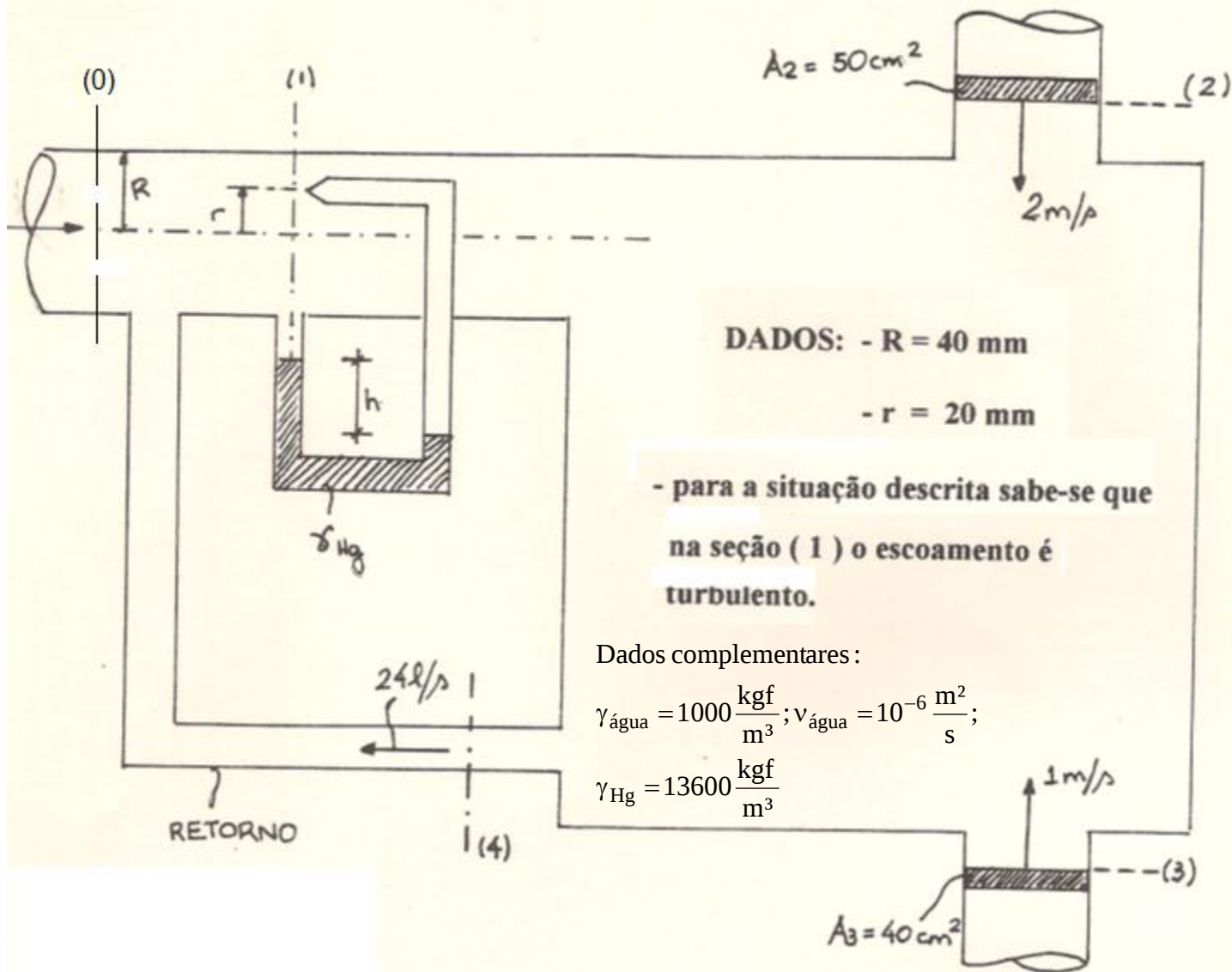
$$v_{\text{média}} = \frac{v_{\text{máx}}}{2} \Rightarrow Q = v_{\text{média}} \times A$$

1. O engenheiro de manutenção constatou um vazamento em um trecho de uma dada instalação, como é esquematizado a seguir. Sabendo que o escoamento na seção (1) é laminar e que tem em (2) e (3) turbulento, pede-se determinar a vazão do vazamento.

