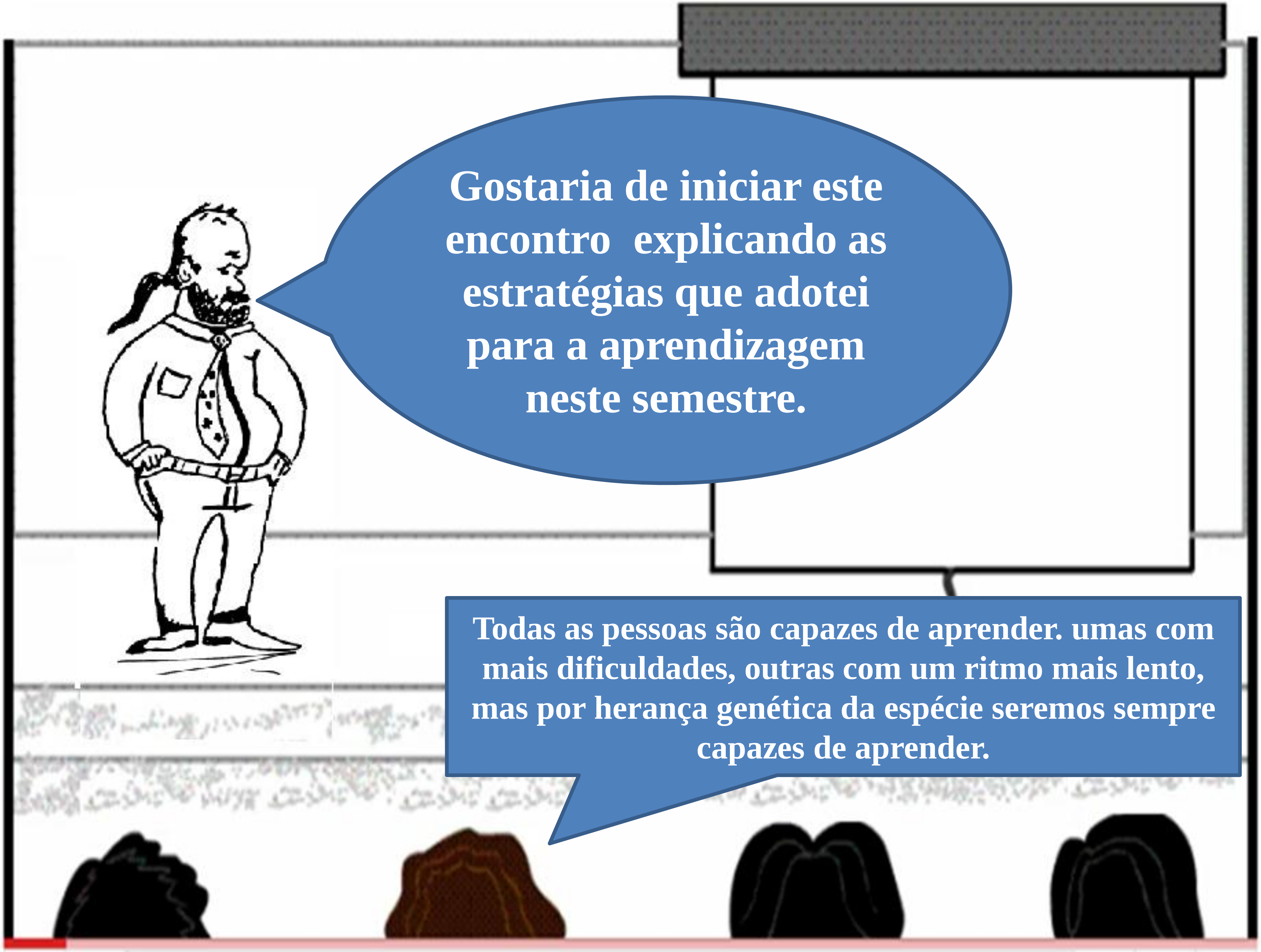
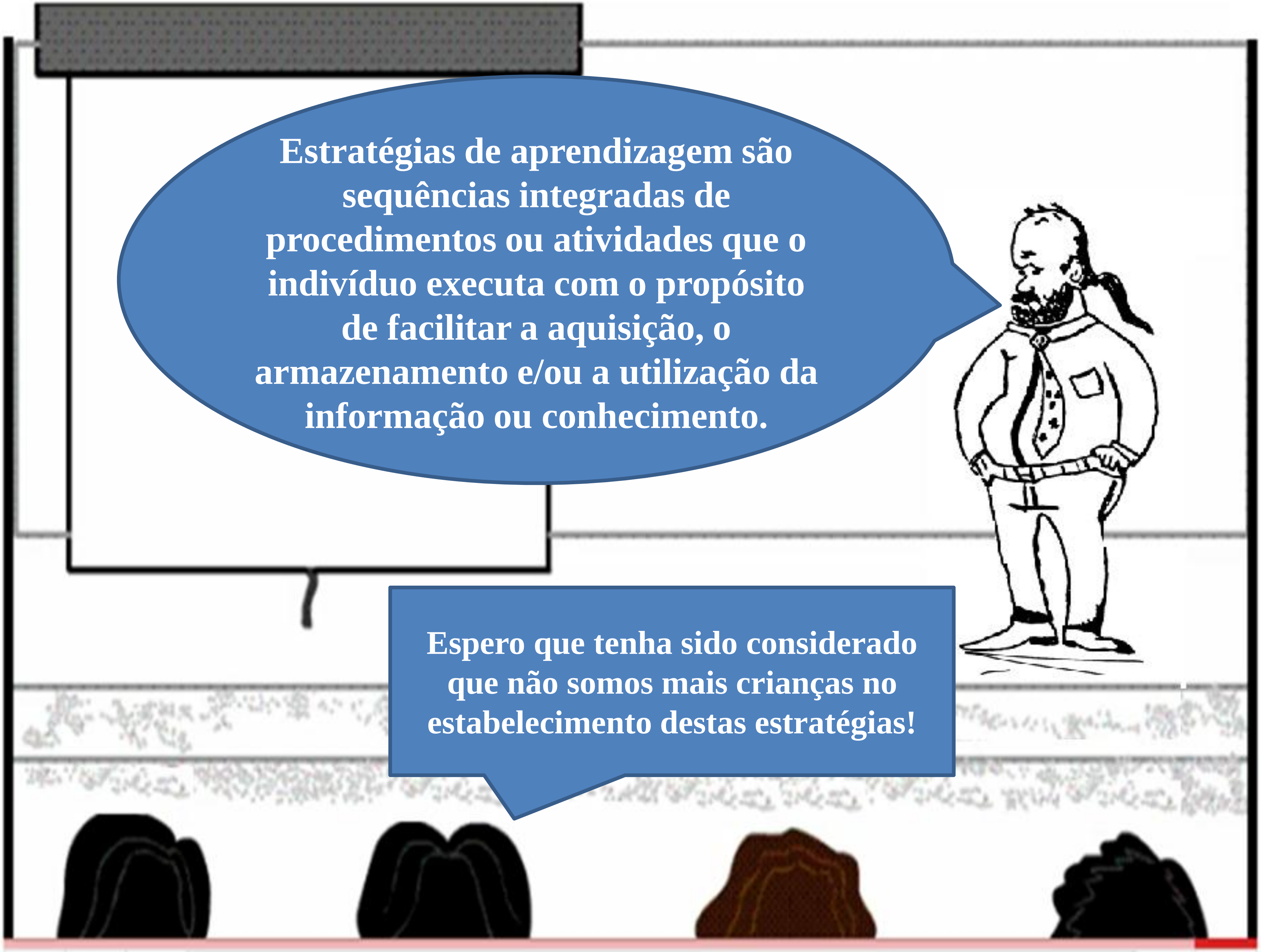
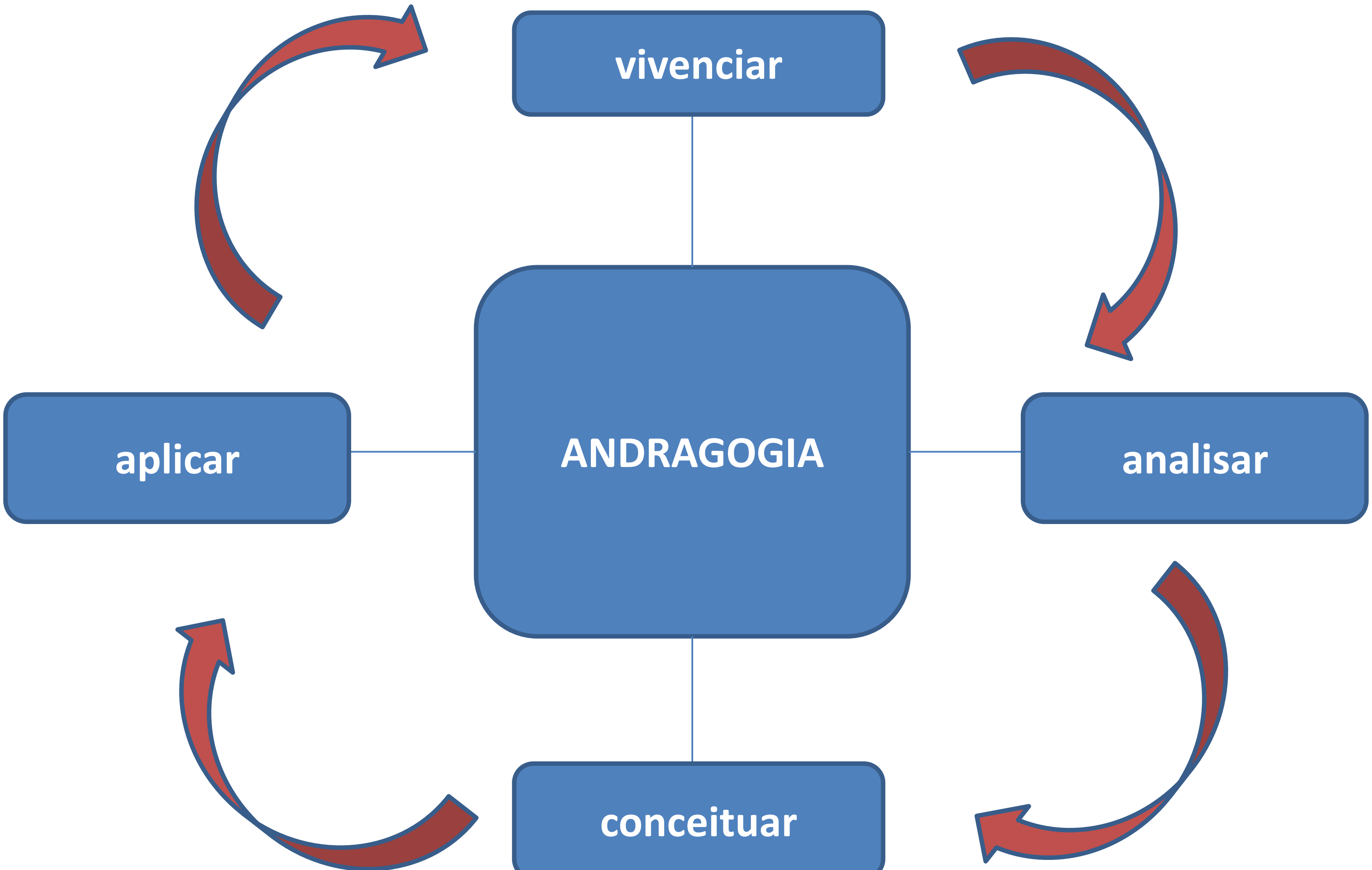
Aula 4 e 5 de laboratório

