

Segunda aula do primeiro semestre de 2007



Como fazer na prática o planejamento centrado no aluno?



Praticando a pedagogia das perguntas e motivando os alunos a buscar as respostas na prática.

Boa idéia e se pode recorrer ao painel integrado para movimentar todo mundo na busca das possíveis respostas.



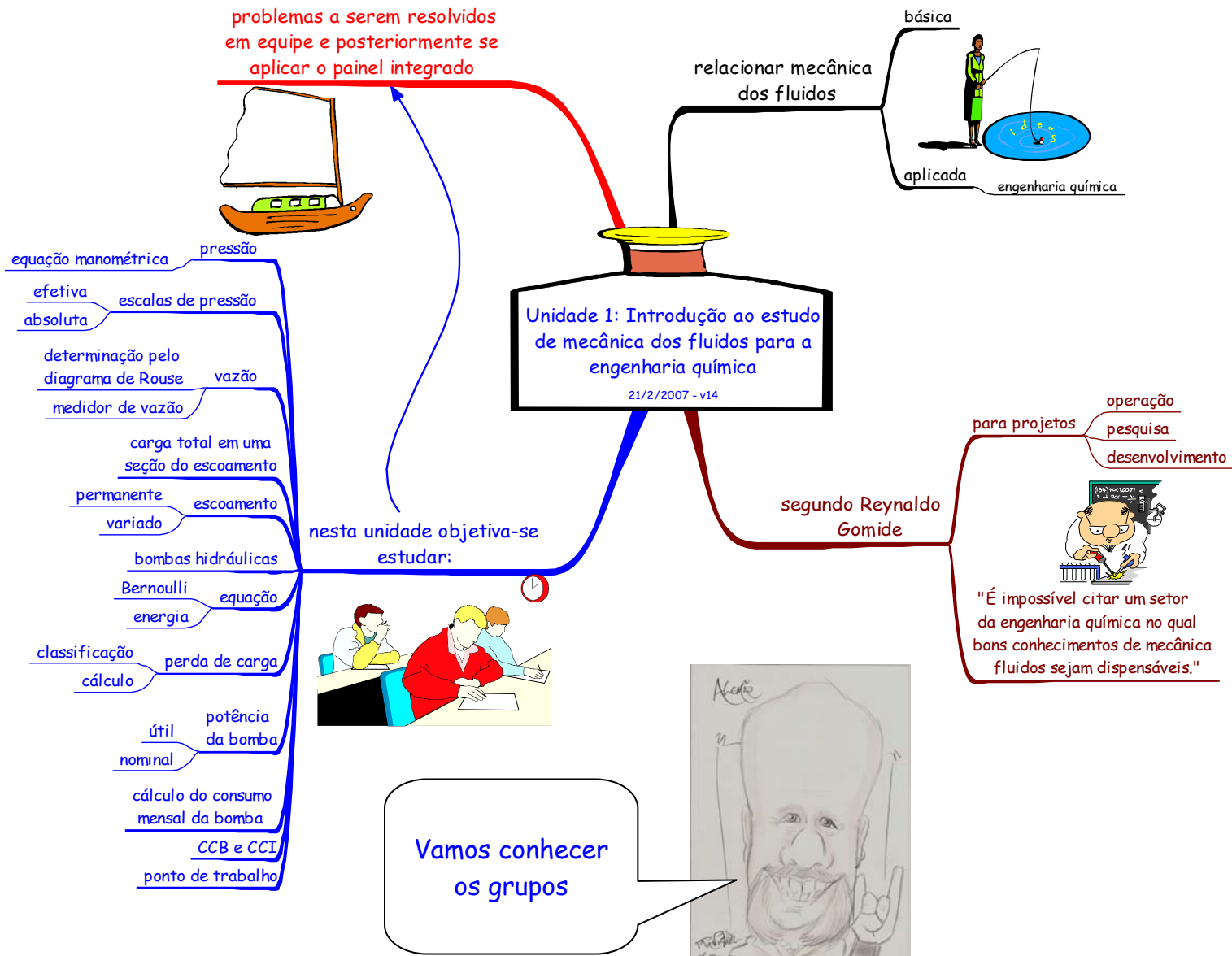
Nestes três primeiros encontros, deve-se conhecer a turma.



Concordo e também procuraremos analisar os conhecimentos de mecflu do pessoal, já que eles serão básicos para acompanhamento do curso.



É isto e vamos procurar também aplicar a metodologia do aprender fazendo. O mapa mental (mindmapping) a seguir menciona o que será abordado nestes três primeiros encontros.

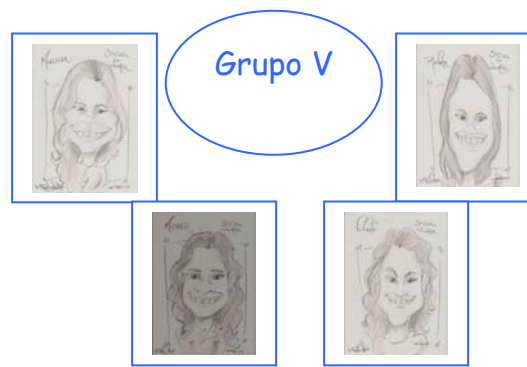




Nesta segunda aula, estaremos aplicando a metodologia da pergunta. Para estimular a busca das respostas os problemas propostos são visualizados na bancada móvel, na bancada 3 e na bancada 7 respectivamente.



O método adotado para o desenvolvimento desta aula será alicerçado no painel integrado. Ou seja, a turma será inicialmente dividida em grupo, no caso se tem cinco grupos de quatro elementos e um de três e cada elemento do grupo recebe um número que pode ser: 1, 2 ou 3. Cada grupo terá 50 minutos para planejar, fazer, avaliar e tomar atitudes corretivas (PDCA), se necessárias, para obter as respostas.





Grupos trabalhando durante a segunda aula.



## Painel integrado

Método que possibilita a transformação da passividade em participação no processo ensino aprendizagem.

Para a sua aplicação adequada, devem-se ter três momentos. No momento inicial a turma será dividida em grupos, cada elemento do grupo receberá um número e cada grupo receberá sua atividade (texto a ser lido, ou pergunta a ser respondida, ou outra atividade estabelecida). No momento intermediário, um novo grupo será formado e constituído pelos elementos que tenham o mesmo número, cada um deles terá um tempo estipulado para apresentar sua atividade e os resultados obtidos através dela, assim todos conhecerão integralmente as atividades desenvolvidas no encontro. Durante o momento intermediário, o facilitador do processo aproxima-se de um dos grupos e fica junto a este como observador. No terceiro momento o facilitador, além de expor os conceitos envolvidos no encontro, relata os comentários construídos através da observação no momento intermediário.

No caso apresentado a turma é constituída de 23 alunos. No momento inicial foram criados seis (6) grupos, cinco (5) formados por quatro (4) elementos e um (1) formado por três (3) elementos. Cada elemento recebeu o número de 1 a 3, isto implica que nos grupos formados por quatro (4) elementos teve-se número repetindo (grupo I o número 1 repetiu, no grupo II foi o 2, no grupo III foi o 3 e no grupo IV foi novamente o 1).

Decorrido o tempo para o desenvolvimento do momento intermediário criou-se três (3) grupos, o grupo I' formado pelos números 1; o grupo II' formado pelos números 2 e o grupo III' formado pelo grupo 3.

Neste momento cada elemento do grupo inicial teve até 10 minutos para apresentação da síntese de sua atividade inicial e responder a eventuais perguntas dos outros participantes. Foi também neste momento, após ter escolhido um dos grupos a observar que construí meus comentários, os quais passam a ser descritos, juntamente com os observados durante o momento inicial.

Observei que a ansiedade para a realização da atividade fez com que praticamente todos os grupos esquecessem a etapa do planejamento e isto obrigará o grupo a refazer o trabalho já que erros foram observados na execução da atividade.

Outro aspecto é que muitas vezes os grupos não consideram as dificuldades apresentadas e em consequência não fizeram alterações para eliminá-las. Como exemplo, é mostrado a leitura da pressão de saída da bomba, as figuras 1 e 2 representam as situações que os grupos efetuaram as leituras, onde se tinha o manômetro na horizontal e a escala de ponta cabeça para quem lia, o que possibilitava uma probabilidade maior de erro na leitura. Na figura 3 mostra-se a alteração, tanto do aparelho utilizado como a sua instalação, colocada na horizontal para facilitar a leitura da pressão em questão.



Figura 1



Figura 2



Figura 3  
Nesta situação a  
pressão de entrada  
não é diretamente a  
lida no manômetro

Aqui surge uma nova pergunta para todos os grupos: como será feita a leitura da pressão de saída da bomba para a máxima vazão do escoamento?

Outro ponto a ser mencionado é que os grupos não observaram a presença de ar na tubulação ligada ao manômetro em U (figura 4) e a presença de ar acarreta erros nas leituras da pressão, no caso a pressão de entrada da bomba.



Figura 4



Na experiência do bocal convergente, no caso na bancada 3 (figura 5), tem-se duas escalas para a leitura do  $x$ , a superior é a menos adequada e foi justamente ela que foi usada e isto levou o grupo VI a cometer erros.



Figura 5

Já o grupo V, ao determinar a vazão para o trecho menor (figura 6) não propuseram a mudança da escala, a qual estava completamente inadequada já que não estava voltada para quem fazia a leitura e o grupo não propôs a sua mudança que além de facilitar a leitura, diminuiria a probabilidade de se cometer erros de leitura.



Figura 6

Um comentário para todos os grupos: nenhum se preocupou em fazer no mínimo 5 leituras para se trabalhar com valores médios, os quais possibilitariam minimizar os erros cometidos de leituras.

Vamos praticar o PDCA para se construir um processo visando a melhoria contínua.



## PDCA

Educação eficiente existirá se realmente fizermos aquilo que gostamos, pois só desta forma poderemos desenvolver a persistência, dedicação e disciplina na busca da excelência, ou seja, da qualidade em nossa formação.

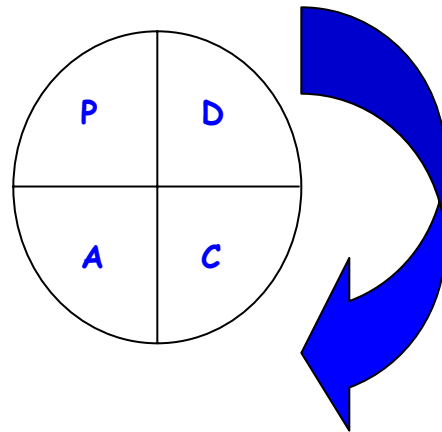
Qualidade é conquistada quando existem 100% de acertos, isto após cometermos inúmeros erros. O ciclo PDCA é uma das ferramentas básicas que facilita esta conquista.

P = plan (plano ou planejamento)

D = do (fazer ou executar)

C = check (checar ou avaliar)

A = action (ações corretivas)



É importante fazer o ciclo PDCA girar como um ponteiro de relógio na busca da melhoria contínua (excelência).

## Bancada móvel



Trata-se de uma instalação hidráulica de um circuito fechado o que implica que a seção inicial coincide com a seção final e isto leva a se obter uma equação do sistema particular, ou seja:

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{\text{ptotais}}$$

Como a carga inicial e final são iguais, resulta :

$$H_{\text{sistema}} = H_{\text{ptotais}} = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2gA^2} + \sum K_S \times \frac{Q^2}{2gA^2} = f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2gA^2}$$

### Bancada 3

Nesta bancada objetiva-se determinar o coeficiente de vazão para dois níveis que são mantidos constantes ( $h_L = 500$  e  $150$  mm) e o tempo de esvaziamento de  $500$  a  $150$  mm (figura 8).



Figura 8

Através desta atividade objetiva-se introduzir o escoamento com nível variável.

Durante o esvaziamento de um reservatório por meio de um bocal a altura  $h_L$  diminui com o tempo em consequência do próprio escoamento pelo bocal. Com a redução de  $h_L$ , a vazão  $Q$  também diminui.

A expressão para o cálculo do tempo de esvaziamento é:

$$t = \frac{A_{\text{tanque}}}{C_d \times A_{\text{bocal}} \times \sqrt{2g}} \times (h_1^{1/2} - h_2^{1/2})$$

## Bancada 7

Trata-se de uma instalação de recalque, ou seja, uma instalação hidráulica onde o fluido é transportado de um nível inferior (nível de captação) para um nível superior (nível de distribuição ou seção final).

Toda instalação de recalque pode ser dividida em dois trechos, o trecho antes da bomba (tubulação de sucção quando a bomba está acima do nível de captação) e o trecho depois da bomba, o qual recebe o nome de tubulação de recalque.

