

Aula 5 de Hidráulica II

Introdução ao estudo
de tubulações
complexas: o caso do
escoamento com três
reservatórios!

Aplicação
do
teorema
dos π

Determinação do
ponto homólogo
ao ponto de
operação do
inversor de
frequência



O número de Froude desempenha importante papel nos estudos de canais, permitindo definir os regimes de escoamento. Se feita uma analogia com o número de Reynolds teríamos: laminar correspondente ao subcrítico ($Re \leq 2000$ e $Fr < 1,0$), transição ao crítico ($2000 < Re < 4000$ e $Fr = 1,0$) e o turbulento ao supercrítico ($Re \geq 4000$ e $Fr > 1,0$). Além disto, no supercrítico teríamos a possibilidade de classificar os ressaltos hidráulicos: ressaltos ondulados ($1,0 < Fr < 1,7$), ressalto fraco ($1,7 < Fr < 2,5$), ressalto oscilante ($2,5 < Fr < 4,5$), ressalto estacionário ($4,5 < Fr < 9,0$) e ressalto forte ($Fr \geq 9,0$).

$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{\text{força viscosa}}{\text{força de inércia}}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{y_h \times g}} = \frac{\text{força de inércia}}{\text{forças gravitacionais}}$$

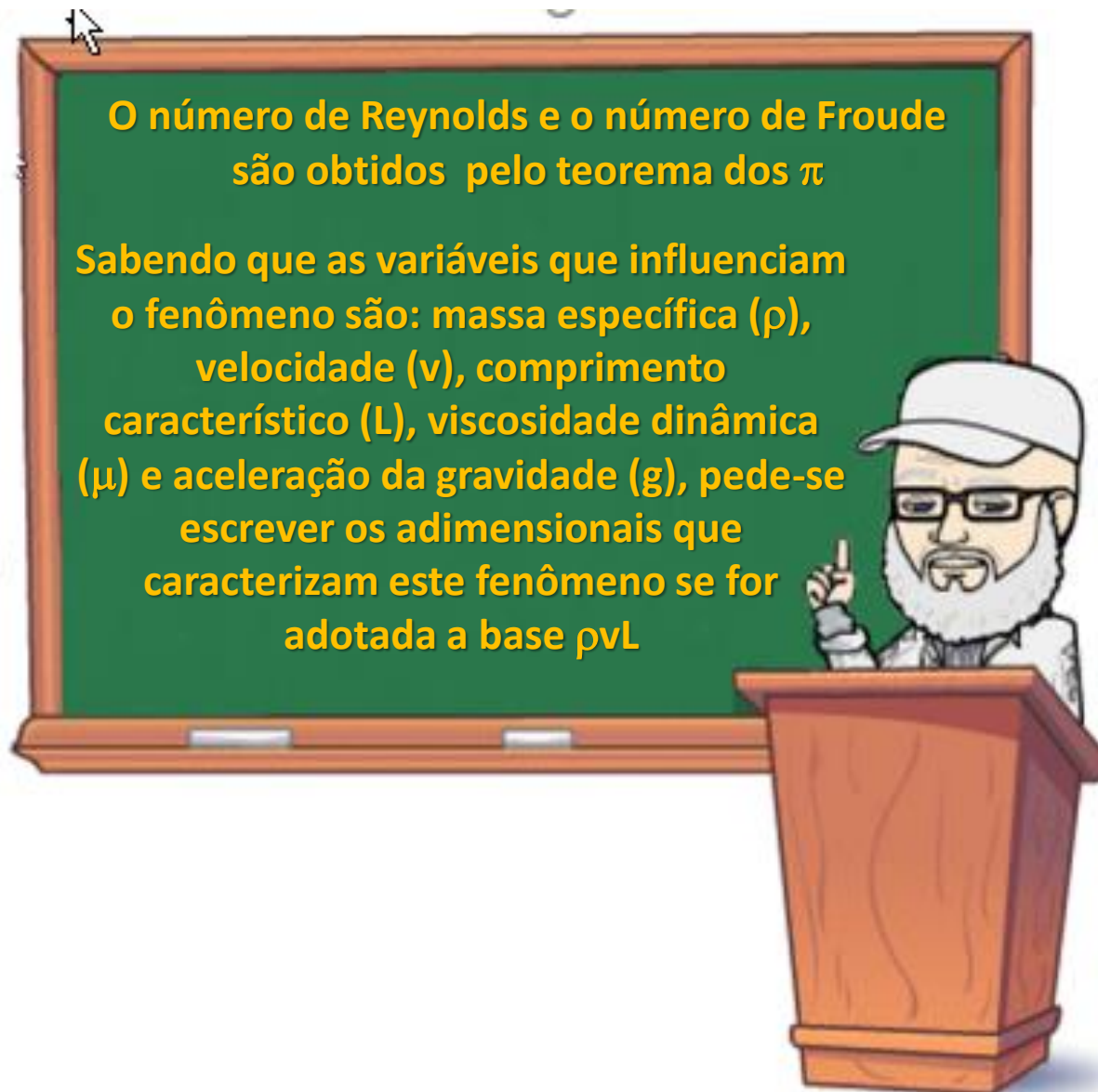


A persistência
e a dedicação
...