Segundo semestre de 2012

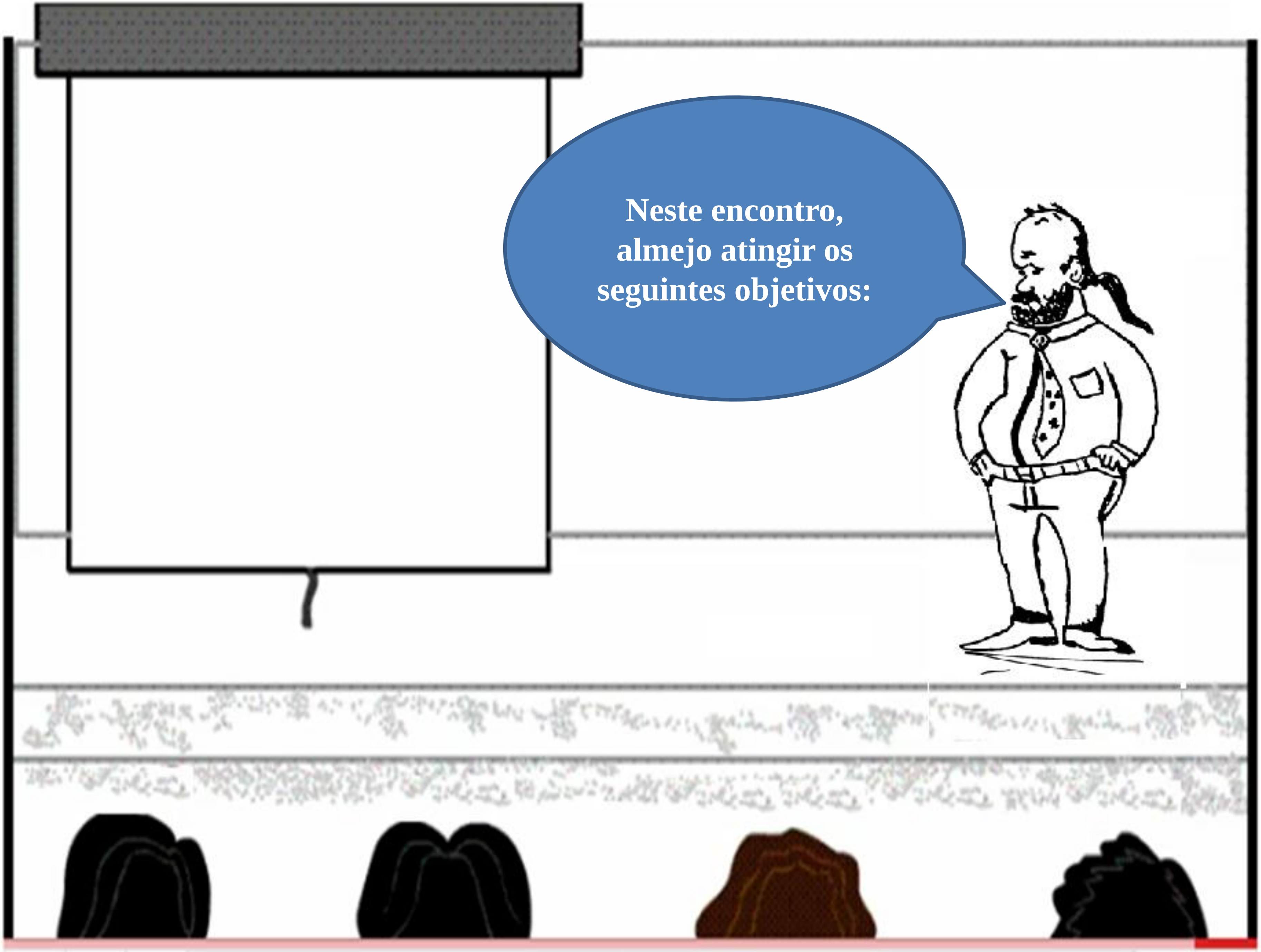

Gostaria de iniciar este encontro explicando as estratégias que adotei para a aprendizagem neste semestre.
Todas as pessoas são capazes de aprender. umas com mais dificuldades, outras com um ritmo mais lento, mas por herança genética da espécie seremos sempre capazes de aprender.

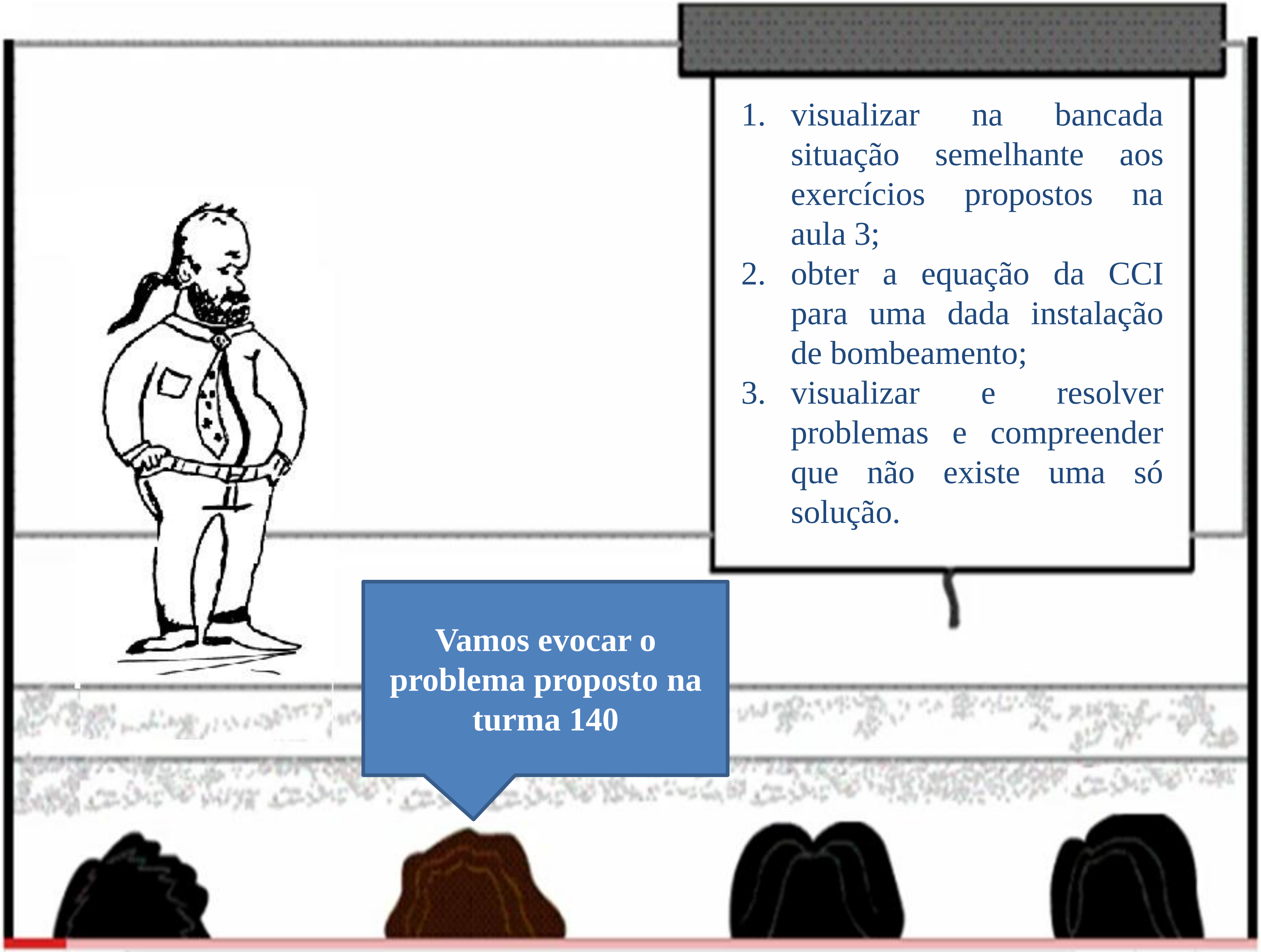

Estratégias de aprendizagem são sequências integradas de procedimentos ou atividades que o indivíduo executa com o propósito de facilitar a aquisição, o armazenamento e/ou a utilização da informação ou conhecimento.
Espero que tenha sido considerado que não somos mais crianças no estabelecimento destas estratégias!


Sim foi considerado e as estratégias foram alicerçadas na andragogia e não na pedagogia e isto significa que consideraremos a metodologia das perguntas e não a das respostas!


vivenciar
aplicar
ANDRAGOGIA
analisar
conceituar

É O APRENDER FAZENDO ATRAVÉS DA PRÓPRIA EXPERIÊNCIA


Neste encontro, almejo atingir os seguintes objetivos:


1. visualizar na bancada situação semelhante aos exercícios propostos na aula 3;
2. obter a equação da CCI para uma dada instalação de bombeamento;
3. visualizar e resolver problemas e compreender que não existe uma só solução.
Vamos evocar o problema proposto na turma 140

Por um tubo de aço 40 de diâmetro nominal de 2" escoa 1 L/s de um óleo de viscosidade cinemática igual a 20 centistokes e massa específica relativa igual a 0,92. Instala-se um manômetro diferencial em forma de U entre duas seções que encontram-se distantes uma da outra de 200 cm. O escoamento é vertical descendente e o fluido manométrico é o bromofórmio (ρ = 2960 kg/m³). Determine o desnível do fluido manométrico.