Para efeito de projeto, deve-se dimensionar a tubulação de recalque (por

exemplo:  $D_{\text{recalque}} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{\text{desejada}}}{v_{\text{economica}} \times \pi}} = D_{\text{referência}}$ ) e com o diâmetro de

referência em normas adequadas escolhe-se o diâmetro para recalque. Se a instalação é considerada pequena (custo do conjunto motor bomba + consumo de energia é mais significativo do que o custo da tubulação + acessórios hidráulicos) deve-se optar pelo diâmetro imediatamente superior ao de referência; se a instalação é considerada grande (custo do conjunto motor bomba + consumo de energia é menos significativo do que o custo da tubulação + acessórios hidráulicos) deve-se optar pelo diâmetro imediatamente inferior ao de referência. Escolhido o diâmetro de recalque deve-se especificar que o diâmetro para a tubulação antes da bomba deve ser um imediatamente superior ao especificado para o recalque<sup>1</sup>.

Qualquer que seja a instalação hidráulica considerada pode-se determinar a equação que representa a curva característica da instalação (CCI) aplicando-se a equação da energia do nível de captação até a seção final e deixando a mesma em função da vazão (Q), o que implica que onde aparece a velocidade esta deve ser substituída pela vazão sobre área da seção transversal do fluido, ou seja<sup>2</sup>:

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{\text{p totais}}$$

$$H_{\text{sistema}} = (Z_{\text{final}} - Z_{\text{inicial}}) + \left( \frac{p_{\text{final}} - p_{\text{inicial}}}{\gamma} \right) + \left( \frac{v_{\text{final}}^2}{2g} \right) + f \times \frac{(L + \sum L_{\text{eq}})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

<sup>1</sup> Se no final do projeto se puder reduzir este diâmetro para um igual ao de recalque isto deve ser feito.

<sup>2</sup> Neste caso se considerou uma instalação com um único diâmetro

No caso considerou duas das possibilidades de funcionamento da bancada 7, uma a tradicional e uma com um trecho aparentemente menor (figura 7).



Figura 7

Aqui, além dos conceitos de vazão e de CCI, deve-se evocar o conceito de CCB (Curva Característica da Bomba), o do cálculo de perda de carga e refletir sobre o ponto de funcionamento da bomba (cruzamento da CCI com a CCB).



Justamente pela teoria, gostaria que fosse pela prática.

Este primeiro grupo será responsável pelas reflexões teóricas básicas para o desenvolvimento de parte das atividades.



Isto mesmo Camila, vamos observar o funcionamento da bancada móvel.

Boa idéia Karina. Então vamos conhecer as perguntas.



Li seus pensamentos Bianca e não se preocupe, vamos observar a prática.



Então Carina mão a obra, vamos à bancada.





1. Qual a diferença entre a carga manométrica fornecida ao fluido e a energia fornecida ao fluido?
2. No caso da bancada explique como se determina a carga manométrica?
3. A carga manométrica, para a bancada, comparada com a perda de carga total é: maior, igual ou menor? Justifique adequadamente.
4. Como se determina a vazão para obtenção da CCB?
5. O escoamento ocorre em regime permanente? Justifique adequadamente



Vamos examinar o funcionamento da bancada.





Grupo discutindo após a observação do funcionamento da bancada móvel.

Com esta atividade objetiva inicialmente evocar o conceito de bomba hidráulica.

Bomba hidráulica é o dispositivo projetado para fornecer energia, geralmente de pressão, ao fluido. Pelo fato de ao ser fácil a visualização da unidade de energia (exemplo: joule no sistema internacional) se optou em considerar a energia fornecida por unidade de peso (exemplo: joule/Newton = m), a qual foi denominada de carga manométrica da bomba ( $H_B$ ).

Considerando como referência a apostila da KSB<sup>3</sup> e os sítios [http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/apostila\\_unidade%207.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/apostila_unidade%207.htm) e <http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/metamefluquimica.htm> pode-se afirmar que:

$$H_B = (Z_{saída} - Z_{entrada}) + \left( \frac{P_{saída} - P_{entrada}}{\gamma} \right)$$

Importante observar que para a bancada tem-se o diâmetro de saída (diâmetro de recalque) igual ao diâmetro de entrada, portanto  $v_{saída} = v_{entrada}$

Outro aspecto a observar é que geralmente o termo  $Z_{saída} - Z_{entrada}$  é desprezível em relação ao termo  $\frac{P_{saída} - P_{entrada}}{\gamma}$ , portanto é comum se considerar:

$$H_B = \left( \frac{P_{saída} - P_{entrada}}{\gamma} \right)$$

A bancada móvel considerada é um circuito fechado, ou seja, é a instalação hidráulica que apresenta a carga inicial igual à carga final e que opera em regime permanente, já que a vazão que entra é igual a vazão que sai. Portanto:

$$H_{inicial} + H_{sistema} = H_{final} + H_{p_{totais}} \therefore H_{sistema} = H_{p_{totais}}$$

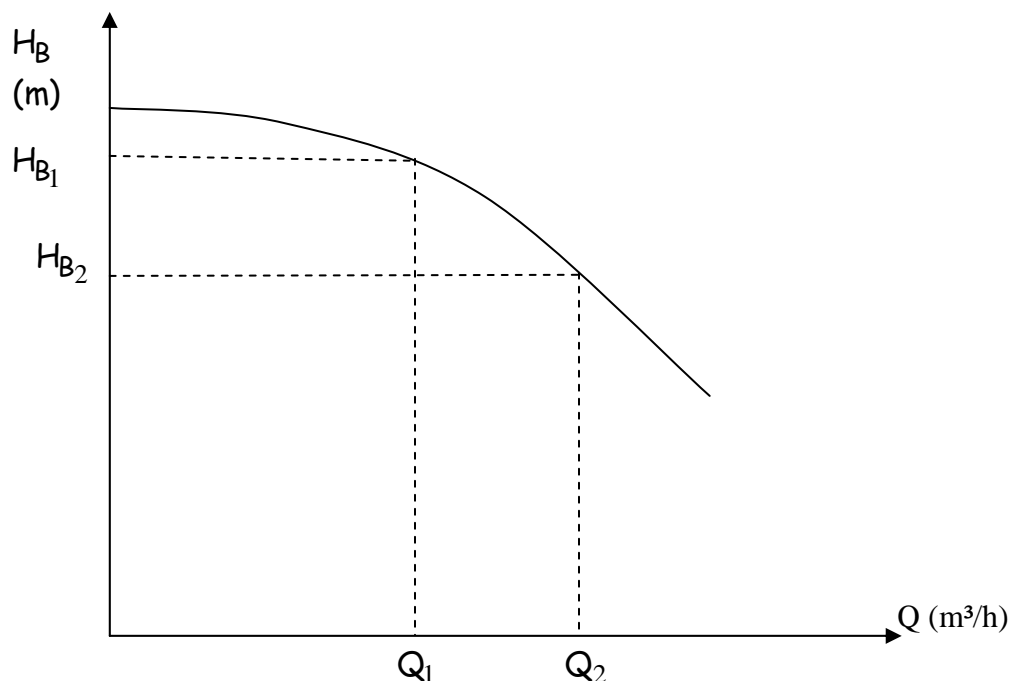
No ponto de trabalho se tem:  $H_{sistema} = H_B$ .

---

<sup>3</sup> KSB é um dos fabricante de bomba

Para a bancada existe um medidor de vazão, no caso um rotâmetro, para obtermos os valores da vazão em cada instante. Para o traçado da Curva Característica da Bomba (CCB) pode-se adotar o seguinte procedimento:

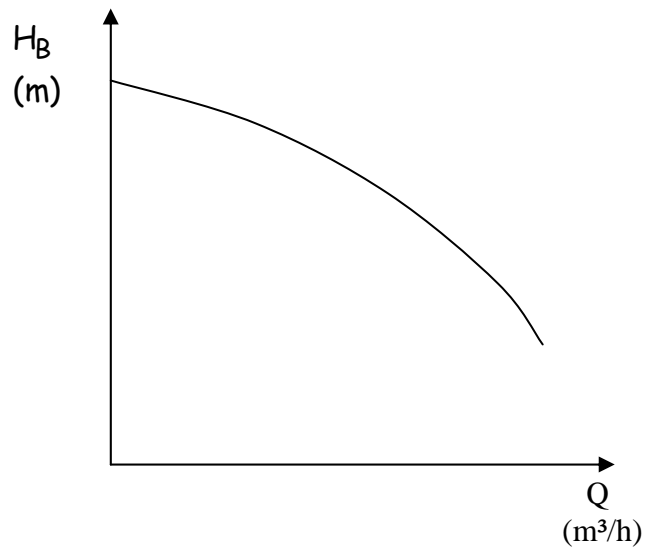
- 1º - Coloca-se a bomba em funcionamento, com a válvula controladora de vazão totalmente fechada ( $Q = 0$ ); determina-se a pressão desenvolvida pela bomba, que será igual à pressão de saída menos a pressão de entrada. Com essa pressão diferencial, obtém-se a carga manométrica desenvolvida pela bomba para vazão nula. Essa carga é normalmente conhecida como carga no "shut-off", ou seja, carga desenvolvida pela bomba correspondente a vazão zero.
- 2º - Abre-se parcialmente a válvula, obtendo-se assim uma nova vazão, determinada pelo rotâmetro, a qual se chama de  $Q_1$  e procede-se de maneira análoga a anterior, para determinar a nova carga desenvolvida pela bomba nesta nova condição, a qual se chama de  $H_{B1}$ .
- 3º - Abre-se um pouco mais a válvula, obtendo-se assim uma vazão  $Q_2$  e uma carga  $H_{B2}$ , da mesma forma que as anteriormente descritas.
- 4º - Continuando o processo algumas vezes, obtemos outros pontos de vazão e carga, com os quais plotaremos em um gráfico, onde no eixo das abcissas ou eixo horizontal, os valores das vazões e no eixo das ordenadas ou eixo vertical, os valores das cargas manométricas.



Dependendo do tipo de bomba, da largura dos rotores, da quantidade de pás dos rotores, do ângulo de inclinação destas pás, as curvas características das bombas, também chamadas de curvas características do rotor, podem se apresentar de várias formas, como é sintetizado a seguir.

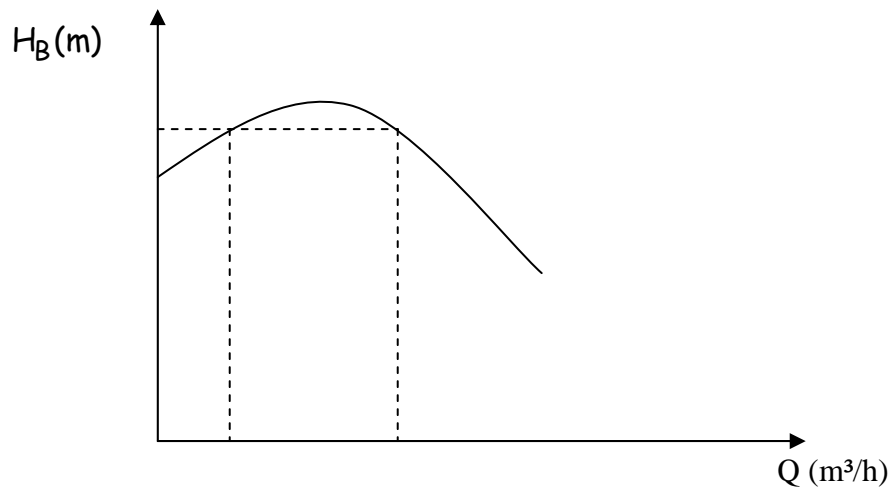
### 1. Curva estável ou tipo rising

Neste tipo de curva, a carga aumenta continuamente com a diminuição da vazão. A carga correspondente a vazão nula é cerca de 10 a 20% maior que a carga para o ponto de maior eficiência.



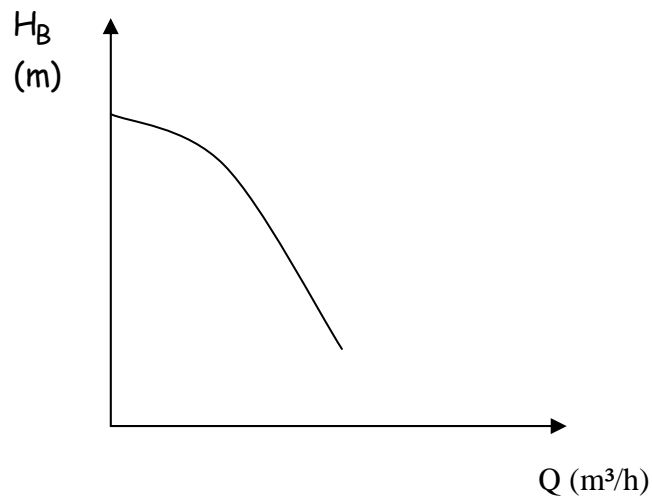
## 2. Curva do tipo instável ou tipo drooping

Nesta curva, a carga produzida com a vazão zero é menor do que as outras correspondentes a algumas vazões. Neste tipo de curva, verifica-se que para cargas superiores ao shut-off, dispomos de duas vazões diferentes, para uma mesma carga.