O número de Reynolds e o número de Froude
são obtidos pelo teorema dos π

Sabendo que as variáveis que influenciam
o fenômeno são: massa específica (ρ),
velocidade (v), comprimento
característico (L), viscosidade dinâmica
(μ) e aceleração da gravidade (g), pede-se
escrever os adimensionais que
caracterizam este fenômeno se for
adotada a base $\rho v L$

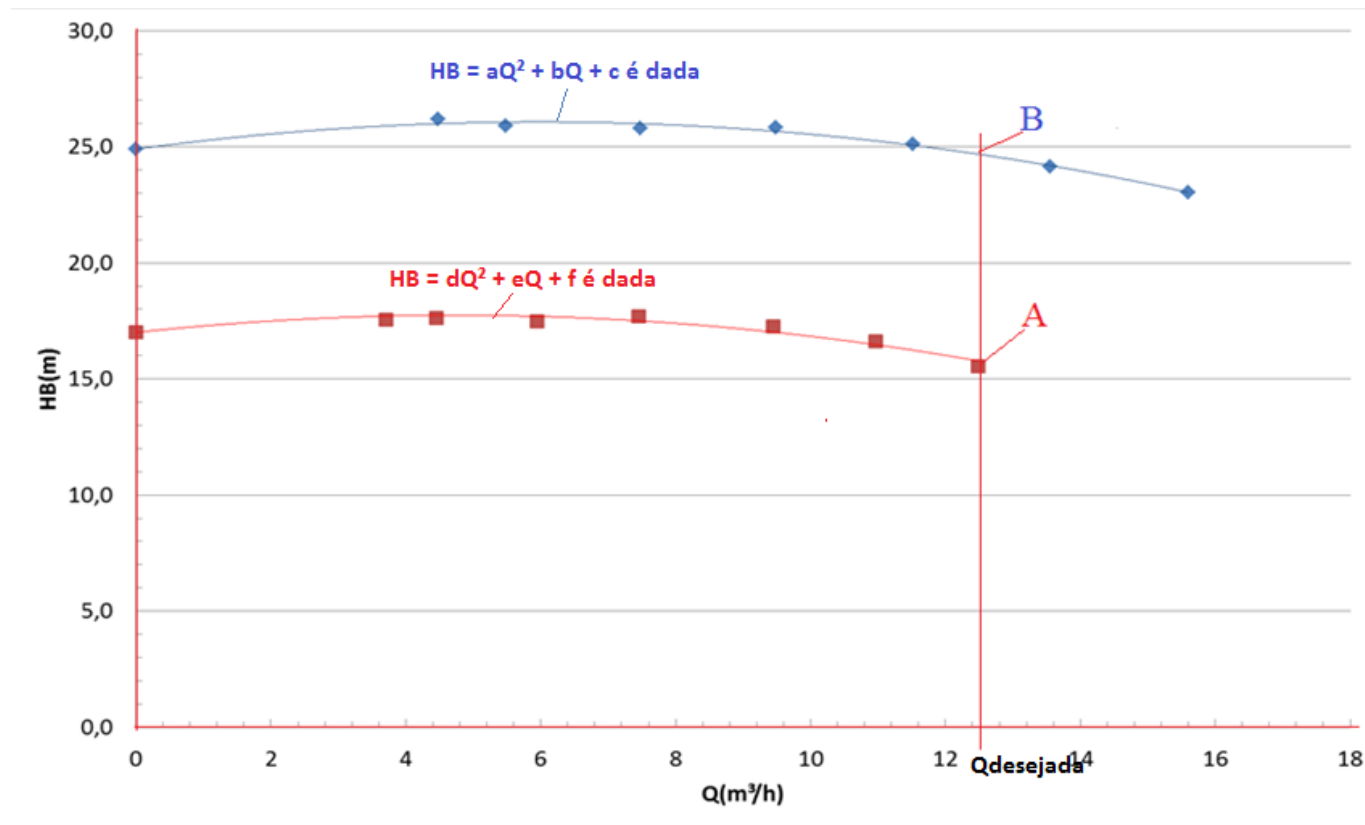


Somadas a
disciplina,
possibilitam o
aprendizado!