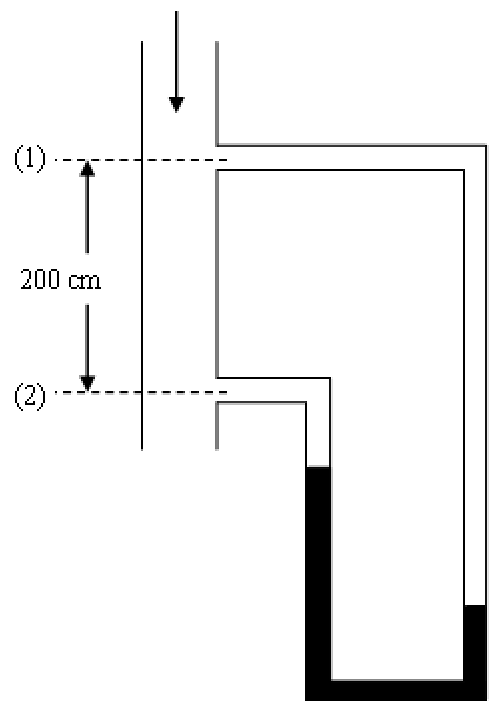
Dados: rugosidade do aço considerada igual a 0,046 mm

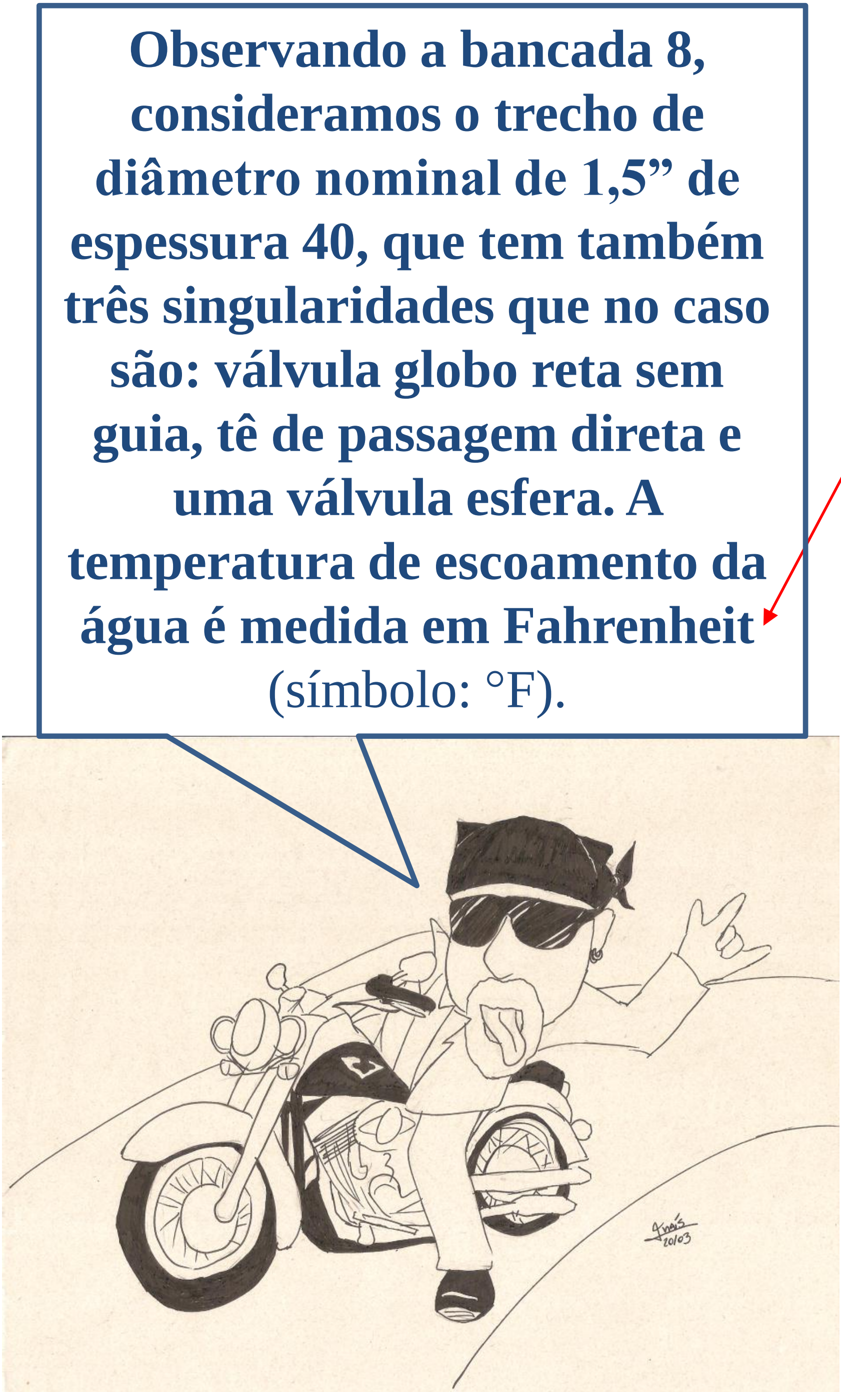
Local da instalação: São Bernardo do Campo: Latitude do distrito sede do município: -23,69389° - Altitude: 762 m – **trabalhar com a aceleração da gravidade com 3 casas decimais**

1 stoke = 1 cm²/s

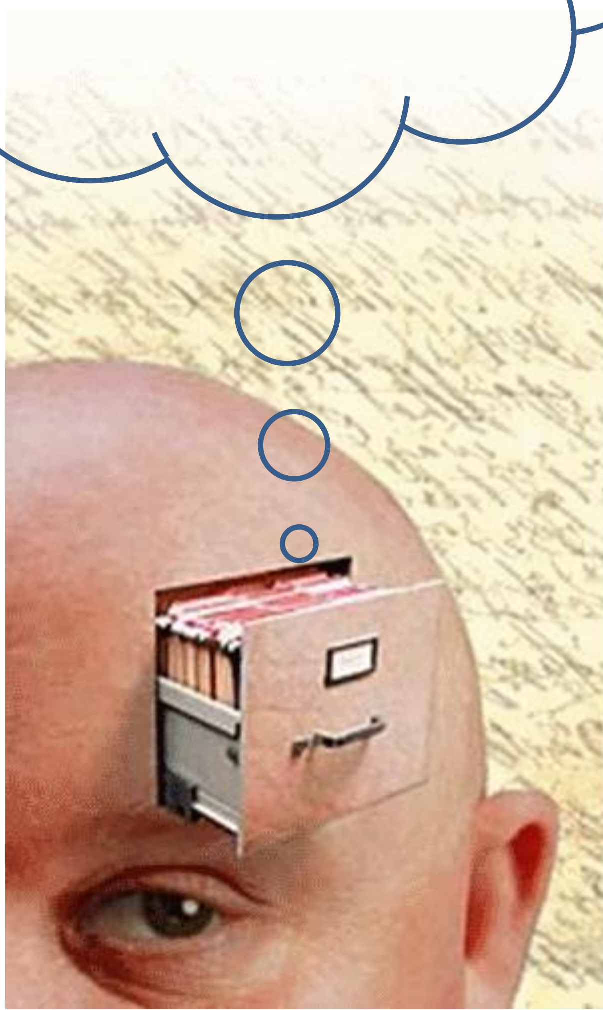
$\rho_{padrão\_liquidos} = \rho_{água\_4^0C} = 1000\ kg/m^3$

Diagrama de Rouse

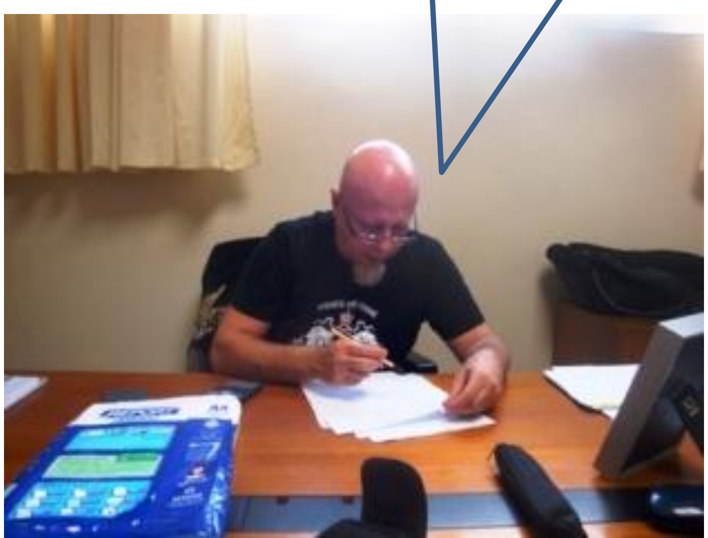



Observando a bancada 8, consideramos o trecho de diâmetro nominal de 1,5” de espessura 40, que tem também três singularidades que no caso são: válvula globo reta sem guia, tê de passagem direta e uma válvula esfera. A temperatura de escoamento da água é medida em Fahrenheit (símbolo: °F).

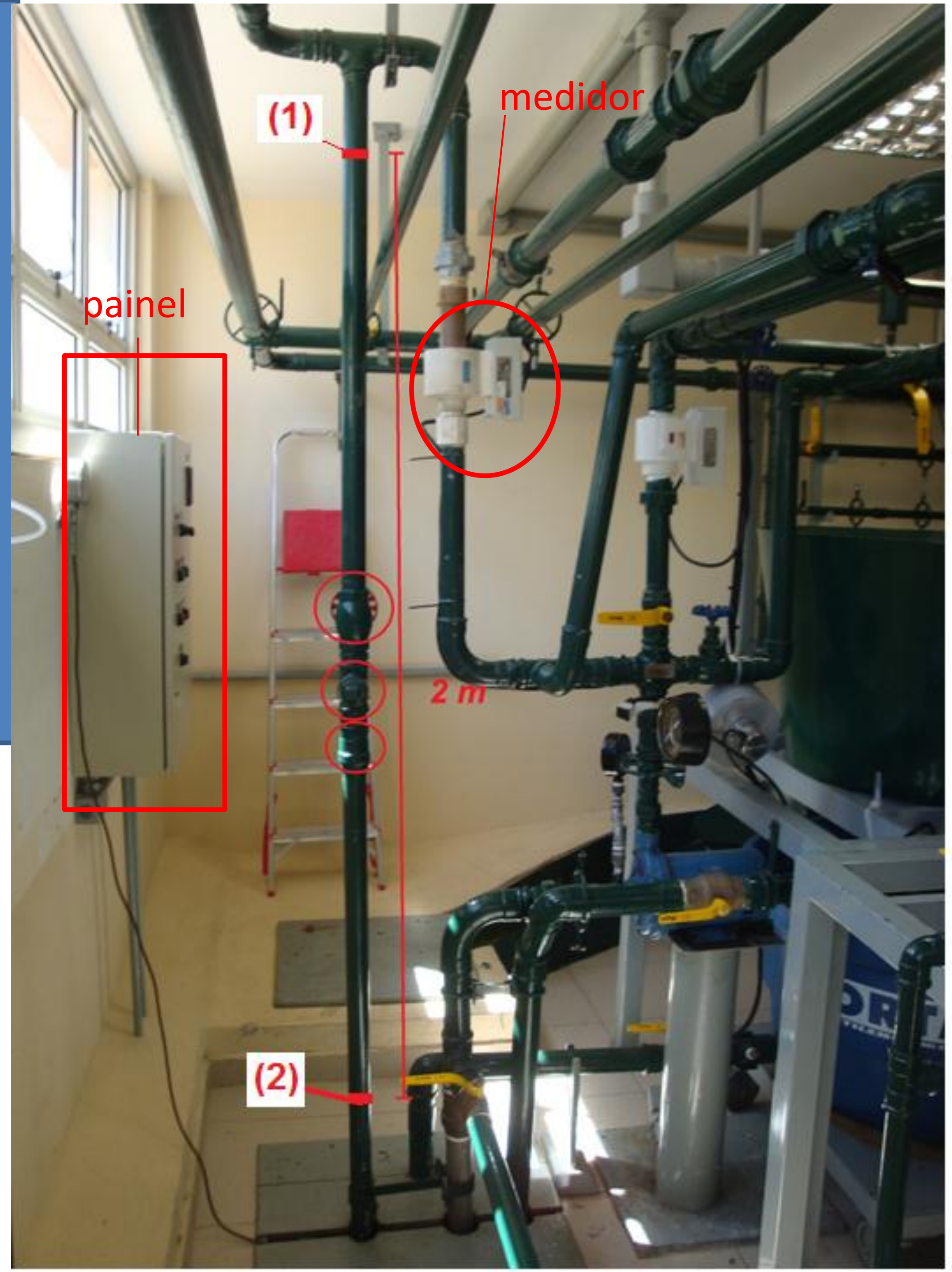
E aí basta acrescentar ao comprimento de 2 m os comprimentos equivalentes de cada uma das singularidades.