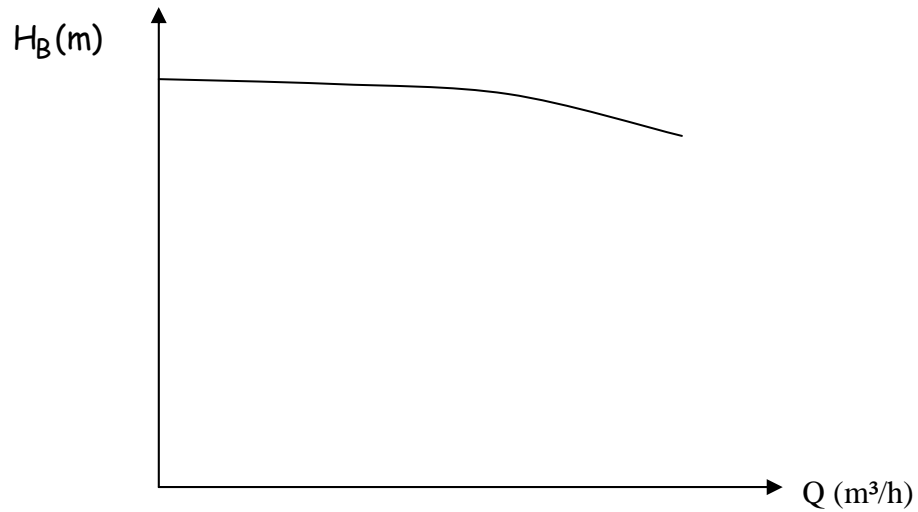
## 3. Curva tipo inclinado acentuado ou tipo steep

É uma curva do tipo estável, em que existe uma grande diferença entre a carga desenvolvida na vazão zero (shut-off) e a desenvolvida na vazão de projeto, ou seja, cerca de 40 e 50%.



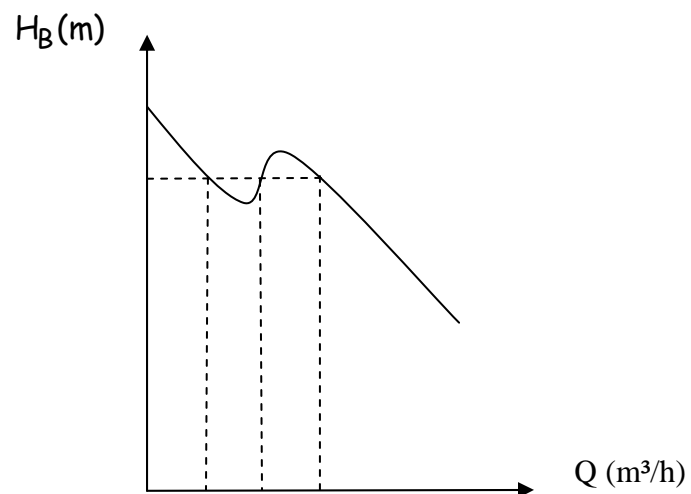
#### 4. Curva tipo plana ou tipo flat

Nesta curva, a carga varia muito pouco com a vazão, desde o shut-off até o ponto de projeto.



#### 5. Curva tipo instável

É a curva na qual para uma mesma carga, corresponde duas ou mais vazões num certo trecho de instabilidade. É idêntica a curva drooping.





Vamos à luta!





E aí se gerou:

GRUPO!

1) Carga monométrica: energia total (potencial, cinética, de pressão) por unidade de peso numa seção fornecida ao fluido.

$$\frac{J}{N} \cdot \frac{N \cdot m}{N} = m \text{ (costa)}$$

Energia  $\rightarrow J$  (unidade de energia)

2) Determinação da carga monométrica

$$H_i + H_B = H_f + H_{pi-f}$$
$$H_e + H_B = H_s$$

tubo em U

$$Z_e + \frac{P_e}{\rho} + \frac{V_e^2}{2g} + H_B = Z_s + \frac{P_s}{\rho} + \frac{V_s^2}{2g}$$

manômetros

a data um plano horizontal de ref. (PHR)

3) as pressões: ~~manômetros na seção de entrada~~  
~~manômetros na seção de saída~~

3)  $H_i = H_f \rightarrow$  circuito fechado  $Q_e = Q_s$   
 $H_B = H_P$  carga mon. com  $A_e = A_s$   
perda com  $H_P e^{\dots} =$

4) Variando a vazão no registro e lendo os manômetros.

5) Regime permanente? Sim!  
O nível do tanque permanece constante  
 $v$  iguais  
 $d$  iguais

É minha suposição, já que não informaram

ALINE; WDMILLA; MICHELLI; SHEILA

errei!



O grupo deve refletir sobre o significado dos círculos vermelhos e se necessário responder novamente.

Se desejar conhecer as respostas, mande um e-mail para [raigi@globo.com](mailto:raigi@globo.com) solicitando-as.

A não colocação dos nomes me fez errar, o grupo I é formado pela Bianca, Camila, Carina e Karina, agora estou certo?

Vamos voltar a estudar estática dos fluidos.

Este segundo grupo será responsável pelas reflexões sobre pressão, leitura barométrica, escalas de pressão, equação manométrica e a influencia da perda de carga na pressão estática.



Isto mesmo Ludmilla, estática dos fluidos e estudo de perda de carga.

É isso aí Sheilla. Vamos agora conhecer as perguntas.



Aline, não é só a estática dos fluidos, temos que ver também o estudo de perda.



Michelli não esqueça a equação da energia.



1. A pressão da entrada da bomba para a vazão nula é positiva, negativa ou nula? Justifique adequadamente.
2. Supondo que a água encontra-se a temperatura ambiente, qual o valor da pressão na entrada da bomba para a vazão nula?
3. Qual seria o seu valor na escala absoluta? Justifique.
4. É possível ler a pressão da entrada da bomba nas condições descritas na segunda pergunta pelo manômetro em U? Justifique adequadamente.
5. A medida que a vazão aumenta a pressão de entrada deve aumentar ou diminuir? Justifique adequadamente.



Vamos examinar o funcionamento da bancada.





Grupo lendo a pressão de entrada sob orientação do Valdir.



Para a vazão nula pode-se calcular a pressão estática através dos conceitos abordados no estudo da estática dos fluidos, ou seja:

$$P_{entrada} = \gamma_{H_2O} \times h$$

A posição do manômetro em U no chão teve o nível de mercúrio coincidindo com o eixo da tubulação antes da bomba ( $h = 0$ ). Importante foi observado que não havia ar na mangueira do tubo em U.

Na determinação da pressão estática anteriormente mencionada se considerou a pressão atmosférica local igual à zero, o que implica dizer que se trabalhou na escala efetiva, que é a escala que adota como zero a pressão atmosférica local.

Importante notar que  $\gamma = \rho \times g$  e que ambos, tanto o peso específico como a massa específica dependem da temperatura, para o desenvolvimento desta atividade, após a determinação da temperatura ambiente, considere a tabela a seguir:

Temperatura (°C)	Viscosidade (kg/ms)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )
17	0,001092	998,53
18	0,001063	998,37
19	0,001035	998,19
20	0,001008	998,01
21	0,000983	997,81
22	0,000958	997,61
23	0,000933	997,40
24	0,000910	997,18
25	0,000888	996,94

Para se obter o valor na escala basta somar a pressão atmosférica local, a qual é determinada pelo barômetro, que é esboçado pela figura 9.

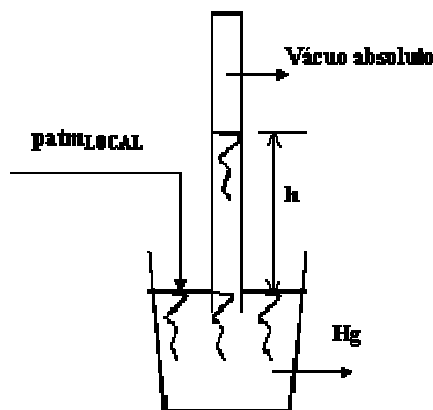


Figura 9

$$P_{atm_{local}} = \gamma_{Hg} \times h$$

Quando se abre a válvula controladora de vazão, não mais se pode aplicar conceito de estática dos fluidos, portanto a pressão de entrada deverá ser determinada pela equação da energia, ou lida diretamente por um aparelho medidor de vazão.

Importante notar que existindo o escoamento a pressão diminui ao longo do escoamento, portanto a pressão de entrada da bomba será menor que a pressão na entrada determinada para a vazão nula, respectivamente figura 10 e 11.

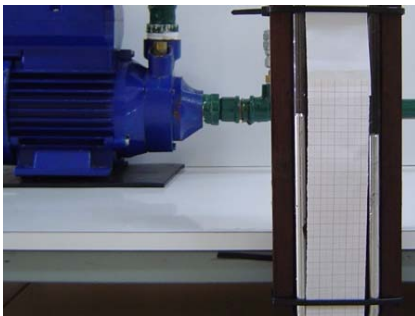


Figura 10 - pressão de entrada para a vazão máxima

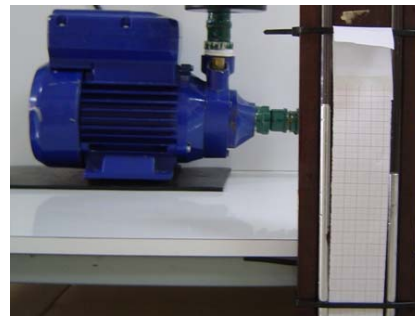
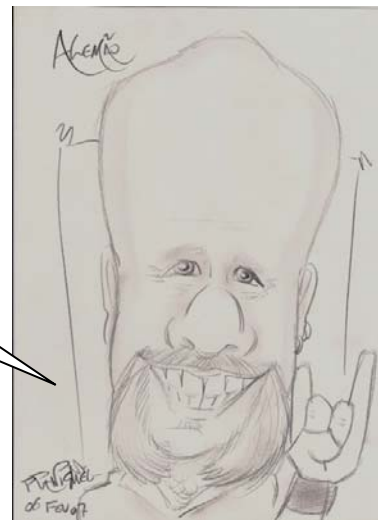


Figura 11 - pressão de entrada para a vazão nula

Agora vamos analisar os dados obtidos pelo grupo







Esperamos  
que esteja  
tudo certo!



E aí se gerou:

errei!

→ NÃO SEI SE ESTÁ CERTO!

Carina, Bianca, Camila, Karina  
 as mães informaram!!

Grupo 2

Pergunta 1.  
 - Positiva, devido diminuição da densidade (mais leves)  
 com o nível mais alto (mais alto)?

2.  $h = 67 \text{ cm}$      $\rho = 996,94 \text{ kg/m}^3$

$P = \rho g h$

$P = 996,94 \cdot 9,81 \cdot 0,67 = 6553,59 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} (\text{Pa})$

$4,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 360 \text{ mmHg}$   
 $6553,59 \text{ Pa} = \Delta$   
 $\Delta = 49,149 \text{ mmHg}$

3.  $P_{\text{atm}} = 696 \text{ mmHg}$   
 $P_{\text{man}} = 49,149 \text{ mmHg}$   
 $P_{\text{alm}} = 696 + 49,149 = 745 \text{ mmHg}$

4. Sim, pois pelos cálculos os valores máximos de pressão de  $P = 49,15 \text{ mmHg}$  poderia ser medida com man. U sem que ocorra acidente

5. Diminuiu, por causa das perdas da densidade e do reservatório.

[BOMBA]


$a = 0 \rightarrow P_e = \rho \cdot h$

$Q \neq Q_p \quad H_t = H_c + H_p$

$H_t = \frac{v^2}{2g} + \frac{v_p^2}{2g} + H_p \quad (\rho)$

$\rho \cdot h = \frac{\rho \cdot v^2}{2g} + \frac{\rho \cdot v_p^2}{2g} \rightarrow H_p = P_e$

P. O. C. A  
 plan do doc action





O grupo deve refletir sobre o significado dos círculos vermelhos e se necessário responder novamente.

A não colocação dos nomes me fez errar, o grupo II é formado pela Aline, Ludmilla, Michele e Sheilla. estou certo?

Se desejar conhecer as respostas, mande um e-mail para [raigi@globo.com](mailto:raigi@globo.com) solicitando-as.

A equação da energia é fundamental para nossos estudos.

Este terceiro grupo estará evocando o conceito de equação da energia e dos cálculos da perda de carga, tanto a distribuída como a singular (ou localizada).



Isto mesmo Daniel, estudamos a equação da energia e as perdas de carga.



Beleza Tatiana. Vamos agora conhecer as perguntas.



É isso aí Paulo, vamos estudar tanto a leitura de pressão através de um manômetro metálico.



Dereck, estudamos também o f.