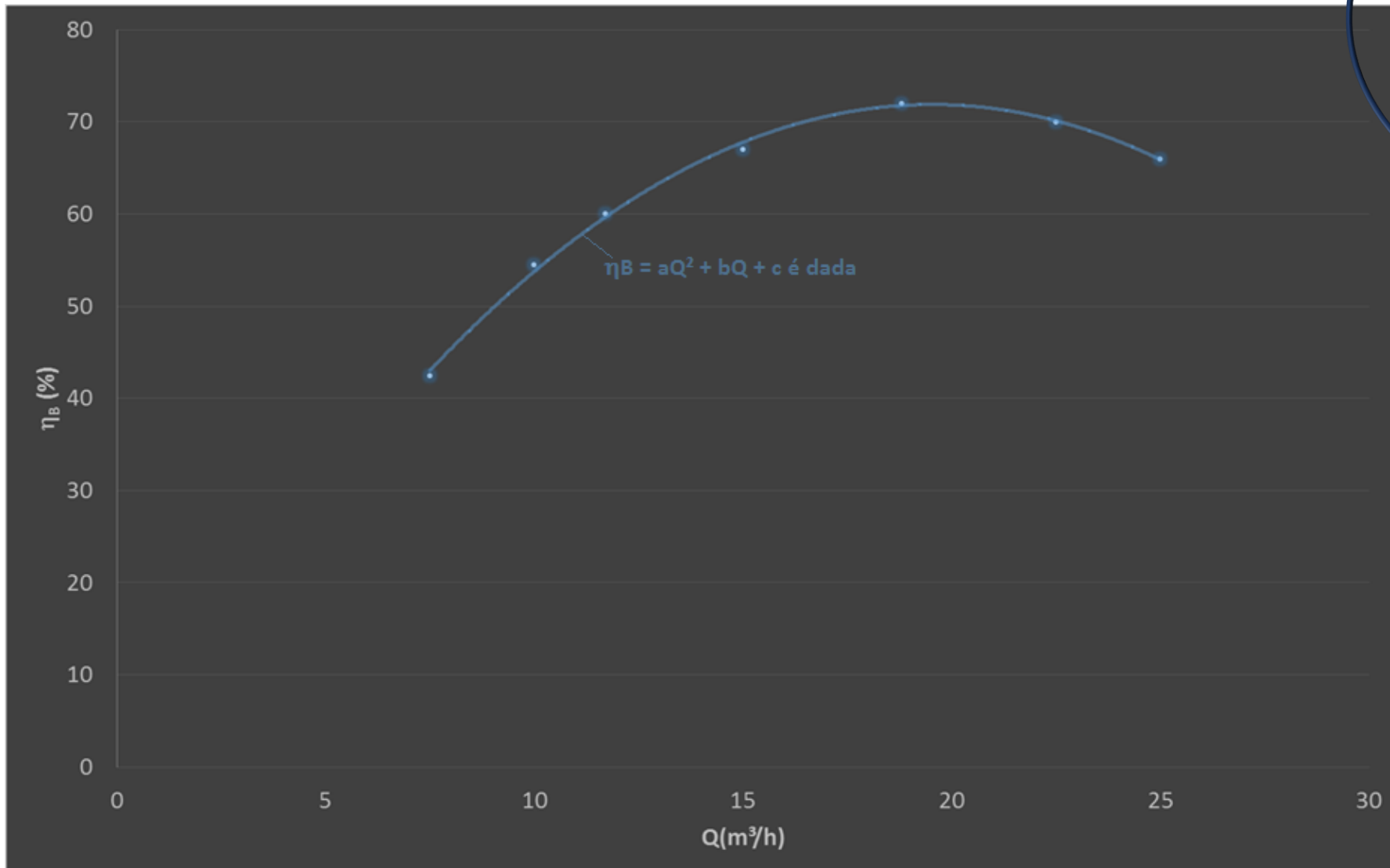
Objetivo comparar a potência nominal da bomba no ponto B com a potência nominal do ponto A

Vamos reforçar a determinação da potência nominal da bomba no ponto A



Já que a determinação da potência nominal da bomba no ponto B é bastante simples de ser obtida, pois conhecemos Q_B e $H_{B_B} = f(Q)$ e $\eta_{B_B} = f(Q)$

Este rendimento é dado em relação a frequência original



Já que temos Q_B , H_{B_B} e η_{B_B} , podemos calcular

N_{B_B}

$$N_{B_B} = \frac{\gamma \times Q_B \times H_{B_B}}{\eta_{B_B}}$$



Do ponto A, temos H_{B_A} e $Q_A = Q_B = Q_{desejada}$, para achar o rendimento impomos a condição de semelhança dos coeficientes de vazão e determinamos a vazão do ponto homólogo (mesmo rendimento) referente a frequência original

$$\phi_{3500} = \phi_{n_{assíncrona_obtida}}$$

$$\frac{Q_{ponto_homólogo}}{n_{original}} = \frac{Q_{desejada}}{n_{assíncrona_obtida}}$$

A rotação assíncrona foi obtida impondo a condição de semelhança entre os coeficientes manométricos dos pontos A e B

$$\Psi_B = \Psi_A$$

$$n_{assíncrona_obtida} = n_{original} \times \sqrt{\frac{H_{B_A}}{H_{B_B}}}$$



Com a vazão do ponto homólogo na equação da curva de rendimento dada para a rotação original, calculamos o rendimento do ponto homólogo que é igual ao rendimento do ponto A, e aí calculamos a potencia nominal da bomba no ponto A que será comparada com a obtida para o ponto B

$$\eta_{B_ponto_homólogo} = a \times Q_{ponto_homólogo}^2 + b \times Q_{ponto_homólogo} + c$$