Ao lado podemos observar o sentido de escoamento d’água.



Para que possamos determinar o desnível do fluido manométrico, devemos determinar a variação de pressão entre as seções (1) e (2), porém para isto nos deparamos com uma dificuldade, que seria a determinação da vazão de escoamento, isto porque, o painel que registraria a vazão medida pelo medidor eletromagnético está danificado.



Como a(o) engenheira(o) deve resolver problemas, este é só mais um. Para resolvê-lo, proponho uma análise da curva característica da bomba (CCB), que pode ser construída através da tabela obtida através da curva fornecida pelo fabricante.

Dados para a CCB

Q fab.	Hb fab.
(m³/h)	(m)
0	39,5
2	39,5
4	39
6	37,5
8	35
10	33
12	30
14	26,5
16	21,5

MARK GRUNDFOS LTDA.

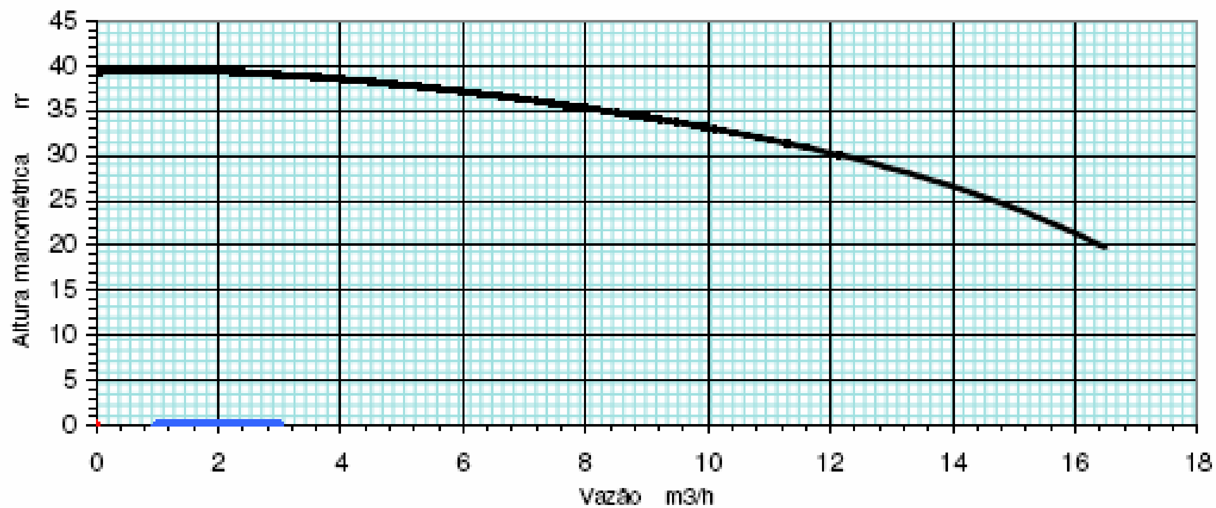
Bomba Centrífuga Monoestágio

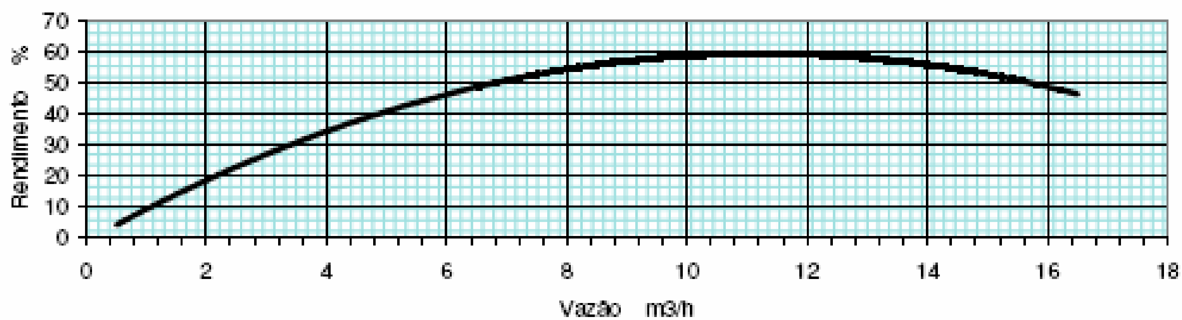
MODELO

DF

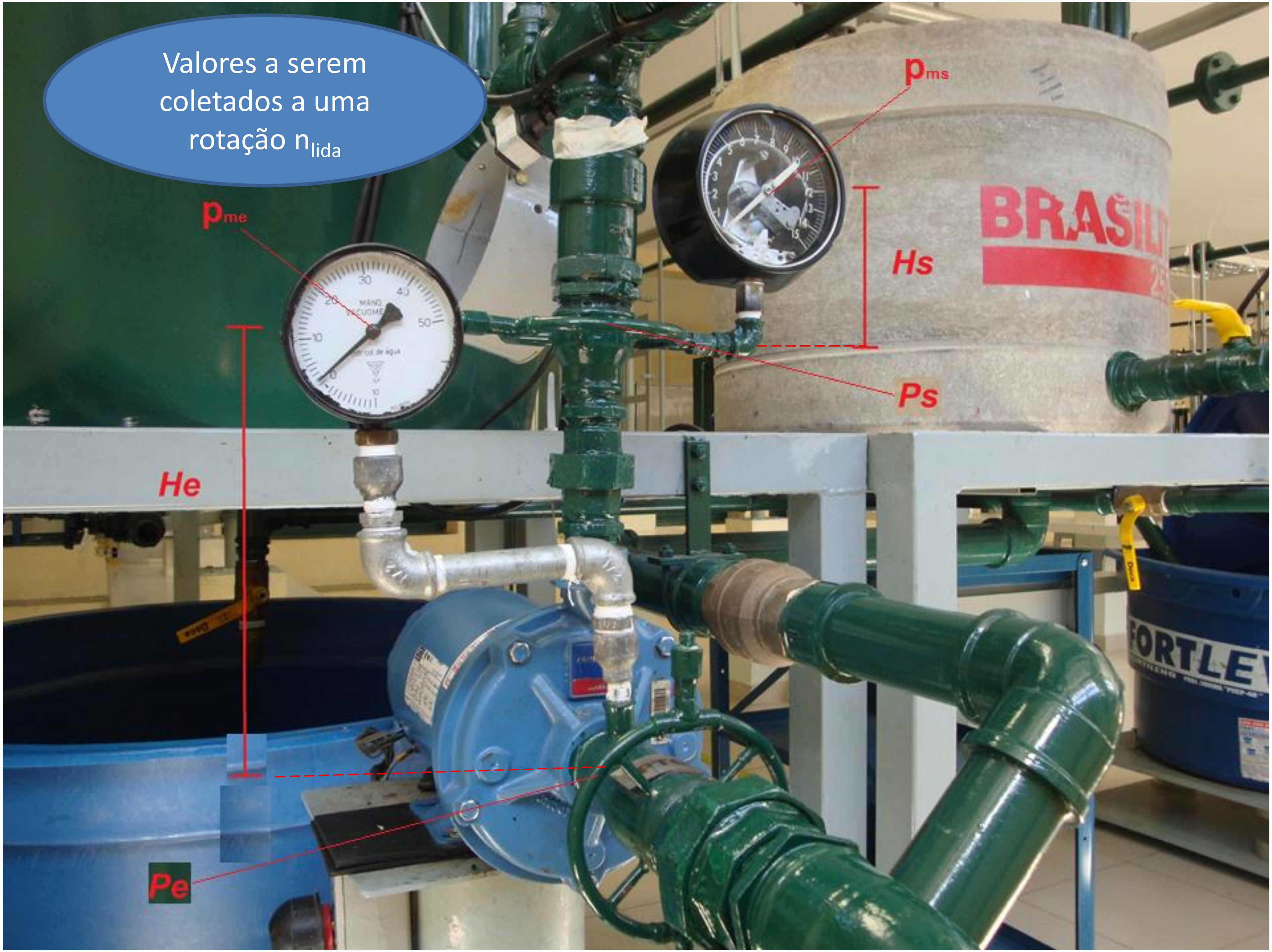
Rotor	146	mm	Número de estágios			1		Sucção	Recalque	RPM
Ponto de trabalho								1.1/2"	1"	3.500
Q		Hm						Vedação	Roscas	Válido para água limpa a 20 C.
cv		%						Selo mecânico	BSP	

Testes e Aceitação conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A





Para a determinação da vazão nós aplicamos a equação da energia entre a seção de entrada e de saída da bomba.