Dados: nas seções (1), (2) e (3) se considera conduto forçado de seção circular, onde se tem $D_1 = 38,1 \text{ mm}$; $D_2 = 15,6 \text{ mm}$; $D_3 = 26,6 \text{ mm}$; $v_{\text{máx}1} = 1 \text{ m/s}$; $v_{\text{máx}3} = 2 \text{ m/s}$; $h = 3,7 \text{ cm}$; $\nu = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; $\gamma = 8500 \text{ N/m}^3$; $\gamma_m = 136000 \text{ N/m}^3$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

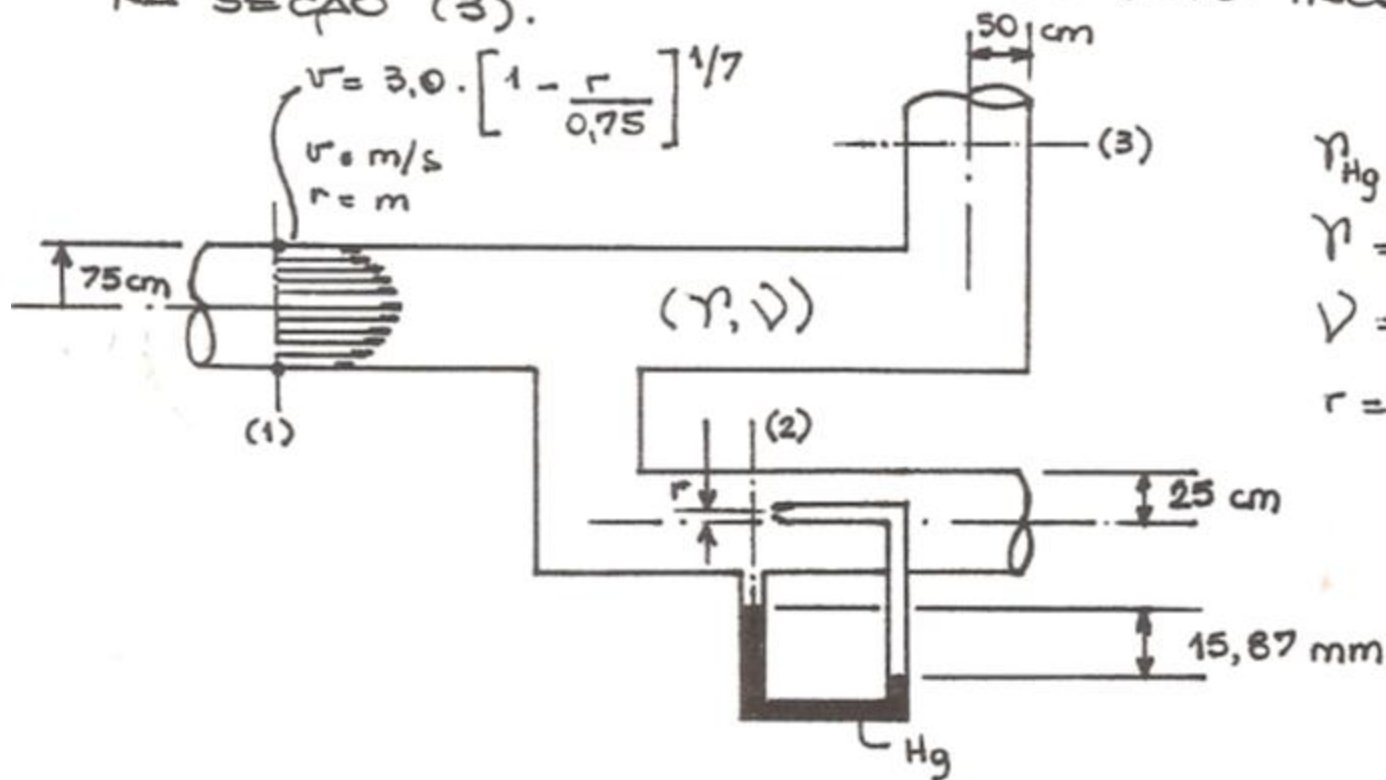


2 Considerando o esquema abaixo pede-se determinar o desnível do fluido manométrico utilizado no manômetro diferencial acoplado ao tubo de Pitot e verificar se o sentido indicado para a seção (0) está correto.



3. O ESQUEMA A SEGUIR REPRESENTA UM TRECHO DE UMA INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ONDE (VALOR 2,5) TODAS AS TUBULAÇÕES SÃO FORÇADAS E DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR. PEDE-SE:

- AS VAZÕES EM VOLUME NAS SEÇÕES (1), (2) E (3);
- A CLASSIFICAÇÃO DO ESCOAMENTO INCOMPRESSÍVEL NA SEÇÃO (3).



4. No trecho de instalação da figura o fluido que escoa é água ($\gamma=10000\text{N/m}^3$ e $\nu=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$) e o fluido manométrico é mercúrio ($\gamma=136000\text{N/m}^3$). O diagrama de velocidades na seção (C) é dado por $v = 2 - 100r^2$ (SI). Determinar:

- O desnível h do manômetro; (0,19m)
- A vazão e o sentido do escoamento na seção A. (42,1L/s) para fora
- O tipo de escoamento na seção B (turbulento)