1. Quais os tipos de perda de carga são observados na bancada de teste? Enumere-os e os especifique na bancada.
2. Como se pode determinar a perda de carga no trecho que contém o rotâmetro?
3. Qual o valor da perda de carga no trecho que contém o rotâmetro para a vazão máxima do escoamento?
4. Para a vazão da pergunta anterior, qual seria o valor estimado da perda de carga distribuída na tubulação antes da bomba?
5. Qual o valor da perda de carga localizada total na tubulação antes da bomba para a vazão máxima?

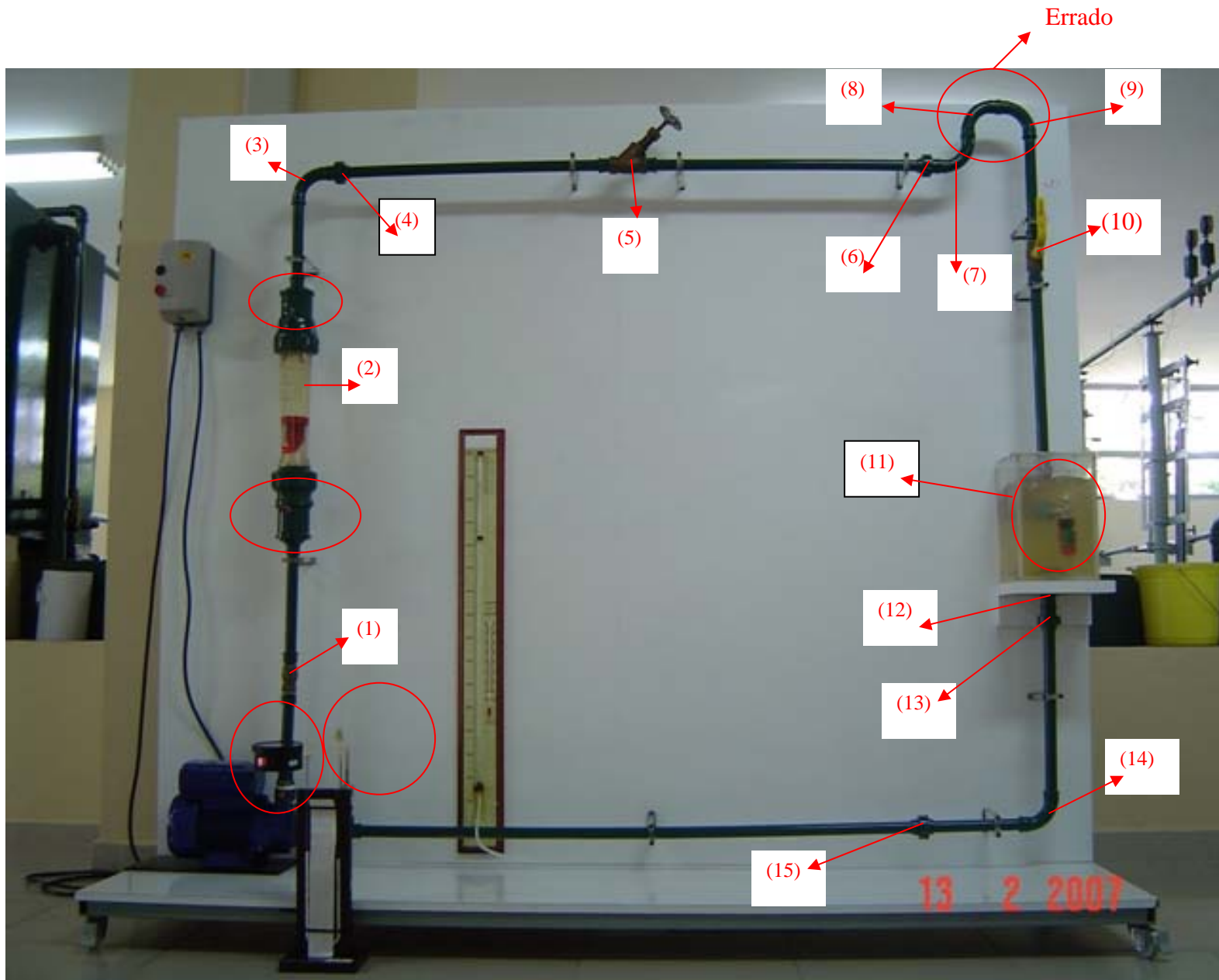


Vamos examinar o funcionamento da bancada.





Grupo reunido para desenvolvimento da atividade.



As perdas de carga observadas na bancada móvel são: distribuída e singular.

Distribuída = aquela que ocorre em trecho de área de seção transversal constante e onde o comprimento não é desprezível e é devido ao atrito fluido x fluido e fluido e parede interna da tubulação. Este tipo de perda pode ser calculado pela fórmula universal também conhecida como fórmula de Darcy, ou ainda Darcy Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D_H} \frac{Q^2}{2gA^2}. \text{ Importante notar que para a bancada em questão a tubulação é de PVC, que é considerada lisa.}$$

Localiza = aquela que ocorre em um comprimento desprezível e que é devido a presença de algum acessório hidráulico, ou uma mudança de seção, ou mudança de direção, ou presença de algum medidor de vazão, etc. Este tipo

de perda pode ser calculado pela expressão:  $h_s = K_S \frac{Q^2}{2gA^2}.$

A perda localizada também pode ser considerada através do seu comprimento equivalente, que é um comprimento fictício, que ao substituir a singularidade propicia uma perda distribuída precisamente igual a perda localizada que

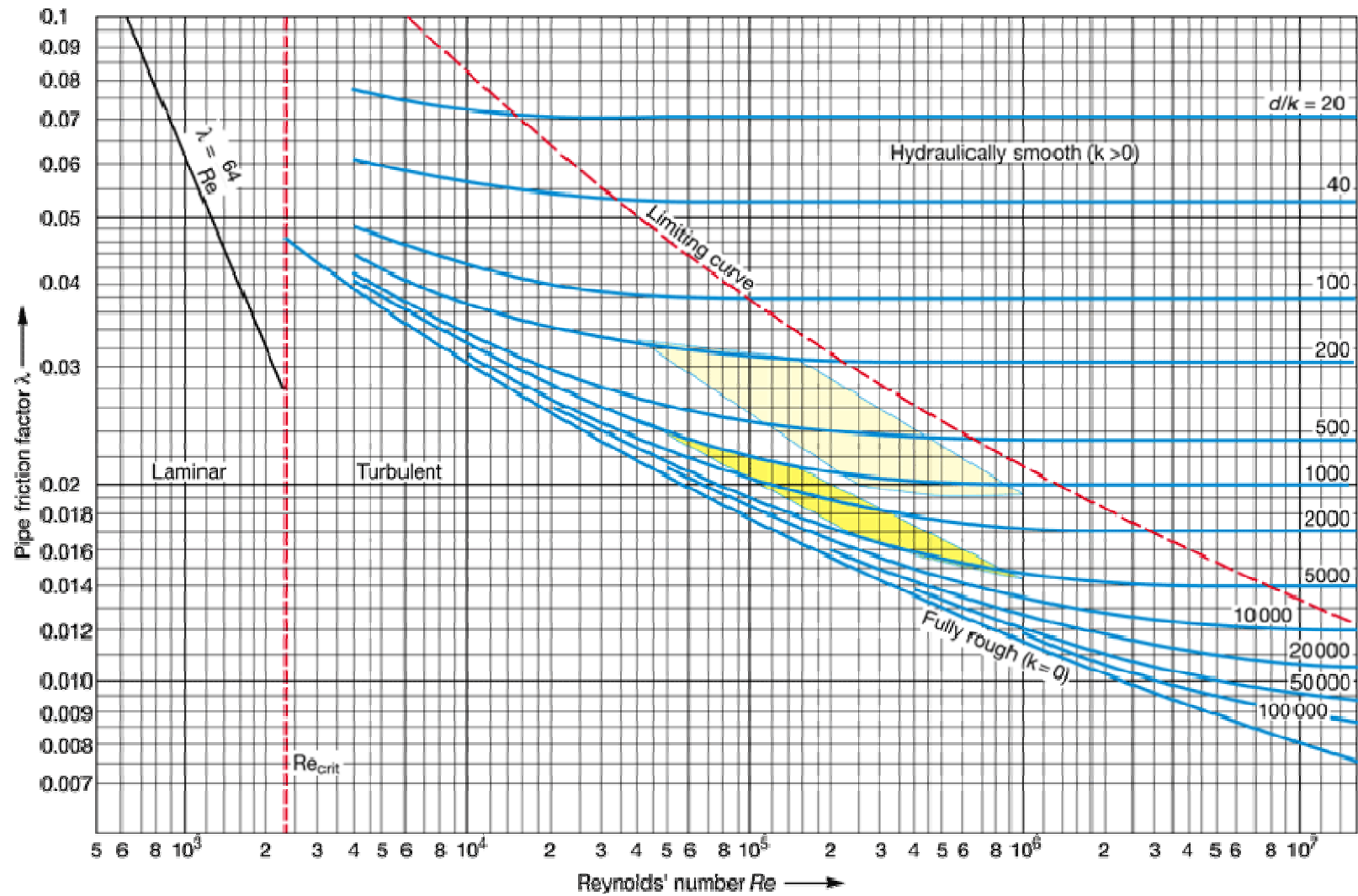
foi substituída, neste caso, a perda de carga total pode ser calculada da seguinte forma:  $h_f = f \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \frac{Q^2}{2gA^2},$

onde se tem os comprimentos equivalentes tabelados e o coeficiente de perda de carga determinado, ou por alguma expressão empírica, ou pelos diagramas de Moody ou Rouse, para estes deve-se calcular o número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}, \text{ se } Re \leq 2000 \text{ sabe-se que } f = \frac{64}{Re}, \text{ se } Re \geq 4000 \text{ deve-se calcular, a menos que a tubulação}$$

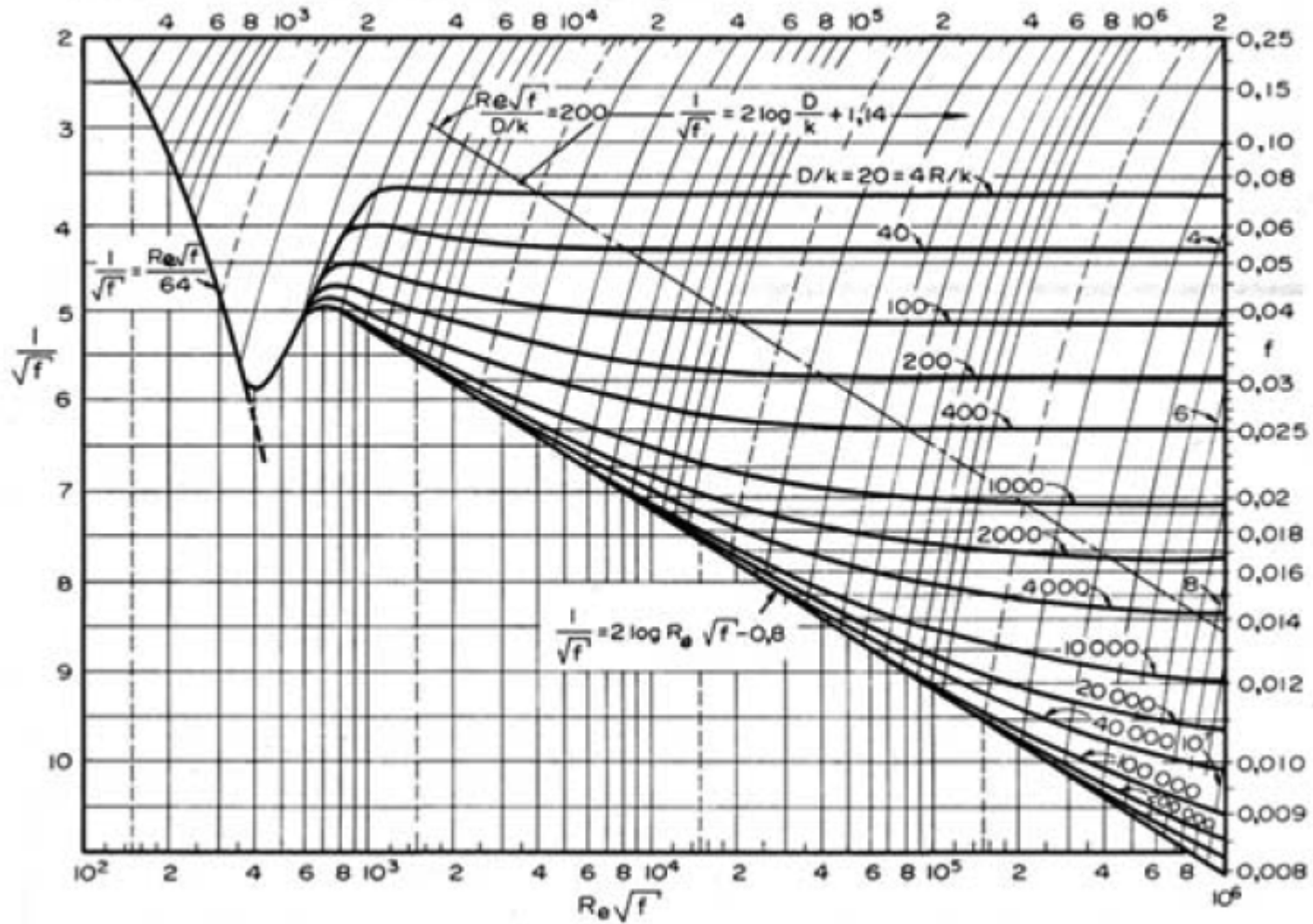
seja lisa, a rugosidade relativa equivalente  $\frac{D_H}{k}$  e aí através do diagrama se determina o f.





