Valores a serem coletados a uma rotação n_{lida}
p_{ms}
p_{me}
Hs
He
Ps
Pe
BRASILIT
FORTLEV

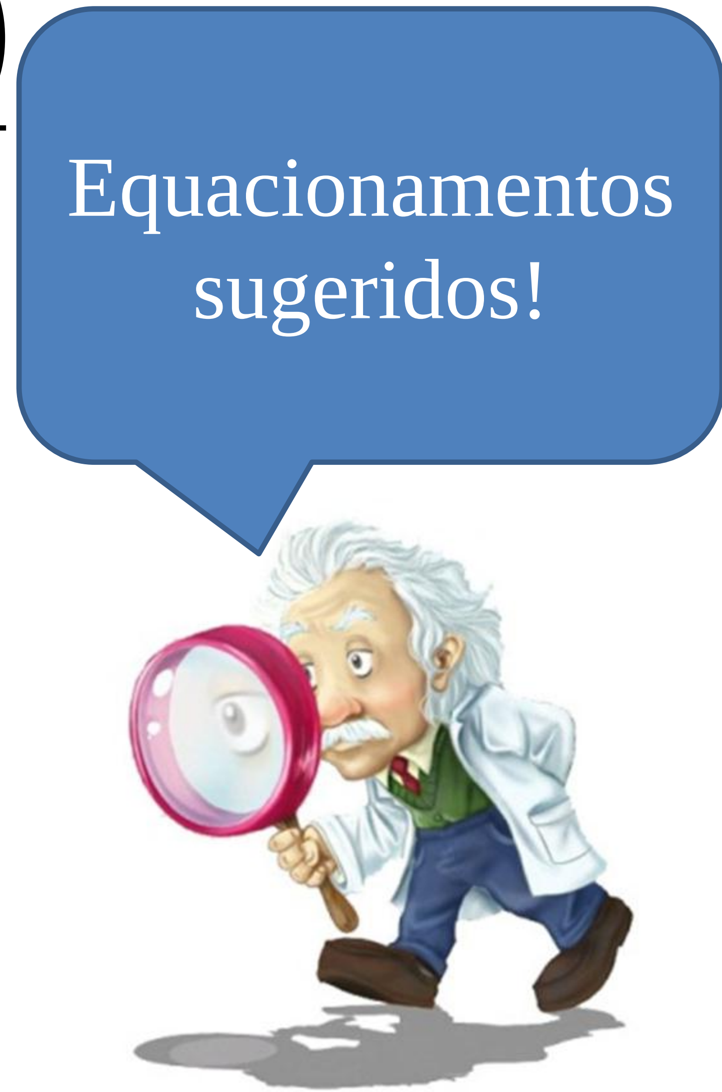
$$H_e + H_B = H_s$$

$$H_B = (z_s - z_e) + \frac{(p_s - p_e)}{\gamma}$$

$$v_e = v_s$$

$$p_e = p_{me} + \gamma \times H_e$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times H_s$$

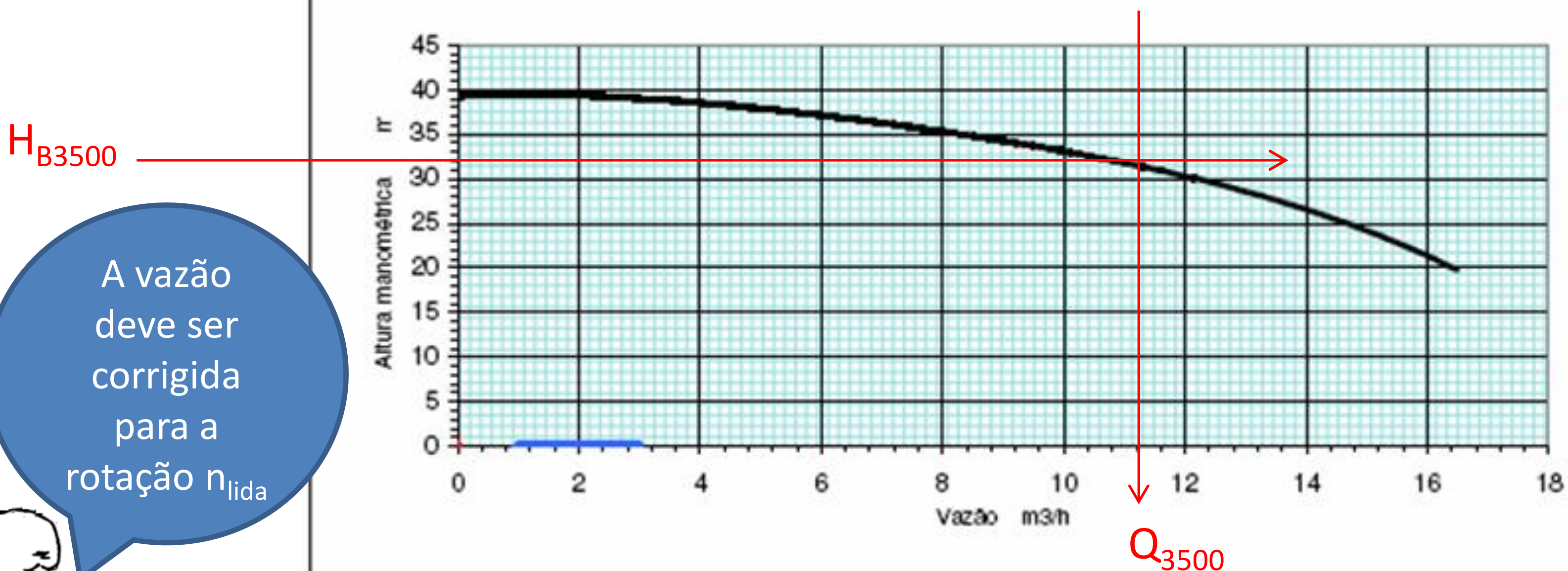


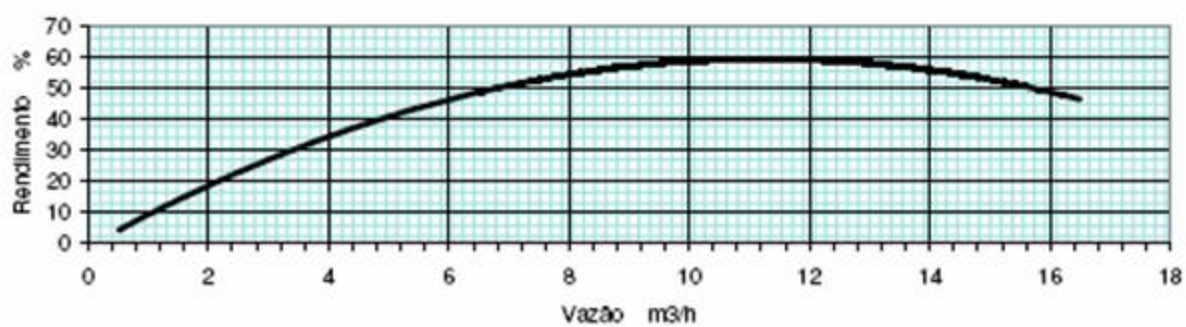
Mas para a determinação da vazão pela CCB, devemos corrigir a carga manométrica para a rotação de 3500 rpm

$$\frac{H_{B_{3500}}}{3500^2} = \frac{H_{B_{experiência}}}{n^2_{experiência}}$$

GRUNDFOS MARK	MARK GRUNDFOS LTDA.						
	Bomba Centrífuga Monoestágio						MODELO DF
Rotor	146	mm	Número de estágios	1	Sucção	Recalque	RPM
Ponto de trabalho					1.1/2"	1"	3.500
Q		Hm			Vedação	Roscas	Válido para água limpa a 20 C.
CV		%			Selo mecânico	BSP	

Testes e Aceitação conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A





Obtemos a vazão para a rotação do experimento através da condição de semelhança entre o coeficiente de vazão do modelo (nlida) e o protótipo (3500 rpm), ou seja:

$$\phi_{modelo} = \phi_{protótipo}$$

$$\frac{Q_m}{n_m \times D_{r_m}^3} = \frac{Q_p}{n_p \times D_{r_p}^3}$$

$$\text{Como } D_{r_m} = D_{r_p}\text{, temos: } \frac{Q_m}{n_m} = \frac{Q_p}{n_p} \rightarrow \frac{Q_{n_{lida}}}{n_{lida}} = \frac{Q_{3500}}{3500}$$

Com a vazão da rotação lida, podemos calcular a perda de carga entre as seções (1) e (2), já que:

$$H_p = f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}, \text{onde}:$$

$$L = 2m;$$

$$\sum Leq = Leq_{VGL} + Leq_{V.esfera} + Leq_{tê\_passagem\_direta}$$

Observações:

1. Leq_{VGL} e $Leq_{V.esfera}$ devem ser obtidos no catálogo da Mipel;
2. $Leq_{tê\_passagem\_direta}$ deve ser obtido no catálogo da Tupy;
3. O coeficiente de perda de carga distribuída (f) deve ser obtido no sítio: www.escoladavida.eng.br lembrando que:
   a. massa específica, viscosidade e viscosidade cinemática obtidos em função da temperatura de escoamento d’água;
   b. tubo de diâmetro nominal 1,5” com espessura 40 deve ter seu diâmetro interno e área da seção livre obtidos na norma ANSI B3610 que encontra-se no sítio: www.escoladavida.eng.br;
   c. aceleração da gravidade igual a 9,8 m/s² ou o valor obtido para SBC.

Calculada a perda de carga, aplicamos a equação da energia entre as seções (1) e (2) e determinamos a diferença de pressão $p_1 - p_2$, já que:

$$H_1 = H_2 + H_p$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \times v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \times v_2^2}{2g} + H_p$$

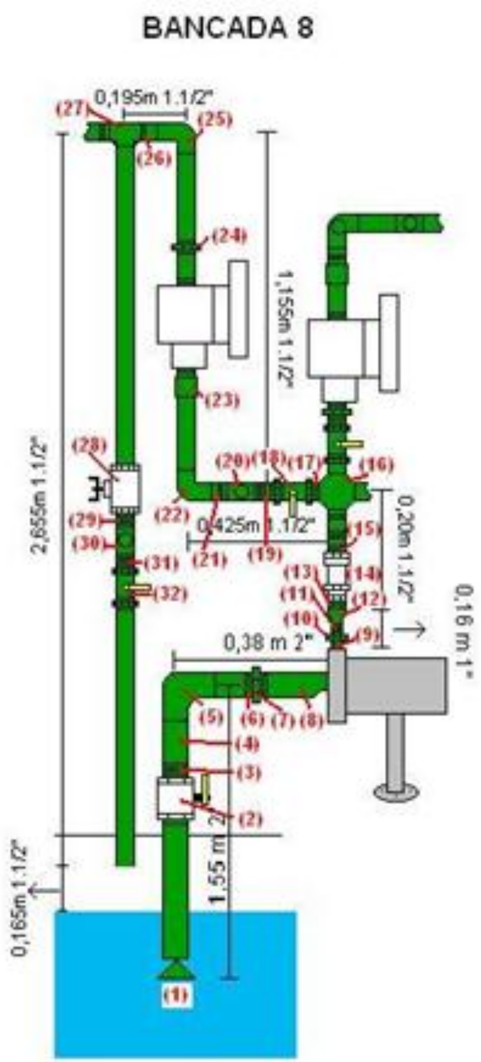
Após a determinação de $p_1 - p_2$, aplicando a equação manométrica, determinamos o desnível do fluido manométrico, que no caso é o bromofórmio ($CHBr_3$) que tem massa específica igual a 2960 kg/m^3 e aí **resolvemos o primeiro problema proposto**.

Segundo problema

Dado o desenho do próximo slide e considerando a CCB e obtendo a equação da CCI em função da vazão, do coeficiente de energia cinética e dos coeficientes de perda de carga distribuída, pede-se determinar o ponto de trabalho que para este exercício será: vazão, carga manométrica, rendimento e potência da bomba.