$$N_{B_A} = \frac{\gamma \times Q_A \times H_{B_A}}{\eta_{B_ponto_homólogo}}$$

$$\text{Importante} \Rightarrow Q_A = Q_B = Q_{desejado}$$



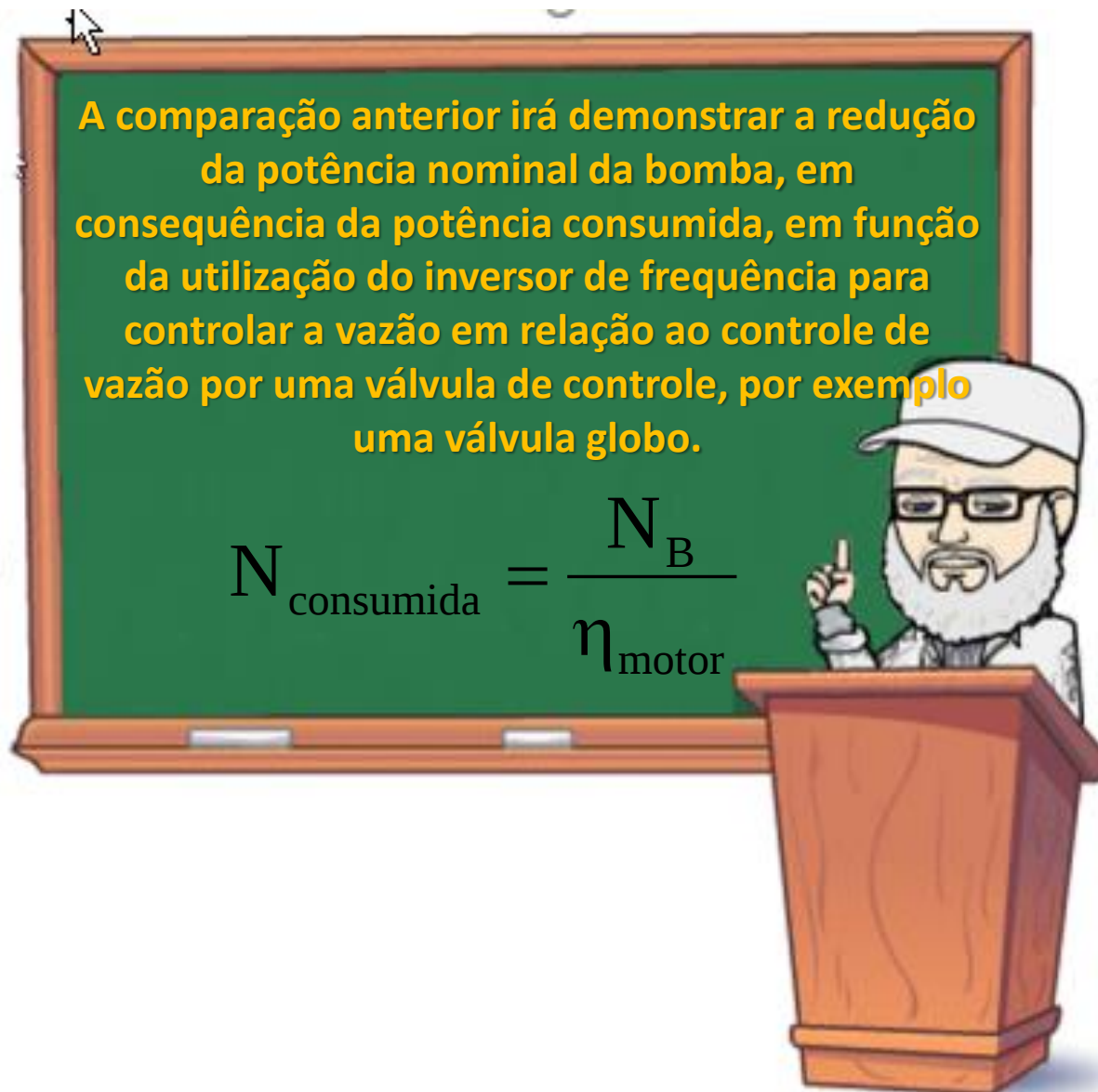
A persistência
e a dedicação

...



A comparação anterior irá demonstrar a redução da potência nominal da bomba, em consequência da potência consumida, em função da utilização do inversor de frequência para controlar a vazão em relação ao controle de vazão por uma válvula de controle, por exemplo uma válvula globo.

$$N_{\text{consumida}} = \frac{N_B}{\eta_{\text{motor}}}$$



Somadas a
disciplina,
possibilitam o
aprendizado!



**Determinação da
frequência a ser imposta
para obtenção da vazão
desejada**



$$f_{\text{imposta}} = \frac{p \times n_{\text{síncrona_obtida}}}{120} \rightarrow p = \text{número de pólos}$$