**DIAGRAMA DE ROUSE**

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$



Para conexões e registros (em metros de tubulação). Os dados em cor azul se referem a tubulações de aço galvanizado e os em cor vermelha, a tubulações de PVC ou cobre.

Diam (galv - pol)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
Diam (PVC - mm)	15	20	25	32	40	50	60	75	100	125	150
 Joelho 90°	0,4 1,1	0,6 1,2	0,7 1,5	0,9 2,0	1,1 3,2	1,4 3,4	1,7 3,7	2,1 3,9	2,8 4,3	3,7 4,9	4,3 5,4
 Joelho 45°	0,2 0,4	0,3 0,5	0,4 0,7	0,5 1,0	0,6 1,3	0,8 1,5	0,9 1,7	1,2 1,8	1,5 1,9	1,9 2,4	2,3 2,6
 Curva 90°	0,2 0,4	0,3 0,5	0,3 0,6	0,4 0,7	0,5 1,2	0,6 1,3	0,8 1,4	1,0 1,5	1,3 1,6	1,6 1,9	1,9 2,1
 Curva 45°	0,2 0,2	0,2 0,3	0,2 0,4	0,3 0,5	0,3 0,6	0,4 0,7	0,5 0,8	0,6 0,9	0,7 1,0	0,9 1,1	1,1 1,2
 Tê fluxo direto	0,3 0,7	0,4 0,8	0,5 0,9	0,7 1,5	0,9 2,2	1,1 2,3	1,3 2,4	1,6 2,5	2,1 2,6	2,7 3,3	3,4 3,8
 Tê fluxo lateral	1,0 2,3	1,4 2,4	1,7 3,1	2,3 4,6	2,8 7,3	3,5 7,6	4,3 7,8	5,2 8,0	6,7 8,3	8,4 10,0	10,0 11,1
 Tê fluxo bilateral	1,0 2,3	1,4 2,4	1,7 3,1	2,3 4,6	2,8 7,3	3,5 7,6	4,3 7,8	5,2 8,0	6,7 8,3	8,4 10,0	10,0 11,1
 Saída de tubulação	0,4 0,8	0,5 0,9	0,7 1,3	0,9 1,4	1,0 3,2	1,5 3,3	1,9 3,5	2,2 3,7	3,2 3,9	4,0 4,9	5,0 5,5
 Entrada de tanque s/ borda	0,2 0,3	0,2 0,4	0,3 0,5	0,4 0,6	0,5 1,0	0,7 1,5	0,9 1,6	1,1 2,0	1,6 2,2	2,0 2,5	2,5 2,8
 Entrada de tanque c/ borda	0,4 0,9	0,5 1,0	0,7 1,2	0,9 1,8	1,0 2,3	1,5 2,8	1,9 3,3	2,2 3,7	3,2 4,0	4,0 5,0	5,0 5,6
 Registro gaveta aberto	0,1 0,1	0,1 0,2	0,2 0,3	0,2 0,4	0,3 0,7	0,4 0,8	0,4 0,9	0,5 0,9	0,7 1,0	0,9 1,1	1,1 1,2

	Registro globo aberto	4,9 11,1	6,7 11,4	8,2 15,0	11,3 22,0	13,4 35,8	17,4 37,9	21,0 38,0	26,0 40,0	34,0 42,3	43,0 50,9	51,0 56,7
	Registro angular	2,6 5,9	3,6 6,1	4,6 8,4	5,6 10,5	6,7 17,0	8,5 18,5	10,0 19,0	13,0 20,0	17,0 22,1	21,0 26,2	26,0 28,9
	Válvula de pé e crivo	3,6 8,1	5,6 9,5	7,3 13,3	10,0 15,5	11,6 18,3	14,0 23,7	17,0 25,0	20,0 26,8	23,0 28,6	30,0 37,4	39,0 43,4
	Válvula de retenção leve	1,1 2,5	1,6 2,7	2,1 3,8	2,7 4,9	3,2 6,8	4,2 7,1	5,2 8,2	6,3 9,3	8,4 10,4	10,4 12,5	12,5 13,9
	Válvula de retenção pesada	1,6 3,6	2,4 4,1	3,2 5,8	4,0 7,4	4,8 9,1	6,4 10,8	8,1 12,5	9,7 14,2	12,9 16,0	16,1 19,2	19,3 21,4
	Diam (galv - pol)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
	Diam (PVC - mm)	15	20	25	32	40	50	60	75	100	125	150

Diâmetros para tubos de PVC extraídos do sítio:  
[http://www.belfano.com.br/internas/produtos/tubos\\_det.asp?Produto=30](http://www.belfano.com.br/internas/produtos/tubos_det.asp?Produto=30)

Diam. Externo (mm)	Bitola	Código	Espessura	Kg/m
20		03.003.21	3,0	0,16
25		03.003.23	3,0	0,21
32		03.003.25	3,2	0,31
40		03.003.27	3,7	0,412
50		03.003.29	4,6	0,638
60		03.003.31	5,8	1,01
63		03.003.33	5,8	1,01

75		03.003.35	6,8	1,41
85		03.003.37	8,2	2,03
90		03.003.39	8,2	2,031
110		03.003.41	10,0	3,01
125	**	03.003.43	11,4	3,91
140		03.003.45	12,7	4,87
160		03.003.47	14,6	6,38
180	**	03.003.49	16,4	8,07
200		03.003.51	18,2	9,95
225	**	03.003.53	20,5	12,6
250		03.003.55	22,7	15,5
280	**	03.003.57	25,4	19,4
315		03.003.59	28,6	24,6
355		03.003.61	32,2	31,2
400		03.003.63	36,3	39,6

© Copyright Tecnoplástico Belfano  
Design - Kriando

Outros sítios interessantes para consulta: <http://www.fazfacil.com.br/HidraulicaEncanamento.htm> e  
<http://www.alosolar.com.br/Livro/ManualAloSolar-tabelas.pdf> e <http://www.kanaflex.com.br/pvc/PVC.pdf> e  
<http://www.alosolar.com.br/revendedor/Tabela2a.htm>

Importante notar que  $\gamma = \rho \times g$  e que ambos, tanto o peso específico como a massa específica dependem da temperatura, para o desenvolvimento desta atividade, após a determinação da temperatura ambiente, considere a tabela a seguir:

Temperatura (°C)	Viscosidade (kg/ms)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )
17	0,001092	998,53
18	0,001063	998,37
19	0,001035	998,19
20	0,001008	998,01
21	0,000983	997,81
22	0,000958	997,61
23	0,000933	997,40
24	0,000910	997,18
25	0,000888	996,94

Outro ponto a ser ressaltado é a aplicação da equação da energia para uma instalação hidráulica com uma entrada e uma saída:

$H_{inicial} + H_{máquina} = H_{final} + H_{p_{i-f}}$  onde a carga em uma seção (1) é assim

calculada:  $H_1 = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$

Agora vamos analisar os resultados obtidos pelo grupo





Tomara que esteja tudo certo!



E aí se gerou:

① Perda singular → Proveniente de singularidades: conectores, cotovelos, válvulas,

Perda distribuídas → Proveniente do atrito do fluido ao longo do duto de escoamento:  
Tubulações presentes no sistema

② Na entrada do rotômetro:  $H_e = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1$

na saída do rotômetro:  $H_s = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$

Perda de carga no rotômetro é a diferença dos perdas de carga de saída menos a de entrada

$$\gamma Q H_s - \gamma Q H_e = \gamma Q H_R$$

$$\frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 - \frac{v_1^2}{2g} - \frac{P_1}{\gamma} - z_1 = H_R$$

$$\therefore H_R = 1,19 + \frac{195000}{\gamma} - 0,59 - \frac{200000}{\gamma}$$

calculando  $\gamma$

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 997,18 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad \therefore \gamma = 9772,364 \text{ N/m}^3$$

$$H_R = 1,19 + \frac{195000}{9772,364} - 0,59 - \frac{200000}{9772,364} = 0,08835 \text{ m}$$

$$H_R = \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z \quad v = Q$$

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q = 5,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

admitindo  $D = 22 \text{ mm}$ ,  $v = 0,97 \text{ m/s}$

$$v = \frac{5,56 \times 10^{-4} \pi}{\frac{\pi (22 \times 10^{-3})^2}{4}} = 1,46 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{997,18 \cdot 1,46 \cdot 22 \times 10^{-3}}{0,00095} = 35197,17$$



$$f = 0,022$$

$$h_d = f \cdot \frac{L}{DH} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,022 \cdot \frac{1,67}{22 \times 10^{-3}} \cdot \frac{(1,46)^2}{2 \cdot 9,8} = 0,1816 \text{ m}$$



$$H_1 = H_e + H_{\text{total}}$$

$$H_1 = 0,69$$

$$0,697 \times 13600 - 0,012 \times 13600 + 0,69 \times 9772,364 = P_2$$

$$P_2 = 16058,9$$

$$H_e = \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma}$$

$$H_e = \frac{(1,46)^2}{2 \cdot 9,8} + \frac{16058,9}{9772,364} = 1,7579$$

$$H_1 = \frac{v^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + 0,69 = 0,69 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = 1,062$$

$$H_{\text{PS}} = 1,062 - 0,1816 = 0,88 \text{ m}$$

grupo 3

Tatiara Bisson Weltner

Paulo; Derack; Daniel → five que descobrir!!!



O grupo deve refletir sobre o significado dos círculos vermelhos e se necessário responder novamente.

Se desejar conhecer as respostas, mande um e-mail para [raigi@globo.com](mailto:raigi@globo.com) solicitando-as.

É importante se ter noção de rendimento e potência para a engenharia.

Este quarto grupo estará evocando o conceito de potência útil da bomba hidráulica, potência consumida da rede elétrica, rendimento global do conjunto motor bomba, representação da CCB.



Isto mesmo Bruno, já que é função do engenheiro ter o processo com o melhor rendimento possível.



Beleza Vinícius. Vamos agora conhecer as perguntas.

É isso aí Rodrigo, vamos estudar também a representação da curva característica da bomba.



Fernanda, estudamos também o ponto de shut off.



1. Qual o valor da vazão máxima de escoamento?
2. A carga manométrica máxima ocorre para a vazão máxima? Justifique.
3. Qual a potência útil para a vazão máxima da bomba?
4. Supondo que o rendimento global é 90%, qual a potência consumida da rede elétrica para a situação da questão anterior?
5. Supondo que a bancada irá operar 2 horas por dia e que acha aula de segunda a sábado, qual será o consumo em kwh/mês? Supor mês de 30 dias.