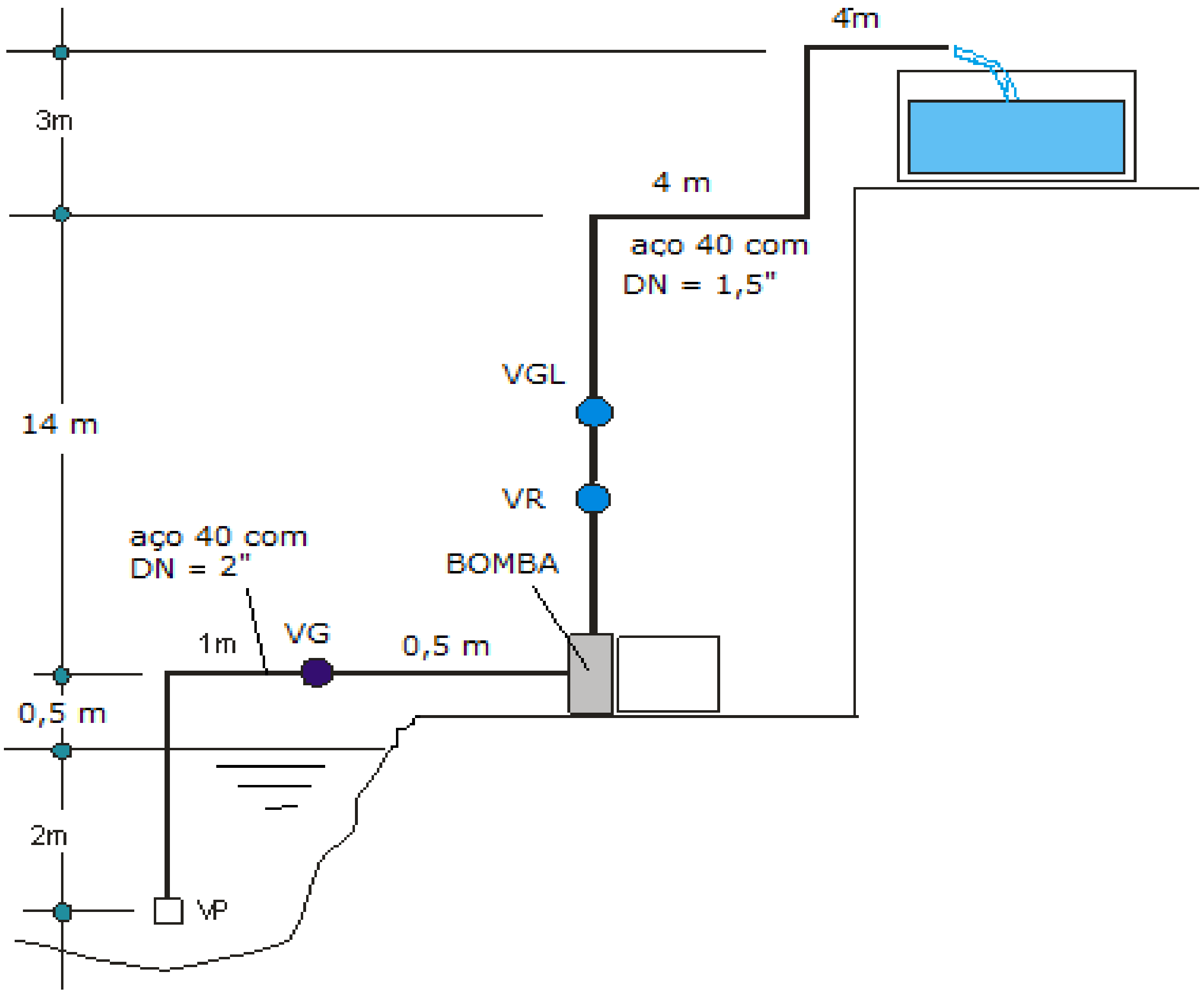
Compare esta vazão de trabalho com a vazão obtida no primeiro problema e se houver diferença comente as possíveis causas.

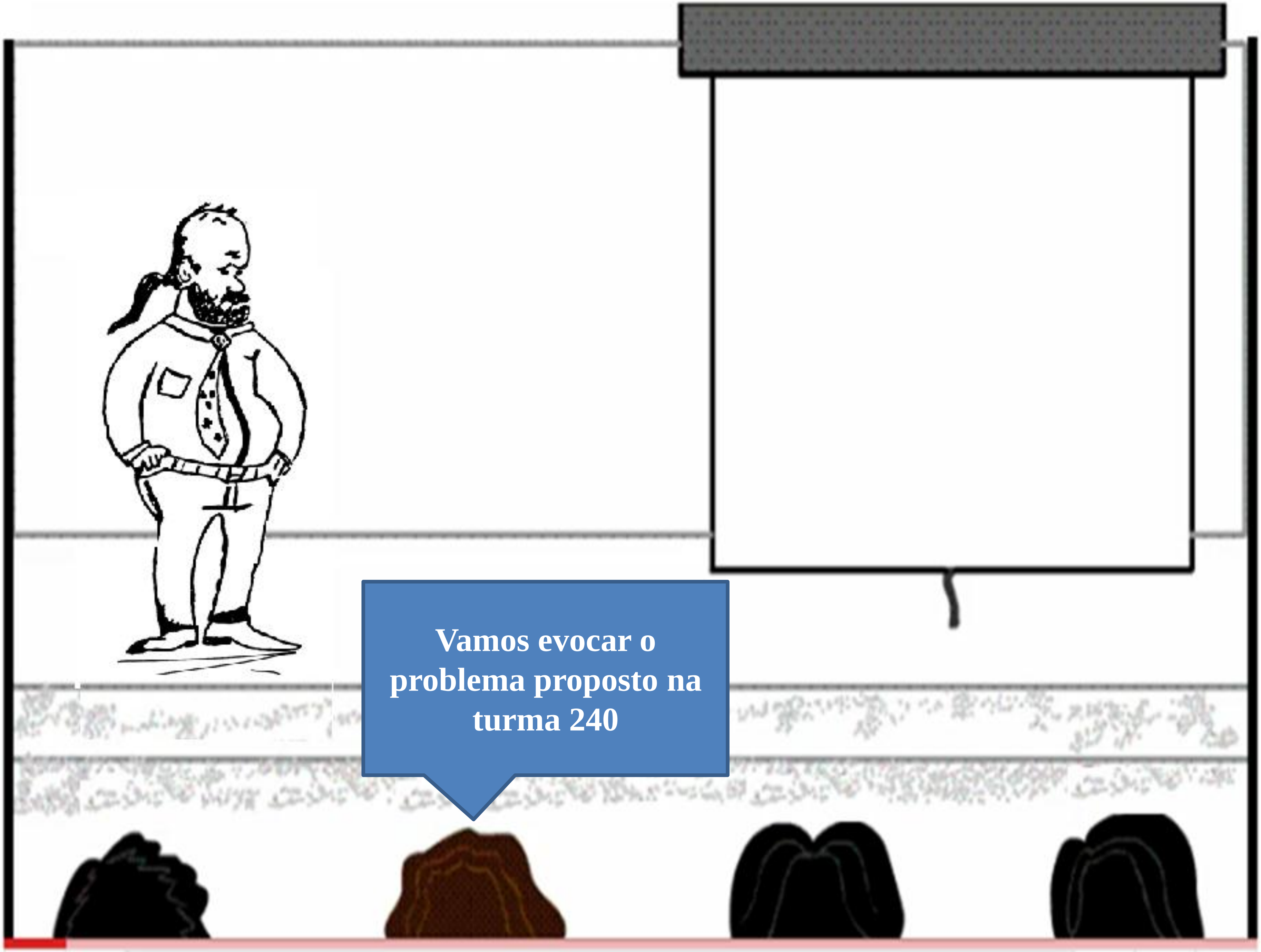
Turma 140 = quarta aula e turma 240 = quinta aula



Númeração	Nome da singularidade
1	válvula de poço
2, 18 e 32	válvula esfera
3, 6, 9, 11, 13, 15, 21 e 26	niple
4 e 30	tê de passagem direta
5, 22 e 25	curva longa fêmea
7, 10 e 24	união fêmea
8	redução excêntrica
12	luva de ampliação
14	válvula de retenção vertical
16	cruzeta de saída lateral
17, 19, 29 e 31	união macho
23	luva de PVC
27	tê de saída lateral
28	válvula globo reta sem guia

Exercício: escrever a equação da CCI e traçá-la através do Excel.




Vamos evocar o problema proposto na turma 240

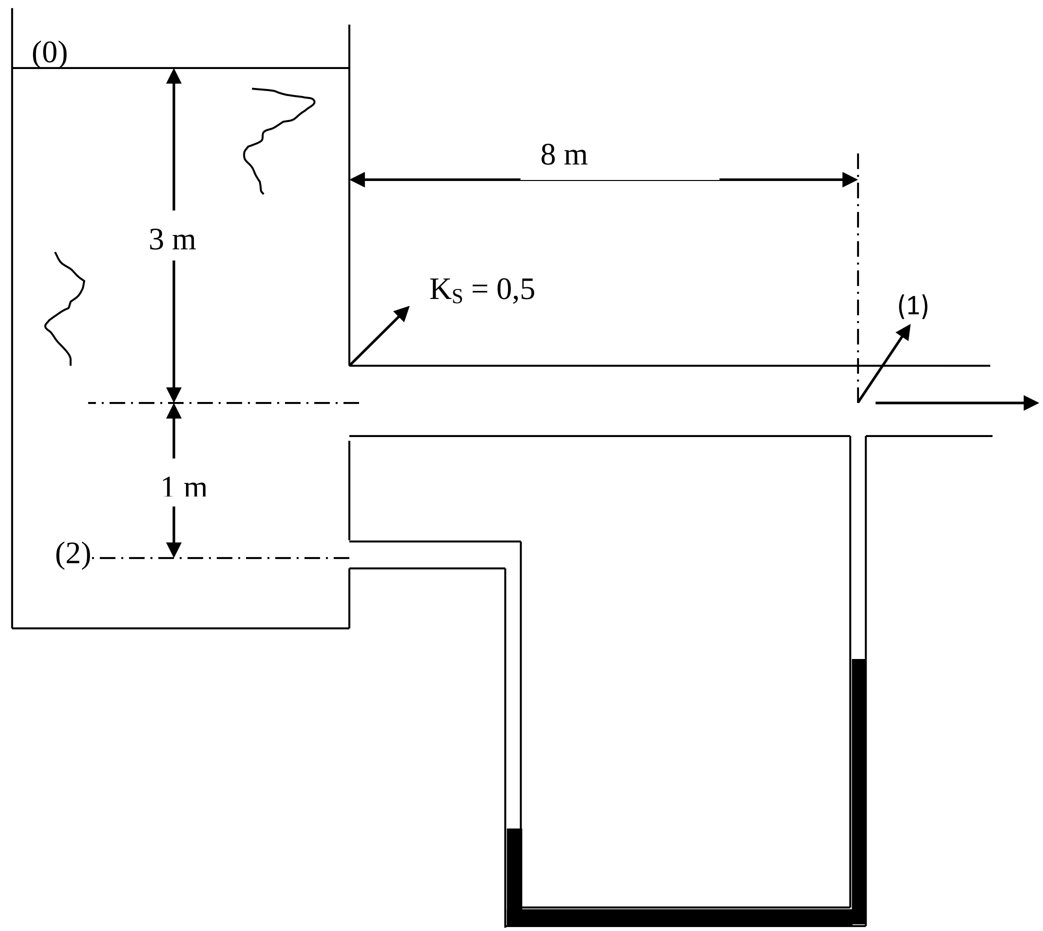
O esquema a seguir encontra-se em um local onde a aceleração da gravidade pode ser considerada igual a 9,8 m/s² e representa um trecho de uma instalação destinada a transportar um fluido (massa específica relativa igual a 0,88 e viscosidade igual a 0,64 x 10^{-3} Pa*s) através de uma tubulação de aço 40 com diâmetro nominal de 1,5" e com uma vazão de 2,36 L/s. Pede-se determinar o desnível do fluido manométrico.