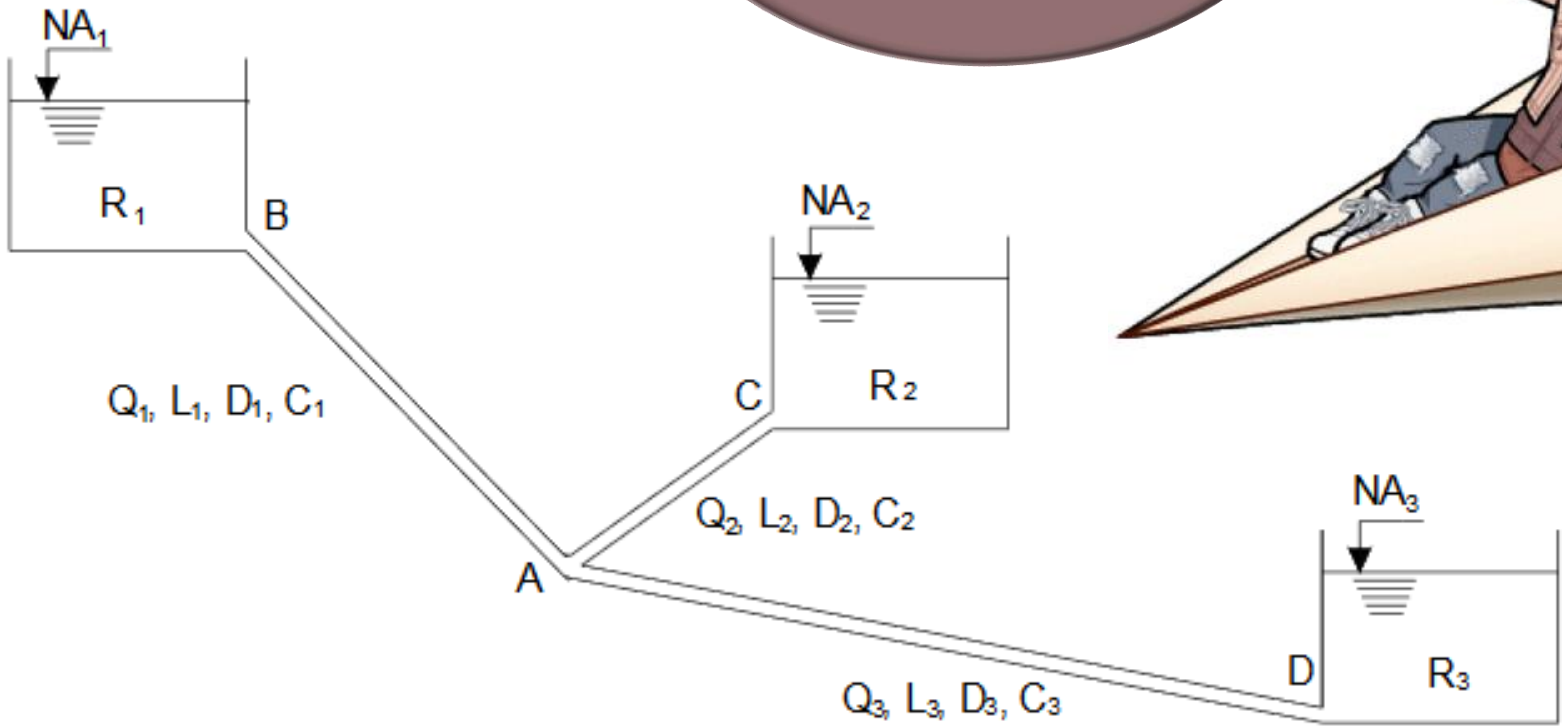
$$n_{\text{síncrona_obtida}} = \frac{n_{\text{assíncrona_obtida}}}{1-s} \rightarrow s = \text{escorregamento}$$

**A frequência a ser
imposta tem que ser
calculada com a
rotação síncrona
correspondente a
rotação assíncrona
obtida.**



Introdução ao estudo
de tubulações
complexas: o caso do
escoamento com três
reservatórios!

FICAR VELHO É
OBRIGATÓRIO.
CRESCER É
OPCIONAL





UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

Disciplina – SHS-401 Hidráulica – Prova substitutiva – 21/8/2002

1. Questão (2,5) – A instalação de recalque mostrada na figura possui duas bombas iguais associadas em paralelo, vencendo um desnível geométrico de 30 m. No gráfico abaixo são apresentadas as seguintes curvas características da instalação.

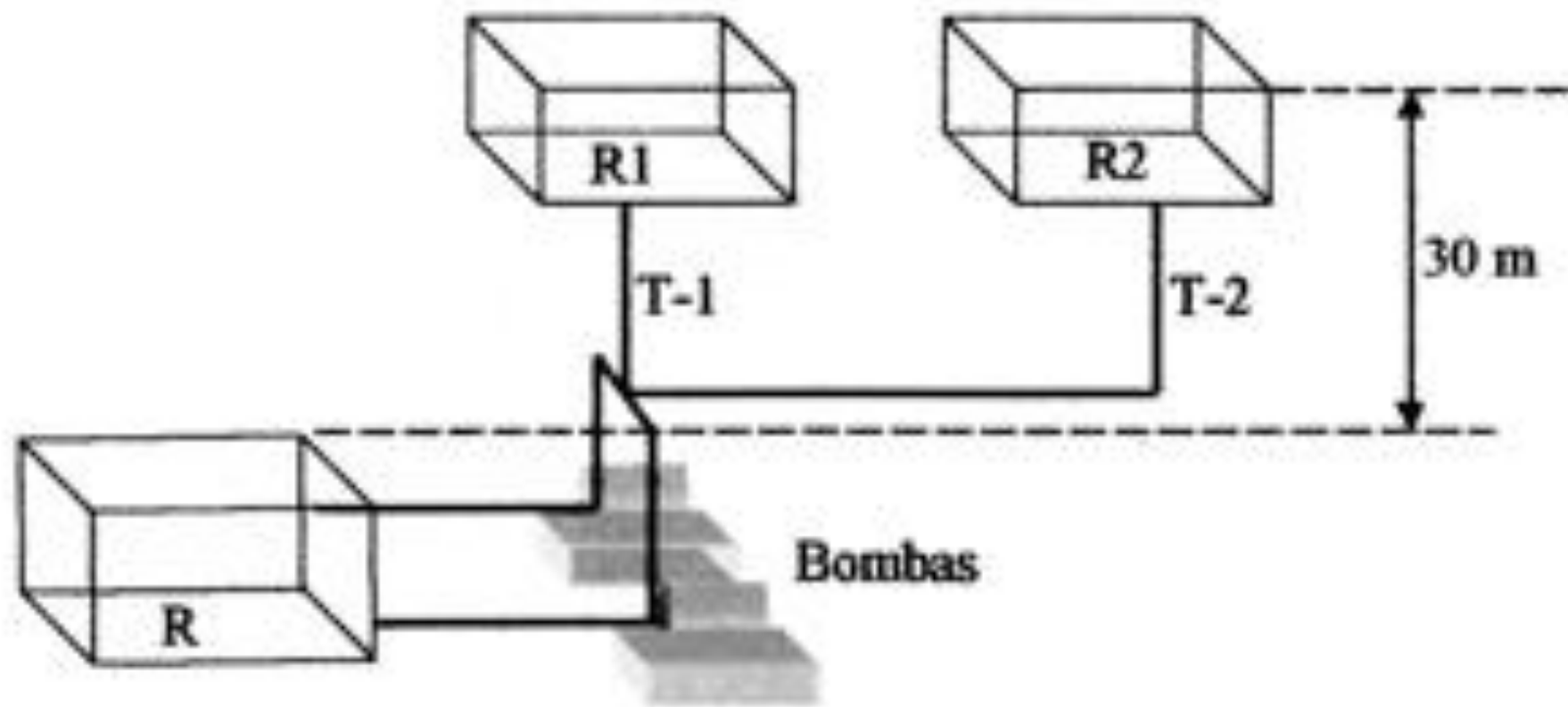
C1 – curva característica da tubulação 1 (T-1)