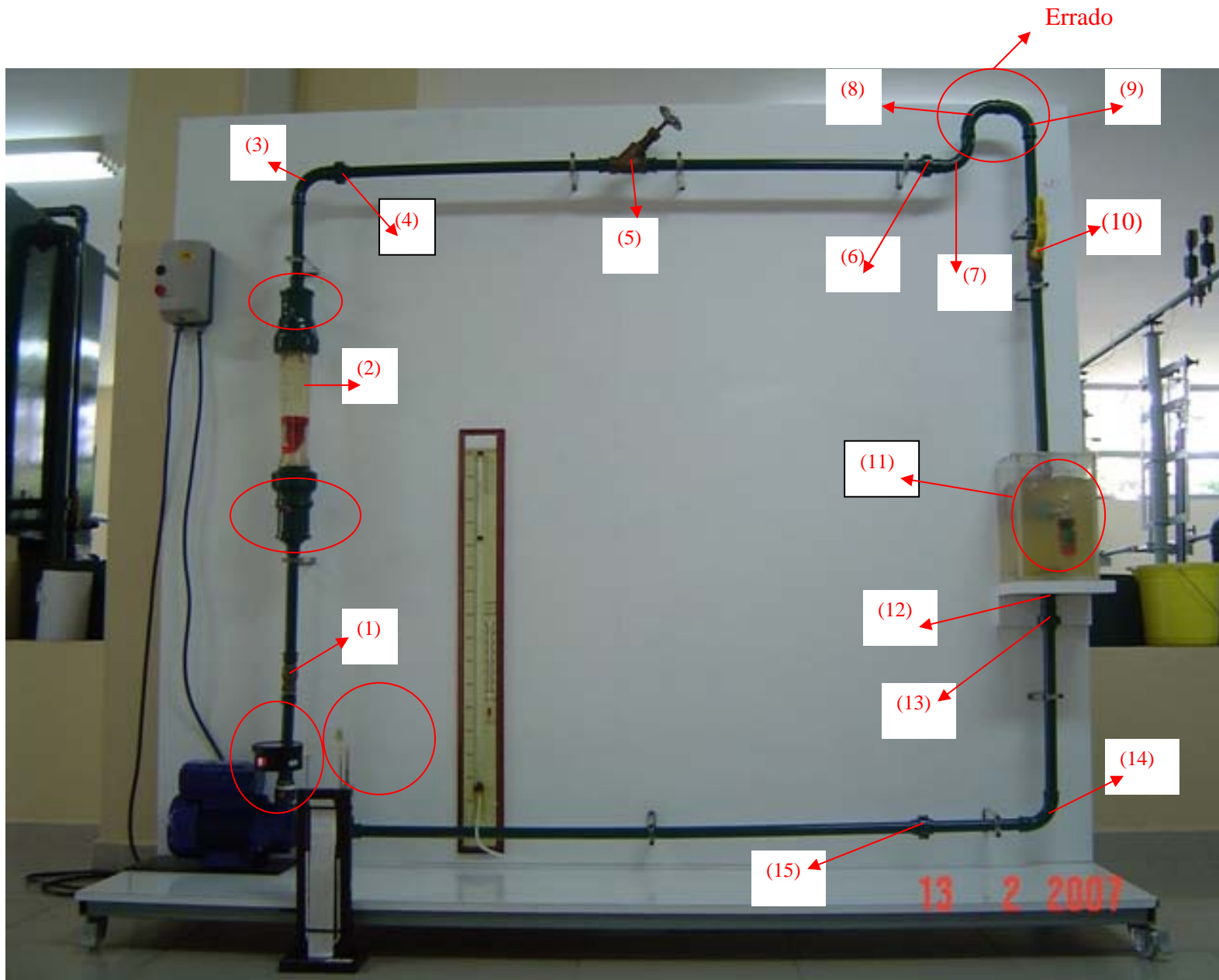


Vamos examinar o funcionamento da bancada.



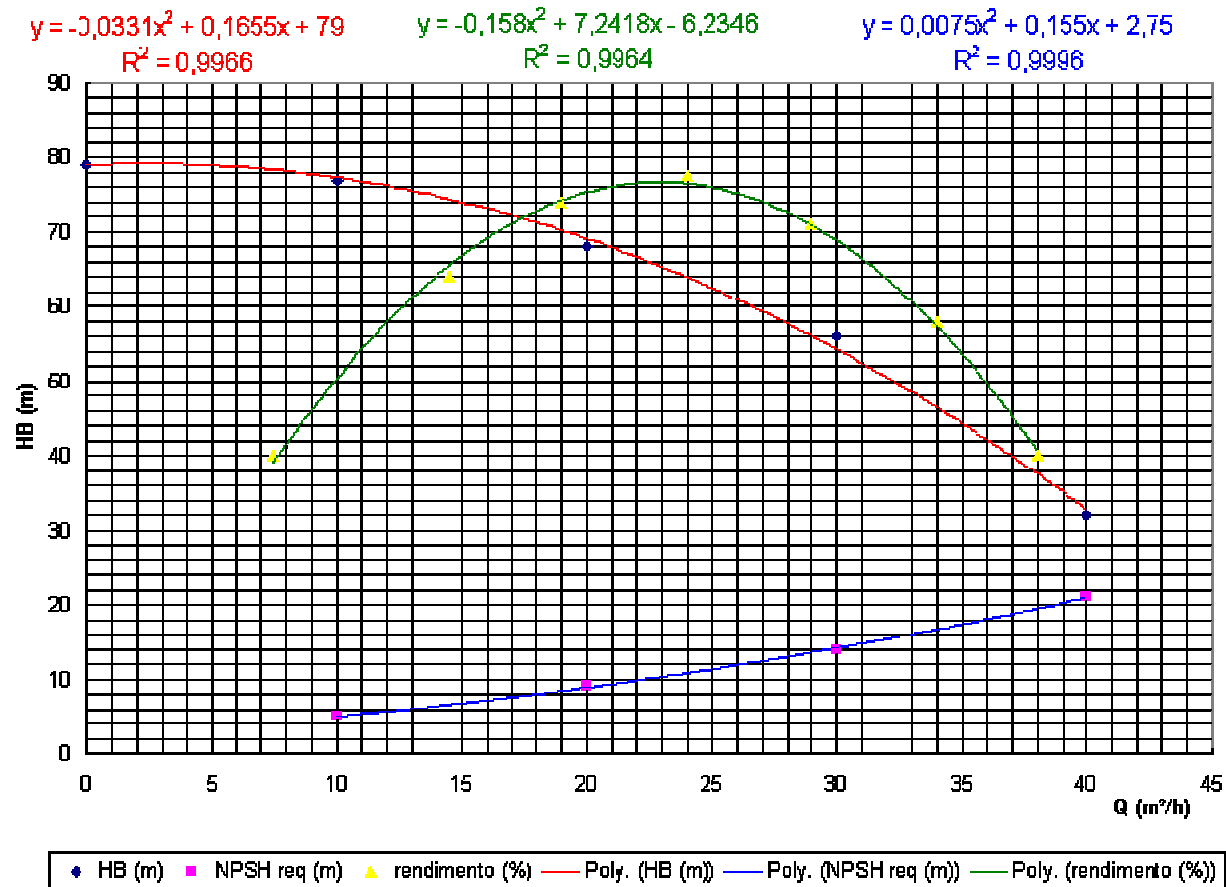


Grupo reunido para desenvolvimento da atividade.



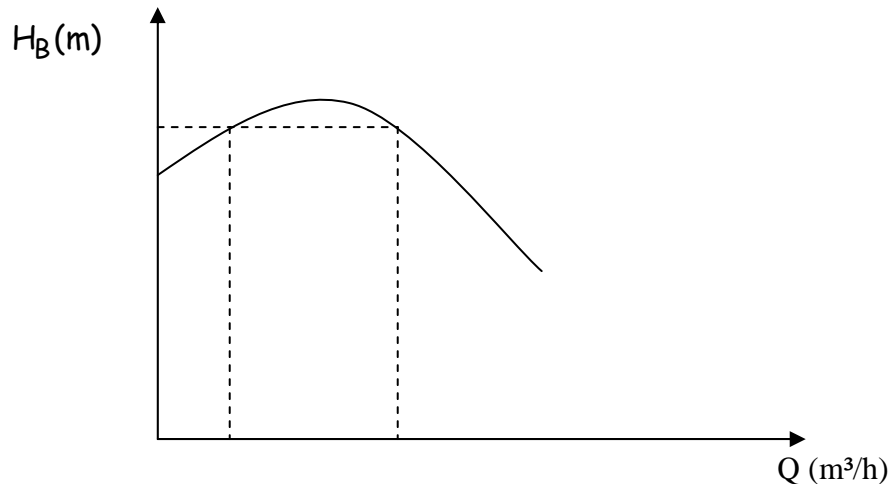
A vazão máxima é obtida com a válvula globo (5) totalmente aberta e a sua leitura será feita através do rotâmetro (2).

Por outro lado, pode-se evocar a representação da Curva Característica da Bomba (CCB):



É importante notar que na representação anterior se tem  $H_B = f(Q) \rightarrow \eta_B = f(Q) \rightarrow NPSH_{req} = f(Q)$ .

Outro ponto a se notar é que geralmente se tem a carga manométrica máxima para a vazão nula, ou seja, no ponto de shut off. Isto só não ocorre quando se tem uma curva do tipo instável ou tipo drooping, ou seja:

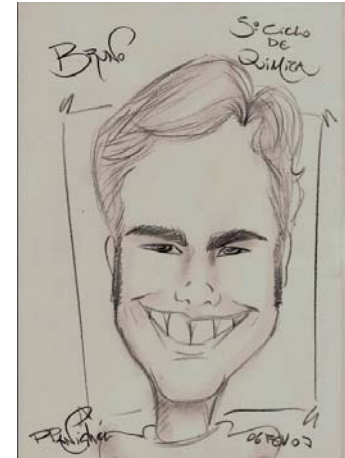


A potência útil da bomba pode ser calculada pela expressão:  $N = \gamma \times Q \times H_B$ .

Já o rendimento global pode ser assim calculado:  $\eta_{global} = \frac{N}{N_m}$ , portanto conhecendo-se a potência útil e o rendimento global é possível se estimar a potência consumida da rede elétrica.

O consumo mensal pode ser calculado:  $N_m \times a \times b$ , onde  $[a] = \frac{h}{dia}$  e  $[b] = \frac{dia}{mes}$





Apresentamos  
a seguir os  
nossos  
resultados.



Grupo 4

BRUNO  
VINICIUS  
FERNANDA  
RODRIGO

1 1

notafimetro

Unidade:  $m^3/h$

condições:  $d = 7kg$ ;  $p = 1Atm$ ;  $T = 10^\circ C$

exala  $0,1 m^3/h$

- ①  $\times$  vazão máxima =  $2 m^3/h$
- $\times$  pressão =  $+2,9 kgf/cm^2$

③  $H_1 + H_3 = H_2$

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho} + H_3 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho}$$

$$H_3 = \frac{p_2 - p_1}{\rho}$$

$$H_3 = \frac{2,4 \cdot 10^7 - 348,86}{13600} = 1,77 m$$

$$\rho = 348,86 \frac{kgf}{m^3}$$

$$p_2 = +2,9 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\rho_{Hg} = 13600 \frac{kgf}{m^3}$$

$$\rho_{H_2O} = 9,8 \cdot 997,18 = 9772,4 \frac{N}{m^3}$$

$$= 997,18 \frac{kgf}{m^3}$$

~~$$\rho \cdot x + 0,017 \cdot \rho_{Hg} = 0,017 \cdot \rho_{H_2O}$$

$$+ y \cdot \rho_{H_2O} = p_{ent.}$$~~



$$p_1 - 0,017 \cdot \rho_{Hg} + 0,5817 \cdot \rho_{H_2O} = p_{ent.}$$

$$p_{ent.} = 348,86 \frac{kgf}{m^2}$$

$$deslogado = 688$$

$$\frac{\frac{m^3}{h} \times \frac{N}{s}}{100} \cdot m = \frac{N \cdot m}{h} = \frac{J}{h}$$

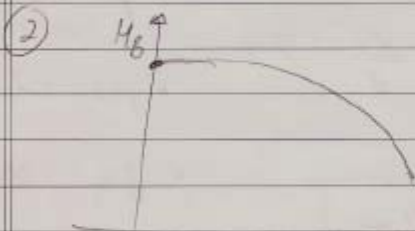
$$N_B = Q \cdot \gamma \cdot H_B$$

$$N_B = \frac{2 \cdot 9771,4 \cdot 1,77}{3600} = 9,45 \frac{N \cdot m}{s}$$

$$(4) \quad N_B = \frac{N_B}{\eta} \rightarrow N_B = \frac{9,45}{0,9} \rightarrow N_B = 10,5 \text{ W}$$

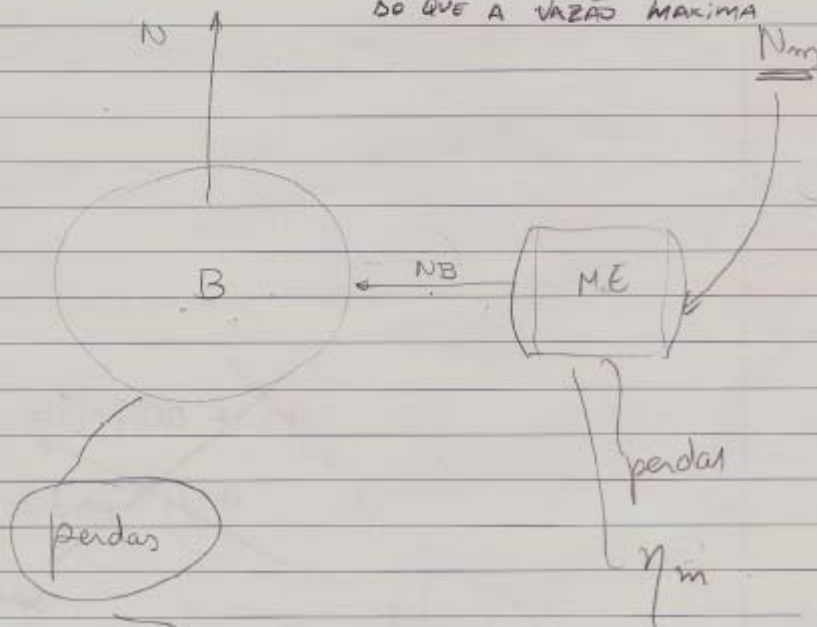
(5) 26 dias  $\rightarrow$  2 horas por dia (52 horas/mês)

$$Pot = N \cdot t = 9,45 \cdot 52 = 491,4 \frac{KW \cdot h}{\text{mês}}$$



\* No ponto de trabalho  
igualdade-se os dois  $H$ 's  
 $H_B = H_S$

Q A VAZÃO ZERO A CARGA  
MANOMÉTRICA DA BOMBA É MAIOR  
DO QUE A VAZÃO MÁXIMA



$$\eta_B = \frac{N}{N_B}$$

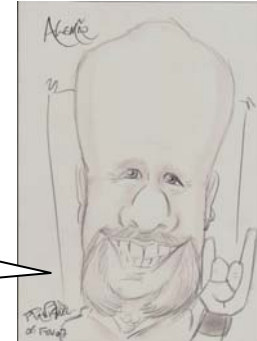


O grupo deve refletir sobre o significado dos círculos vermelhos e se necessário responder novamente.