Dados: rugosidade do aço considerada igual a 0,046 mm

O fluido manométrico é o mercúrio (ρ = 13560 kg/m³)

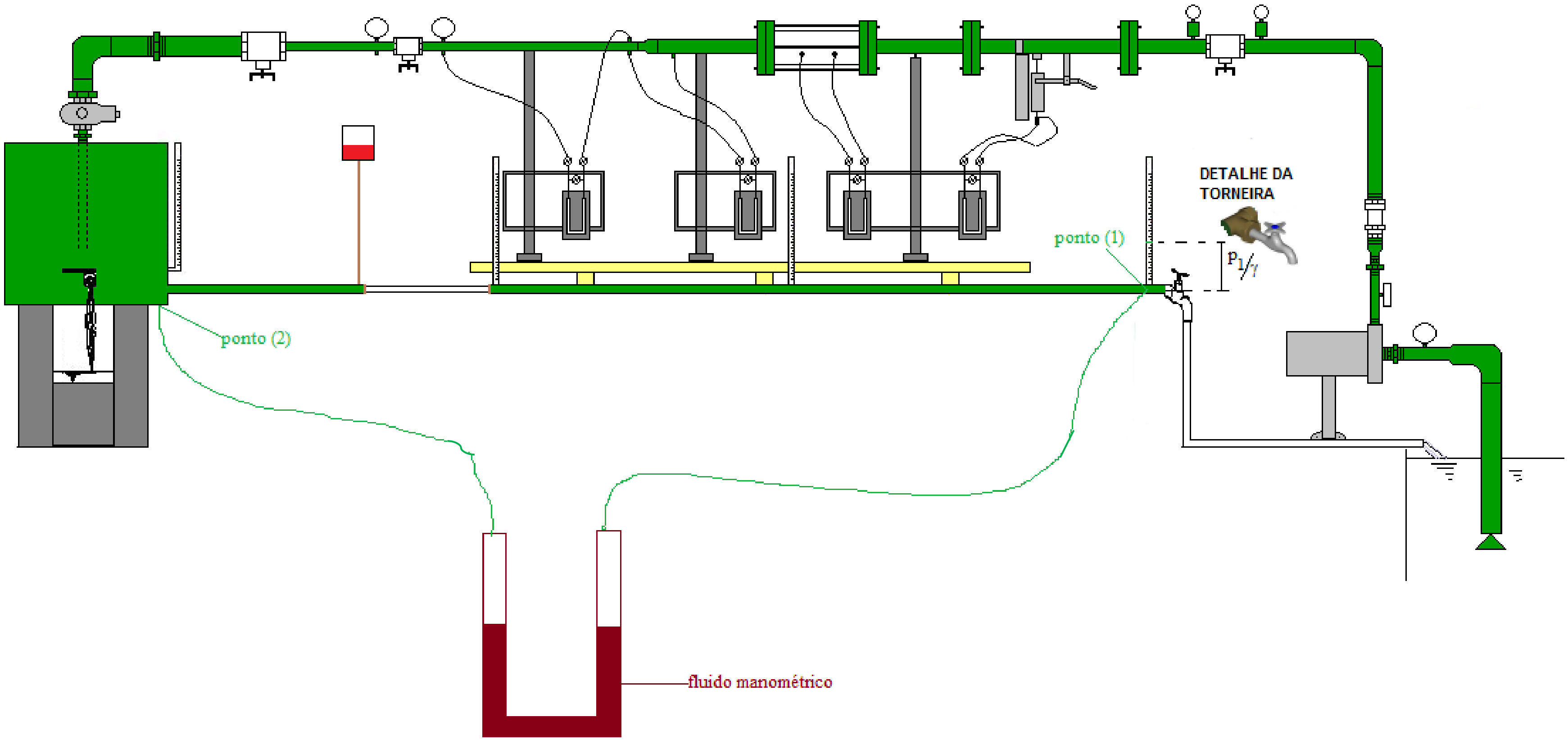
$\rho_{padrão\_líquidos} = \rho_{água\_4^0C}$ = 1000 kg/m³

Diagrama de Rouse



<u>Primeiro problema</u>: mantendo o nível constante no reservatório superior em 300 mm (bancadas 1,2, 3 e 7) e 700 mm (bancadas 4, 5 e 6) que é lido no piezômetro utilizado como medidor de nível no reservatório superior, determine o desnível do bromofórmio utilizado como fluido manométrico no manômetro diferencial em forma de U e que será instalado no fundo do reservatório (ponto (2)) e a seção imediatamente antes (a montante) da torneira (ponto 1).

BANCADA 1

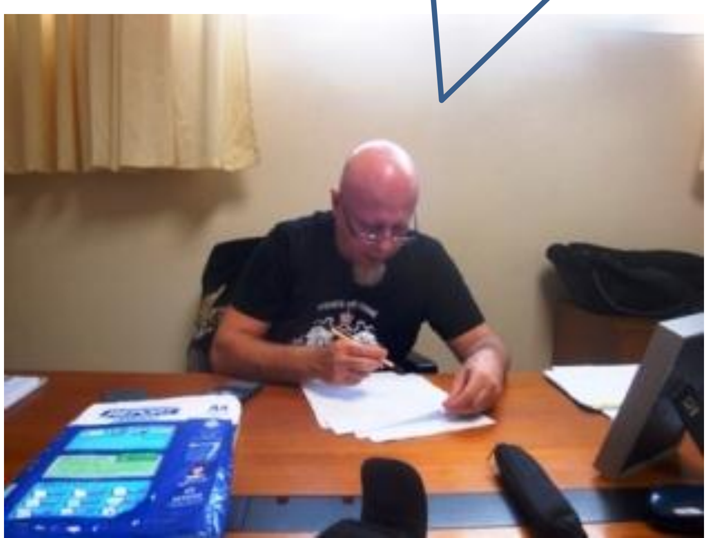


Para a determinação do desnível do fluido manométrico ($CHBr_3$ e Hg) determinamos a pressão no ponto (2) e no ponto (1).

Para a solução deste primeiro problema basta observarmos que o fluido dentro do reservatório superior encontra-se em repouso (nível constante) o que permite determinar a pressão no seu fundo evocando o conceito de pressão em um ponto fluido ($p = \gamma \times h + p_{atm\_local}$), já na seção (1) a pressão pode ser determinada lembrando que um piezômetro lê a carga de pressão ($h = p/\gamma$).

Aí basta aplicar a equação manométrica entre os pontos (1) e (2) que obteremos o desnível do fluido manométrico.

Evocando a equação manométrica



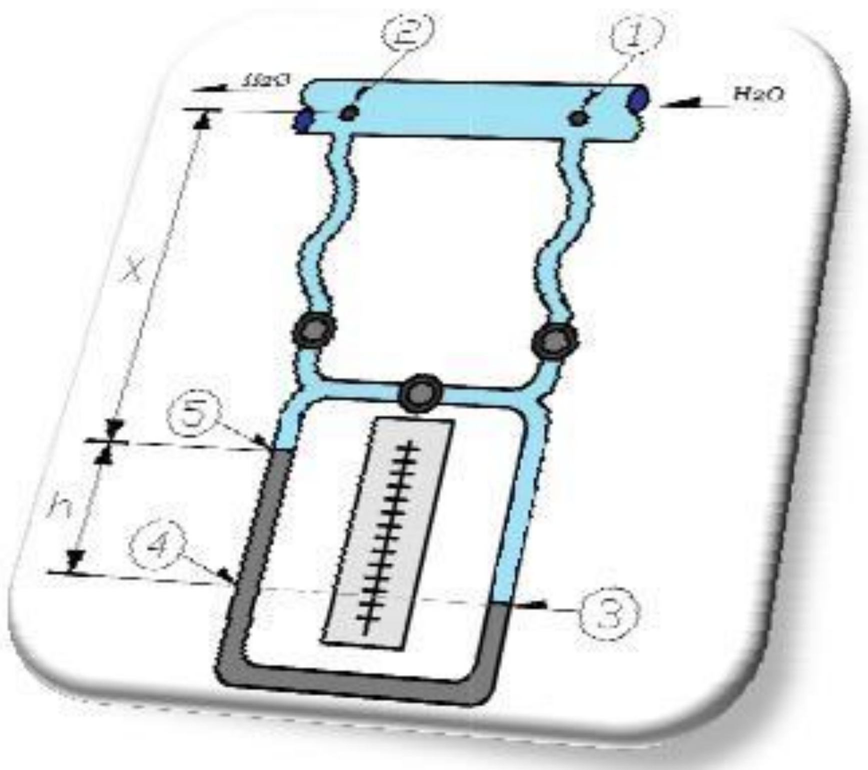
Para se obter a equação manométrica, deve-se adotar um dos dois pontos como referência. Parte-se deste ponto, marcando a pressão que atua no mesmo e a ela soma-se os produtos dos pesos específicos com as colunas descendentes ($+\Sigma\gamma * h_{descendente}$), subtrai-se os produtos dos pesos específicos com as colunas ascendentes ($-\Sigma\gamma * h_{ascendente}$) e iguala-se à pressão que atua no ponto não escolhido como referência.

Exemplo de aplicação da equação manométrica entre dois pontos que encontram-se no mesmo nível, **<u>é importante observação que isto não ocorre no problema proposto</u>**.