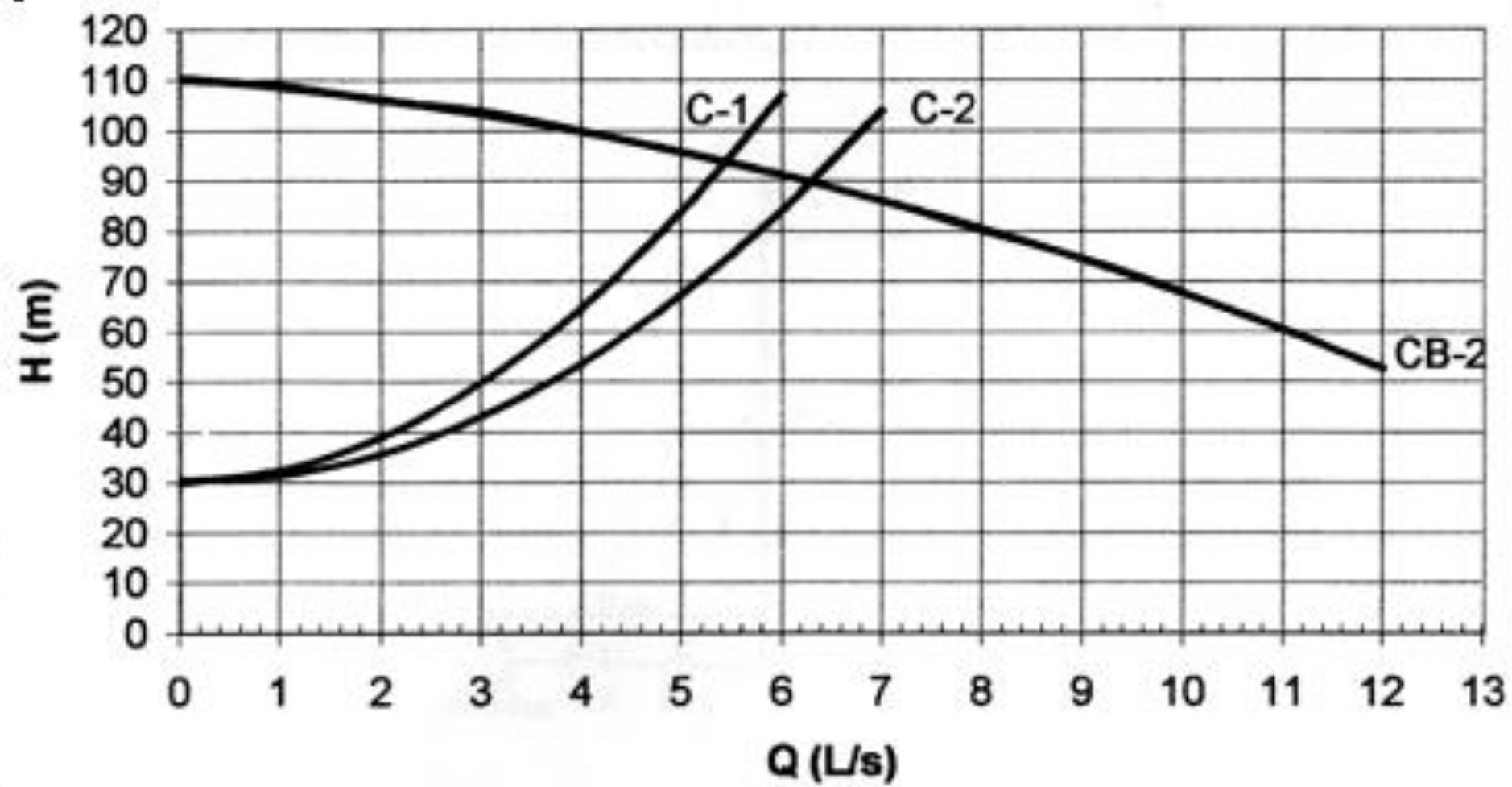
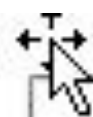
C2 - curva característica da tubulação 2 (T-2)