Se desejar conhecer as respostas, mande um e-mail para [raigi@globo.com](mailto:raigi@globo.com) solicitando-as.

Existe diferença entre CCI e CCB? E o que é ponto de trabalho?

Este quinto grupo estará estudando o conceito de curva característica da instalação (CCI), curva característica da bomba (CCB), cálculo de perda de carga, ponto de trabalho, pressão de entrada da bomba na escala absoluta.



Marcella, a CCI é a carga manométrica necessária para o fluido escoar com a vazão Q.



Beleza Viviane. Vamos agora conhecer as perguntas.

É isso aí Renata, já a CCB é a carga manométrica que a bomba pode dar em função da vazão desejada (Q).



Michelli, no cruzamento da CCI com a CCB se tem o ponto de trabalho.



Considerando a bancada 7 e sabendo que a mesma irá operar com a válvula controladora de vazão totalmente aberta para dois caminhos possíveis, responda as questões a seguir.

1. A vazão máxima será sempre a mesma?
2. Comprove a resposta anterior numericamente.
3. Aplicando a equação da energia da seção inicial a final, procure justificar a resposta da questão anterior.
4. Considerando uma representação hipotética da CCB e as equações da questão anterior, as quais devem ser escritas em função da vazão, justifique o observado na segunda questão.
5. Qual a pressão de entrada da bomba na escala absoluta?



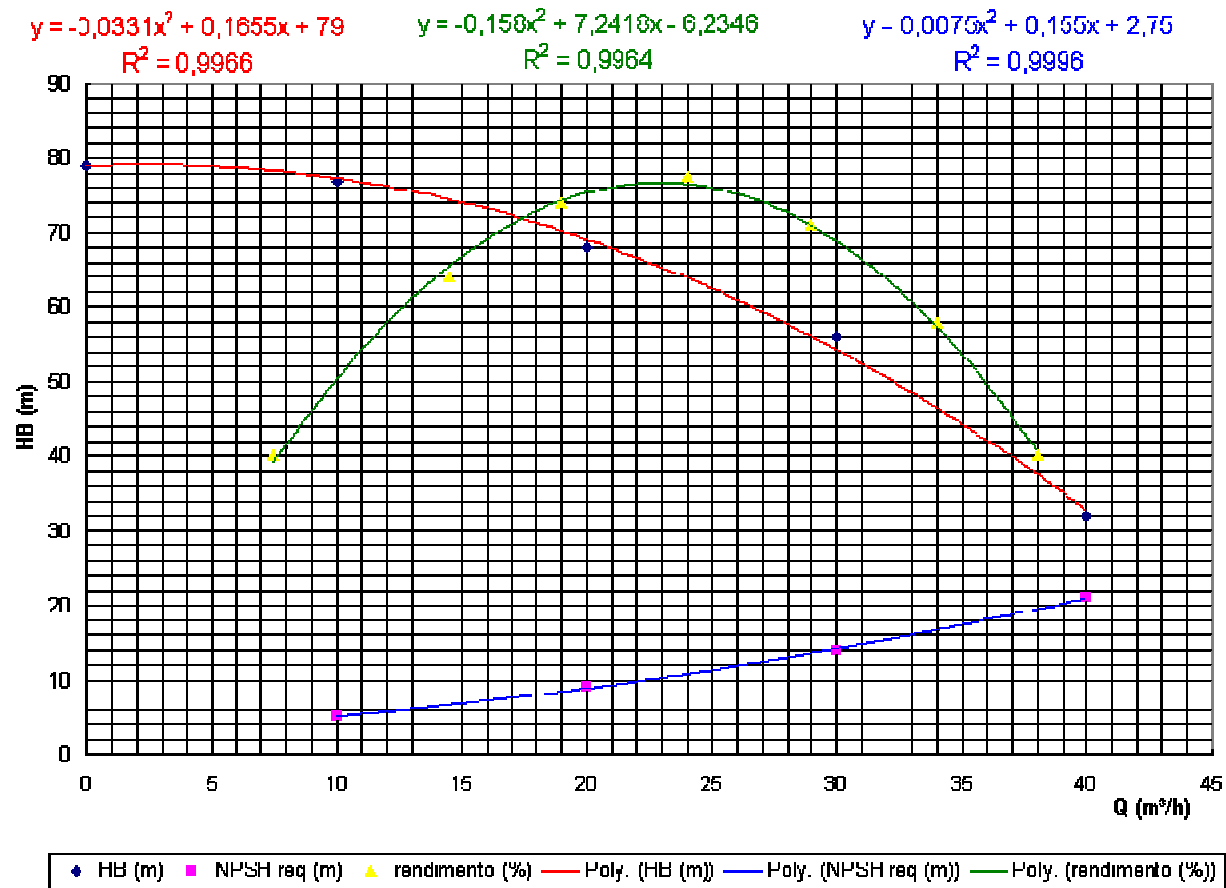
Vamos examinar o funcionamento da bancada.



Grupo reunido para desenvolvimento da atividade.



Pode-se evocar a representação da Curva Característica da Bomba (CCB):





É importante notar que na representação anterior se tem  $H_B = f(Q) \rightarrow \eta_B = f(Q) \rightarrow \text{NPSH}_{\text{req}} = f(Q)$ .

Já a CCI, para as instalações hidráulicas que apresentam uma entrada e uma saída, é obtida escrevendo-se a equação da energia da seção inicial a seção final e isto resulta:  $H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{\text{ptotais}}$ .

Considerando uma instalação com um único diâmetro e que a seção inicial é o nível de captação, tem-se que:

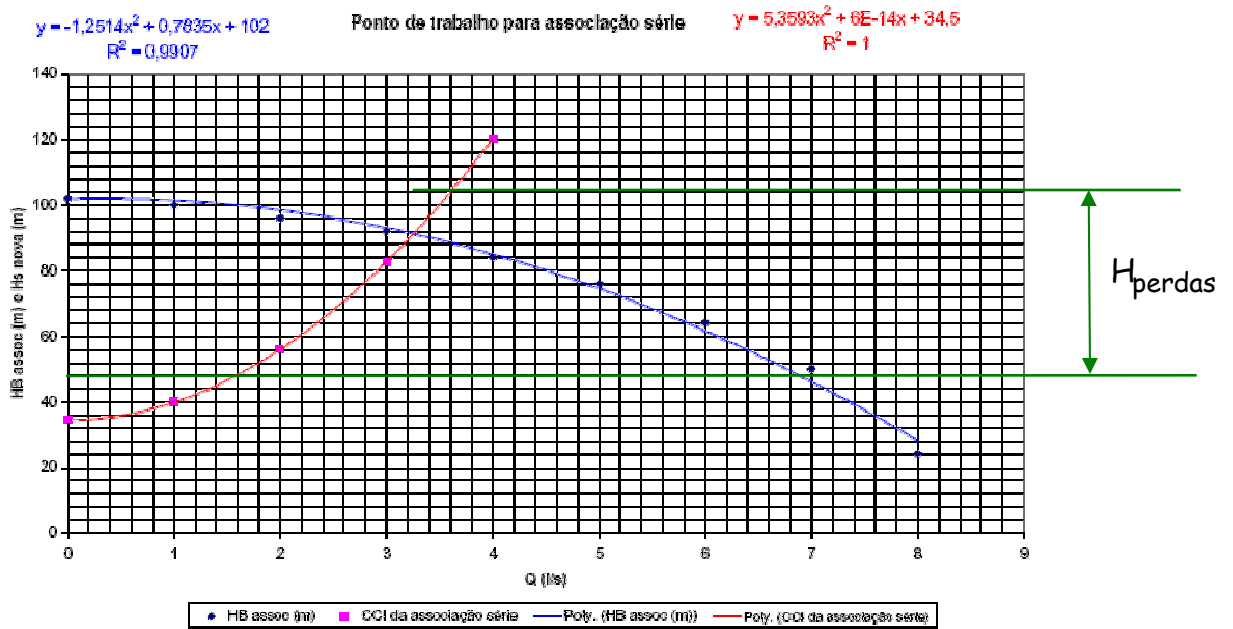
$$H_{\text{sistema}} = (Z_{\text{final}} - Z_{\text{inicial}}) + \frac{(p_{\text{final}} - p_{\text{inicial}})}{\gamma} + \frac{\gamma Q^2}{2gA^2} + f \frac{(L + \sum L_{\text{eq}})}{D_H} \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$H_{\text{sistema}} = H_{\text{estática}} + (\gamma + f \times B_{\text{instalação}}) \times Q^2$$

$$\therefore H_{\text{estática}} = (Z_{\text{final}} - Z_{\text{inicial}}) + \frac{(p_{\text{final}} - p_{\text{inicial}})}{\gamma}$$

Ao se representar a CCI junto com a CCB pode-se determinar o ponto de trabalho, que para a válvula controladora de vazão totalmente aberta, fornece a máxima vazão possível na instalação, a qual é obtida no cruzamento da CCI com a CCB, portanto para ele se tem:  $H_{\text{sistema}} = H_B$ .

Importante: no ponto de trabalho se tem:  $H_{\text{sistema}} - H_{\text{estática}} = H_{\text{perdas}}$



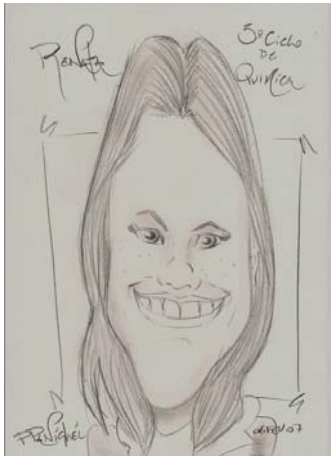
Portanto, se a mudança de caminho acarreta perda de carga diferente, pode-se afirmar que a vazão do ponto de trabalho, que é máxima se a válvula controladora de vazão encontra-se totalmente aberta, é diferente de caso para caso.

Vamos analisar os dados e resultados obtidos.





Apresentamos  
a seguir a  
síntese da  
nossa  
atividade.



### Grupo 5

Integrantes: Marcela Lafalce

Michelli Maciel

Renata K.C. de Carvalho

Tiviane B. Portas

Considerando a bancada 7 e sabendo que a mesma irá operar com a válvula controladora de vazão totalmente aberta para dois caminhos possíveis, responda as questões a seguir:

1. A vazão máxima será sempre a mesma?

R: Não, pois os caminhos são diferentes, sendo o caminho 1 maior que o caminho 2. Quanto maior a perda, menor a vazão.

2. Comprove a resposta anterior numericamente.

Caminho 1:

$$\Delta H = 100 \text{ mm} \rightarrow \Delta t = 26 \text{ s}$$

$$A = 0,546 \text{ m}^2$$

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = \frac{0,1 \text{ (m)}}{26 \text{ (s)}} \cdot 0,546 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q = 2,1 \cdot 10^{-3} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \text{ ou}$$

$$\boxed{2,1 \left( \frac{\text{L}}{\text{s}} \right)}$$

Caminho 2

$$\Delta H = 100 \text{ mm} \rightarrow \Delta t = 18,5 \text{ s}$$

$$A = 0,4180 \text{ m}^2$$

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = \frac{0,1 \text{ (m)}}{18,5 \text{ (s)}} \cdot 0,4180 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q = 2,26 \cdot 10^{-3} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \text{ ou}$$

$$\boxed{2,26 \left( \frac{\text{L}}{\text{s}} \right)}$$

3. Aplicando a equação da energia da seção inicial a final, procure justificar a resposta da questão anterior.

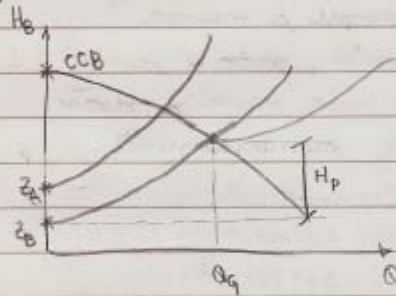
$$H_1 + H_0 = H_f + H_p \rightarrow$$

$$H_p = z_p + \frac{p_p}{\gamma} + \frac{v_p^2}{2g}$$

$$H_p = f \frac{(L + \sum L_e)}{D_H} \frac{Q^2}{2g A^2}$$

$$H_B = z_p + \frac{p_p}{\gamma} + \frac{v_p^2}{2g} + f \frac{(L + \sum L_e)}{D_H} \frac{Q^2}{2g A^2}$$

4. Considerando uma representação hipotética da CCB e as equações da questão anterior, as quais devem ser escritas em função da vazão, justifique o observado na segunda questão.