Adotando-se como referência o ponto (1):

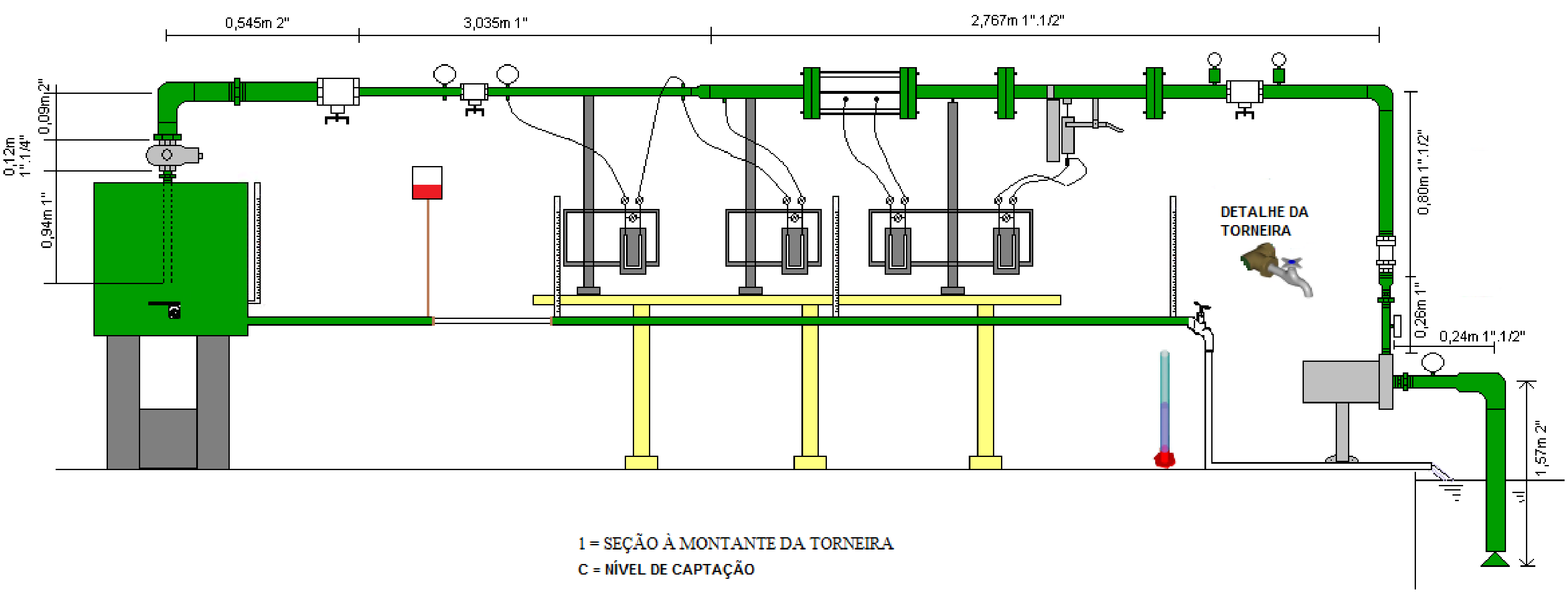
$$p_1 + x * \gamma_{H_2O} + h * \gamma_{H_2O} - h * \gamma_{Hg} - x * \gamma_{H_2O} = p_2$$

$$p_1 - p_2 = h * (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O})$$



Problema 2: Para as duas situações anteriores: 300 mm (bancadas 1,2, 3 e 7) e 700 mm (bancadas 4, 5 e 6), pede-se calcular a $\Sigma l_{eq\_experimental}$ até a seção à montante da torneira (seção (1)) e compará-lo, com a somatória obtida através das tabelas de comprimentos equivalentes do catálogo da Tupy. **Importante** neste problema o bocal convergente é mantido fechado.

BANCADA 1



1 = SEÇÃO À MONTANTE DA TORNEIRA

C = NÍVEL DE CAPTAÇÃO

N = NÍVEL DO RESERVATÓRIO SUPERIOR

BC = SAÍDA DO BOCAL CONVERGENTE

T = SAÍDA DA MANGUEIRA ACOPLADA A TORNEIRA

Para resolvermos este segundo problema, mantendo o nível do reservatório superior constante em 300 mm (bancadas 1, 2, 3 e 7) e em 700 mm (bancadas 4, 5 e 6), aplicamos a equação da energia do nível do reservatório (N) à seção a montante da torneira (seção (1)).

$$H_N = H_1 + H_{p_{N-1}}$$

$$z_N + \frac{p_N}{\gamma} + \frac{v_N^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \times v_1^2}{2g} + H_{p_{N-1}}$$

Após a leitura do piezômetro (1), fechamos a torneira o que possibilita a determinação da vazão de escoamento através do reservatório de nível superior, já que:

$$Q = \frac{\Delta h \times A_{tanque}}{t}$$

Conhecida a vazão e tendo a temperatura de escoamento d’água, podemos calcular a perda entre o nível e a seção 1, bem como o coeficiente de perda de carga distribuída, já que temos que o tubo é de aço com diâmetro nominal de ¾” com espessura 40 e aí basta calcularmos a somatória dos comprimentos equivalentes:

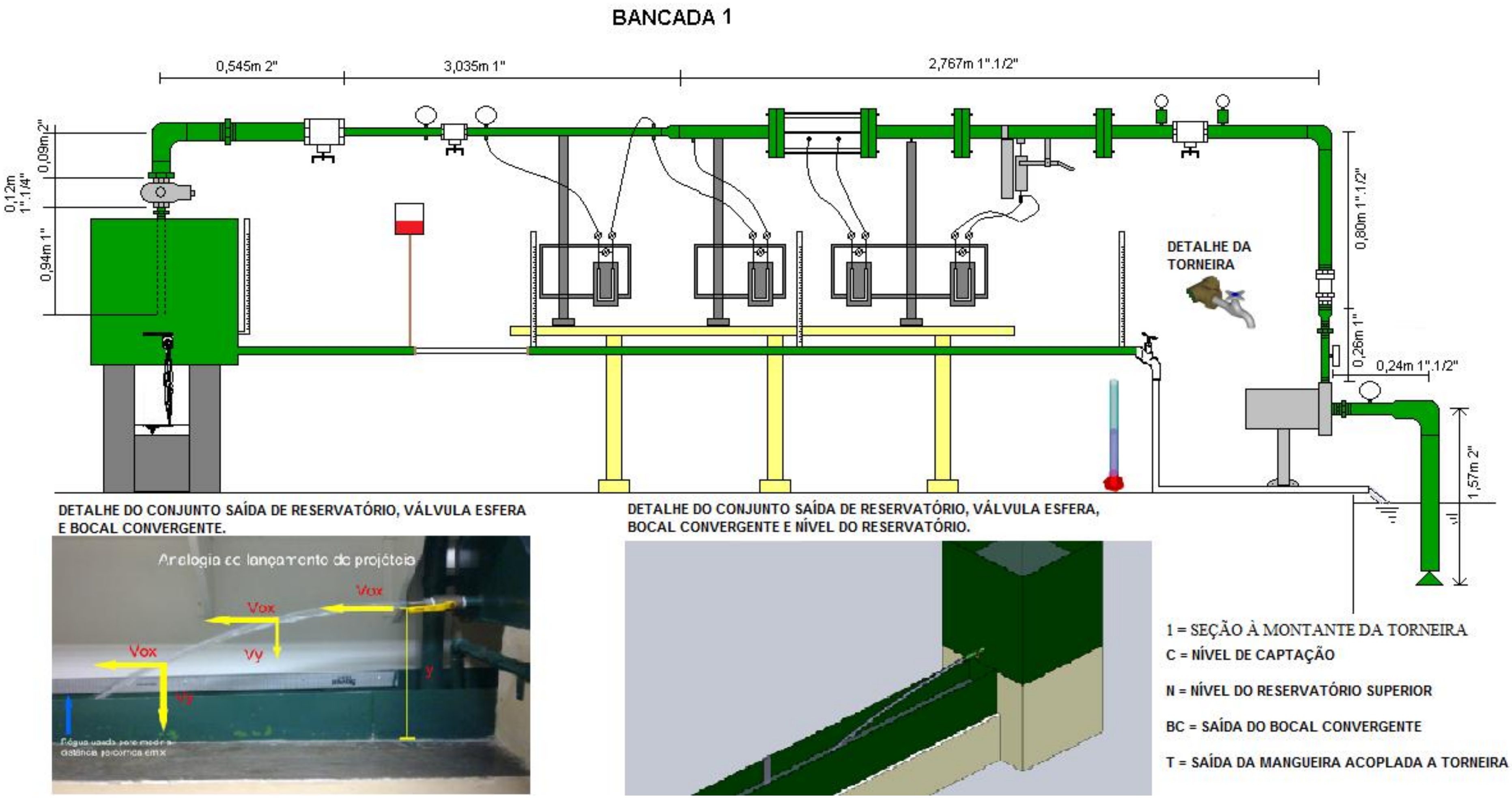
$$H_{p_{N-1}} = f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

A somatória dos comprimentos equivalentes deve ser comparada com a obtida através do catálogo da Tupy, onde eventuais diferenças devem ser comentadas.

Problema 3: Para os níveis constantes no reservatório superior 300 mm (bancadas 1,2, 3 e 7) e 700 mm (bancadas 4, 5 e 6), considerando também o escoamento pelo bocal convergente, pede-se a perda de carga no conjunto: saída do reservatório + válvula esfera + bocal convergente.


Deca
OFF FECHA
ON ABRE

Turma 240 = quarta aula e turma 140 = quinta aula



O DESENHO DA INSTALAÇÃO DE QUEDA LIVRE QUE ALIMENTA A TORNEIRA NÃO ESPECIFICA AS SINGULARIDADES EXISTENTES NA BANCADA.

Bancada 8

Importante

Vamos considerar, **antes de abrir o bocal convergente**, a mesma carga de pressão no piezômetro (1), já que isto garante que teremos a mesma vazão em queda livre pela torneira (Qtorneira) e a mesma perda de carga até a seção a montante da torneira (seção (1)).

ESTA É A MESMA SITUAÇÃO DO PROBLEMA 1 E 2.

Primeira possibilidade de solução do problema 3: balanço de potências entre o nível de captação, saída do bocal convergente e seção (1).

$$\gamma \times Q_B \times H_C + \gamma \times Q_B \times H_B = \gamma \times Q_T \times H_1 + \gamma \times Q_{BC} \times H_{BC} + \gamma \times Q_B \times H_{p_{CCI\_da\_bancada}} + \gamma \times Q_T \times H_{p_{N-1}} + \gamma \times Q_{BC} \times H_{p_{pedida}}$$

$$H_{p_{pedida}} = H_{p_{saída\_reservatório}} + H_{p_{válvula\_esfera}} + H_{p_{bocal}}$$

Para a determinação da carga manométrica da bomba nós aplicamos a equação da energia entre a seção de entrada e de saída da bomba.

Segunda possibilidade de solução do problema 3: balanço de potências entre o nível do reservatório superior, saída do bocal convergente e seção (1).

$$\gamma \times Q_B \times H_N = \gamma \times Q_T \times H_1 + \gamma \times Q_{BC} \times H_{BC} +$$
$$\gamma \times Q_T \times H_{p_{N-1}} + \gamma \times Q_{BC} \times H_{p_{pedida}}$$

$$H_{p_{pedida}} = H_{p_{saída\_reservatório}} + H_{p_{válvula\_esfera}} + H_{p_{bocal}}$$