CB2 – curva resultante de 2 bombas iguais associadas em paralelo

Determine:

- a) a vazão em cada tubulação com as duas bombas funcionando
- b) a vazão em cada tubulação com apenas um bomba ligada
- c) o ponto de funcionamento do sistema estando as 2 bombas ligadas
- d) a vazão na tubulação 2 (T-2) caso o registro da tubulação T-1 fosse totalmente fechado e as 2 bombas funcionando





EM SÉRIE VISA
ATENDER A
DEMANDA DE
UMA CARGA
MAIOR

recurso adotado pelo
projetista visando

redução de custos
do projeto
aumento de segurança
de operação
flexibilidade do processo
de manutenção

A associação de bombas hidráulicas
em
série ou paralelo

01/05/2011 - v3

associação
em série

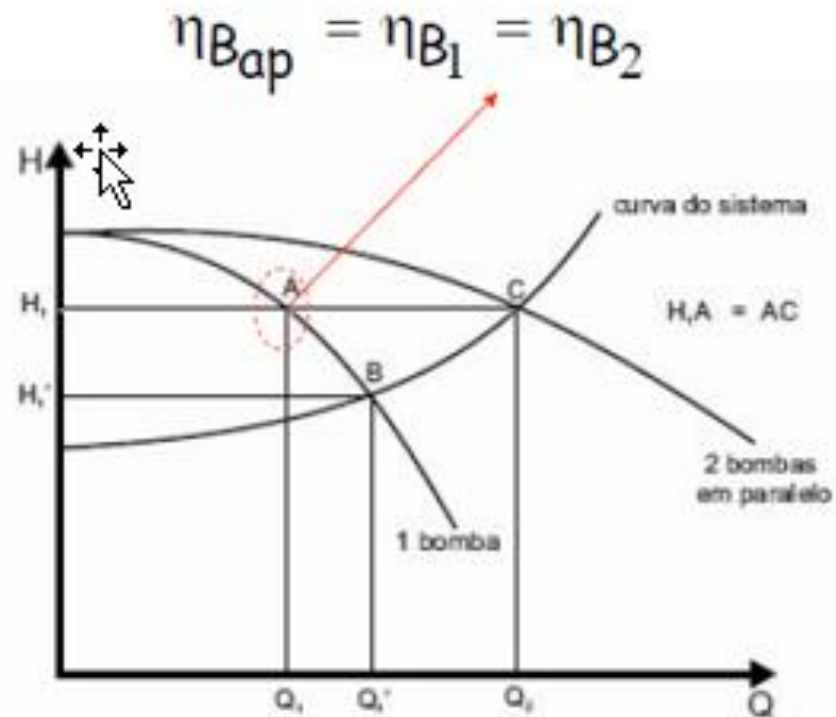
oleodutos

irrigação e
abastecimento

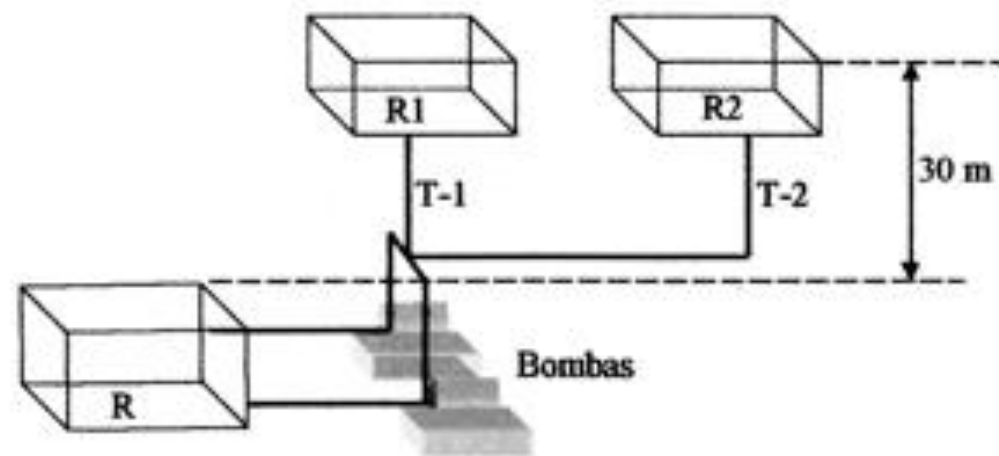
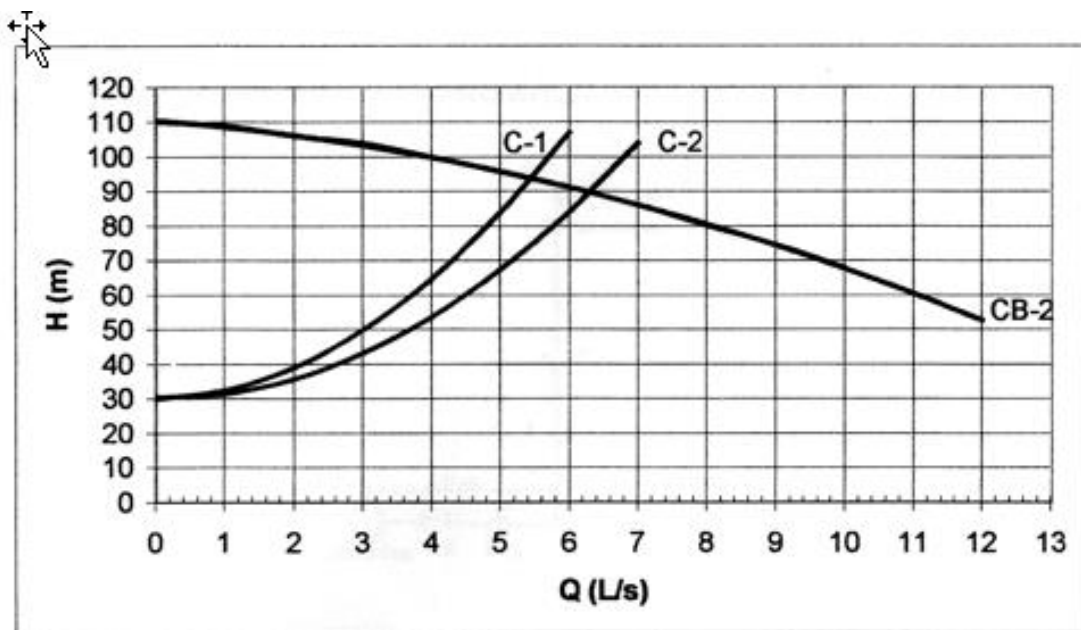
associação em
paralelo