Ponto de trabalho ( $H_B = H_S$ ).  
 Move-se no caminho ou na válvula para atingir o ponto de trabalho

5. Qual a pressão de entrada da bomba na escala absoluta (para os caminhos escolhidos).

Caminho 1:  $p_{e1} = 60 \text{ kPa}$

760 mmHg - 101325 Pa

696 mmHg - x

x = 92792 Pa

$p_{e1} = 60000 + 93325 = 152792 \text{ Pa (abs)}$

Caminho 2:  $p_{e2} = 20 \text{ kPa}$

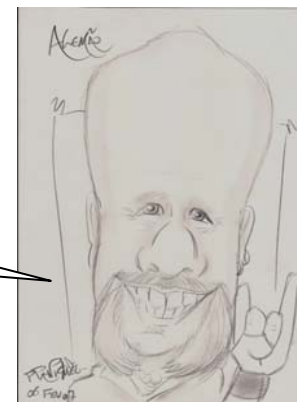
$p_{e2} = 20000 \text{ (Pa)} + 696 \text{ (mmHg)} \cdot \frac{101325 \text{ (Pa)}}{760 \text{ (mmHg)}} = 112792 \text{ Pa (abs)}$



O grupo deve refletir sobre o significado dos círculos vermelhos e se necessário responder novamente.

Se desejar conhecer as respostas, mande um e-mail para [raigi@globo.com](mailto:raigi@globo.com) solicitando-as.

Este grupo VI formado só por orientais  
(Gabriel, Henrique e Tiago) tem condições de  
executar uma tarefa que exige paciência.



O que será que  
vai sobrar para  
nós?

Sobrou!



Professor  
elogiando,  
dá até  
para  
desconfia

Considerando o reservatório abaixo, onde os níveis ( $h_L$ ) de 500 mm e 150 mm são mantidos constantes em ensaios diferentes, determine:

1. a vazão teórica para ambos os níveis;
2. a vazão real para os dois níveis;
3. o coeficiente de vazão para ambos os níveis;
4. a perda de carga no bocal e o coeficiente de perda de carga singular no mesmo para ambas situações;
5. o tempo de esvaziamento do nível 500 a 150 mm.





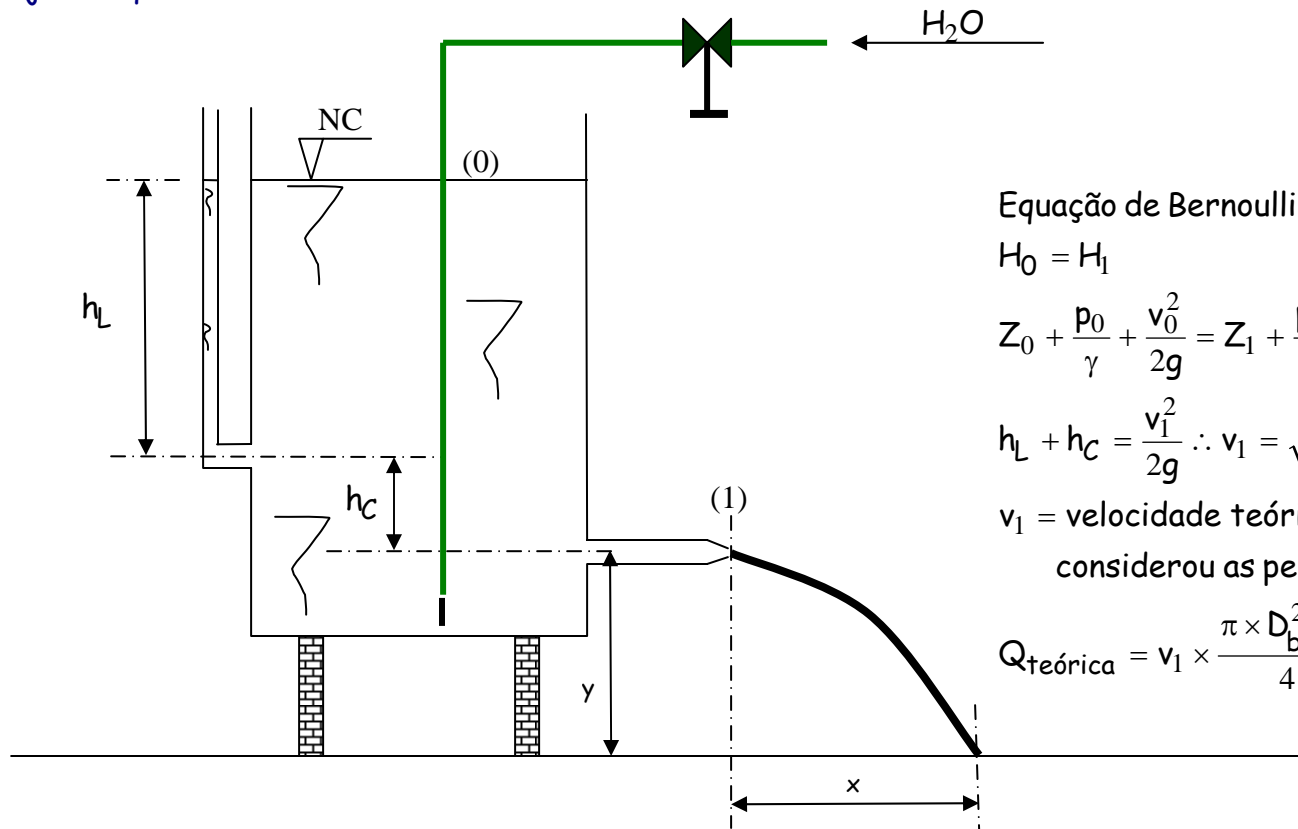
E aí a moçada foi à luta!



Infelizmente sem ter planejado a execução da mesma, por este motivo, acabam ficando mais suscetível aos erros.

Esta atividade visa à introdução dos estudos ligados a um escoamento em regime variado e isto ocorre pelo fato do nível do reservatório, para a determinação do tempo de esvaziamento não ter ficado constante.

Seja o esquema:



Equação de Bernoulli de (0) a (1)

$$H_0 = H_1$$

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

$$h_L + h_c = \frac{v_1^2}{2g} \therefore v_1 = \sqrt{2g \times (h_L + h_c)}$$

$v_1$  = velocidade teórica pois não se considerou as perdas (fluido ideal)

$$Q_{\text{teórica}} = v_1 \times \frac{\pi \times D_{\text{bocal}}^2}{4}$$

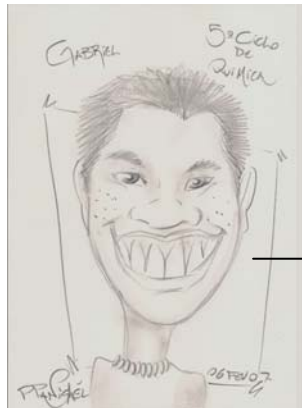
Para se determinar a vazão real, como o nível é mantido constante, pode-se afirmar que a vazão que entra pela tubulação é igual à vazão que sai pelo bocal, portanto basta fechar a válvula esfera e deixar o nível subir um  $\Delta h$  e se registrar o nível para isto, portanto:  $Q_{\text{real}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$ .

A partir deste ponto, pode-se calcular o coeficiente de vazão:  $C_d = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórica}}}$

Para se determinar a perda no trecho de saída ( $H_{p_{\text{saída}}}$ ) e não só a perda do bocal, basta aplicar a equação da energia de (0) a (1), onde na seção (1) se considera a velocidade real do jato, a qual pode ser determinada pelos conceitos abordados no lançamento inclinado:

$$H_0 = H_1 + H_{p_{\text{saída}}} \therefore h_L + h_C = \frac{v_{\text{real}}^2}{2g} + H_{p_{\text{saída}}} \Rightarrow v_{\text{real}} = \frac{x}{t} e t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

$$K_{s_{\text{saída}}} = \frac{H_{p_{\text{saída}}}}{\frac{v_{\text{real}}^2}{2g}}$$



Moçada, agora é só medir e calcular.



E rezar para dar certo

É isso aí!



E aí se gerou:

Seg Ter Qua Qui Sex Sáb Dom

Grupo 6. Tiago-gabriel-Henrique

P/500

$$v_r = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,64} \Rightarrow 3,54 \text{ m/s} \quad h = h_L + h_r$$

$$Q_r = 3,54 \times 0,0022698 \Rightarrow 0,008 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_r = \frac{0,546 \cdot 0,1}{75} \Rightarrow 0,000728 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_r} = 0,91$$

• tempo de esvaziamento de 500 p/150  $\Rightarrow$  315 s 18 min.

P/150

$$v_r = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,29} \Rightarrow 2,38 \text{ m/s}$$

$$Q_r = 0,0054 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_r = \frac{0,546 \cdot 0,05}{68} \Rightarrow 0,000447$$

$$C_d = 0,83$$

•  $H_{nível} = 14 + 50$   
 $14 + 15$

•  $H_{saida} = \frac{v_r^2}{2g}$

•  $H_{nível} = H_{saida} + H_{p_{bocat}}$

•  $h_s = K_d \frac{v^2}{2g}$

$x_{p/500} = 484 \text{ mm} \Rightarrow 1016 \Rightarrow 1,016 \text{ m} \quad y = 0,405$

$x_{p/150} = 800 \text{ mm} \Rightarrow 1100 \Rightarrow 1,1 \text{ m} \quad t = 0,2875$

•  $t = \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad h_{500} = 0,0026$

•  $x = v_{x,t} \quad v_r = v \sqrt{\frac{g}{2y}}$

$v_{r500} = 3,534 \text{ m/s}$

$v_{uso} = 2,435 \text{ m/s}$

circuito fechado =  $H_B = H_T$

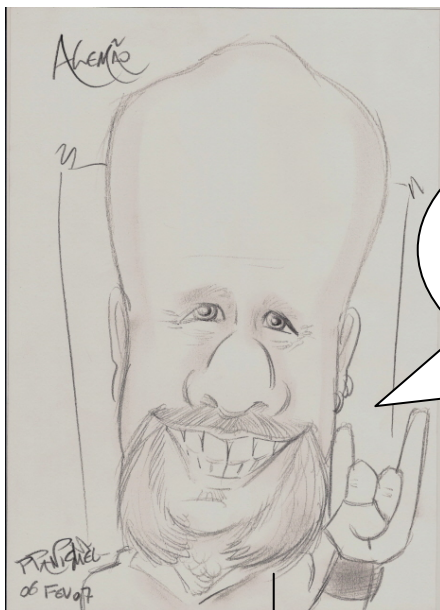
FORONI PE trabalho =  $H_B = H_s$

O grupo deve refletir e responder: qual o significado de cada círculo vermelho?  
Se não havia necessidade de se mencionar a bancada utilizada no ensaio?  
Justifique

Dados coletados por mim na bancada 3, nesta bancada se tem como dados:  
 $h_c = 140\text{mm}$ ;  $y = 40,5\text{ cm}$  e  $D_{\text{bocal}} = 17\text{mm}$

Ensaio	Nível constante em 500 mm				Tempo de esvaziamento (s)	Nível constante em 150 mm			
	$\Delta h(\text{mm})$	t(s)	x(cm)	y(cm)	500 - 150 mm	$\Delta h(\text{mm})$	t(s)	x(cm)	y(cm)
1	50	37,87	94,5	40,5	318,56	20	23,61	62,8	40,5
2	50	38,15	95,0	40,5	319,42	20	23,07	62,8	40,5
3	50	38,06	94,7	40,5	319,12	20	23,32	62,5	40,5
4	50	37,53	94,9	40,5	319,39	20	22,87	62,7	40,5
5	50	38,15	95,5	40,5	318,31	20	23,64	62,7	40,5

Para os cálculos ainda se deve considerar:  $g = 9,8\text{ m/s}^2$



O grupo deve, além de explicar o significado do círculo vermelho, determinar os valores médios do que foi solicitado através da tabela

1

Se desejar  
conhecer as  
respostas, mande  
um e-mail para  
[raigi@globo.com](mailto:raigi@globo.com)  
solicitando-as.