EM PARALELO VISA
ATENDER UMA VAZÃO
MAIOR, QUE PODE NÃO
SER CONTINUA

Na associação
em paralelo para
o mesmo H_B
soma-se as
vazões, no caso
de bombas iguais
 $Q_{ap} = 2 * Q$



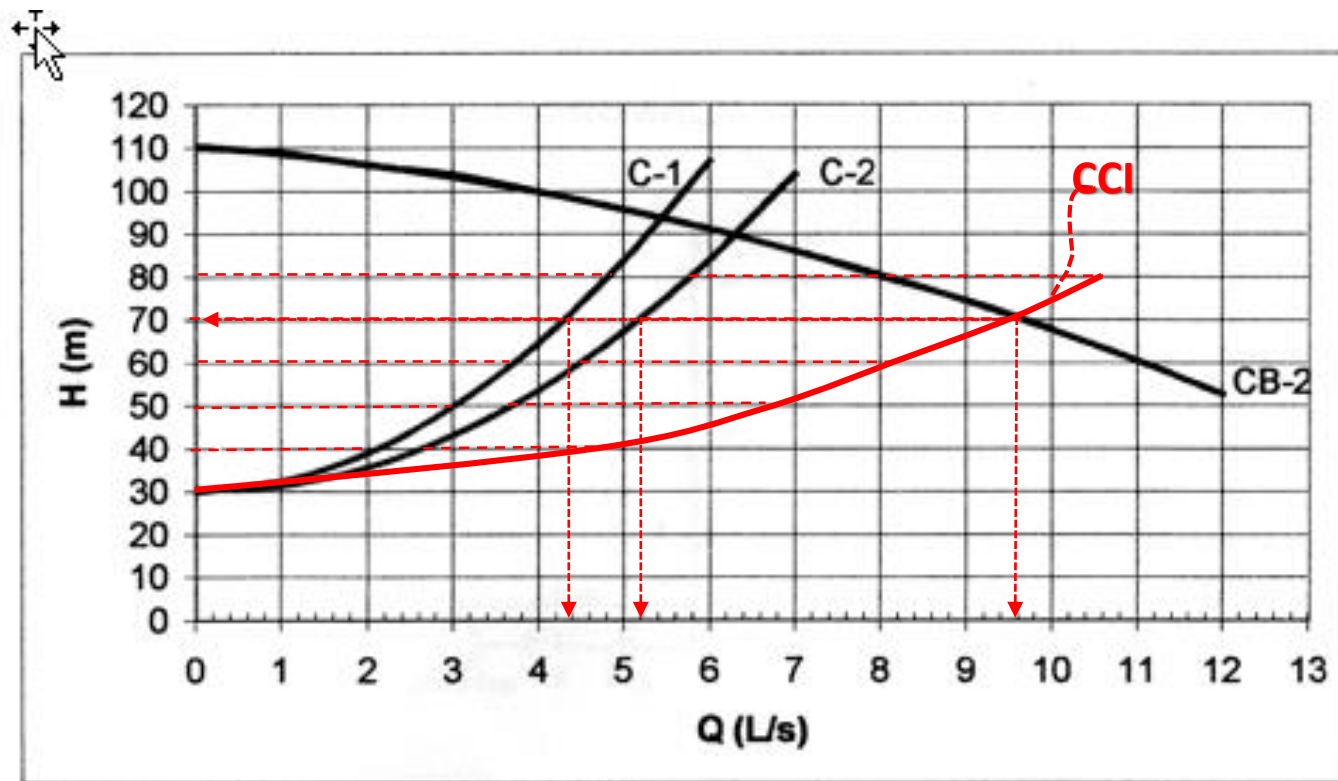
Foi dessa maneira que se obteve a curva CB-2 do problema proposto.



Já as curvas dos sistemas, C-1 e C-2, foram obtidas aplicando-se a equação da energia do nível de captação até o nível do reservatório R-1 e R-2 respectivamente.

Resolução dos itens “a” e “c”

Para obtenção da curva do sistema abastecendo R-1 e R-2, para a mesma carga (H) soma-se as vazões

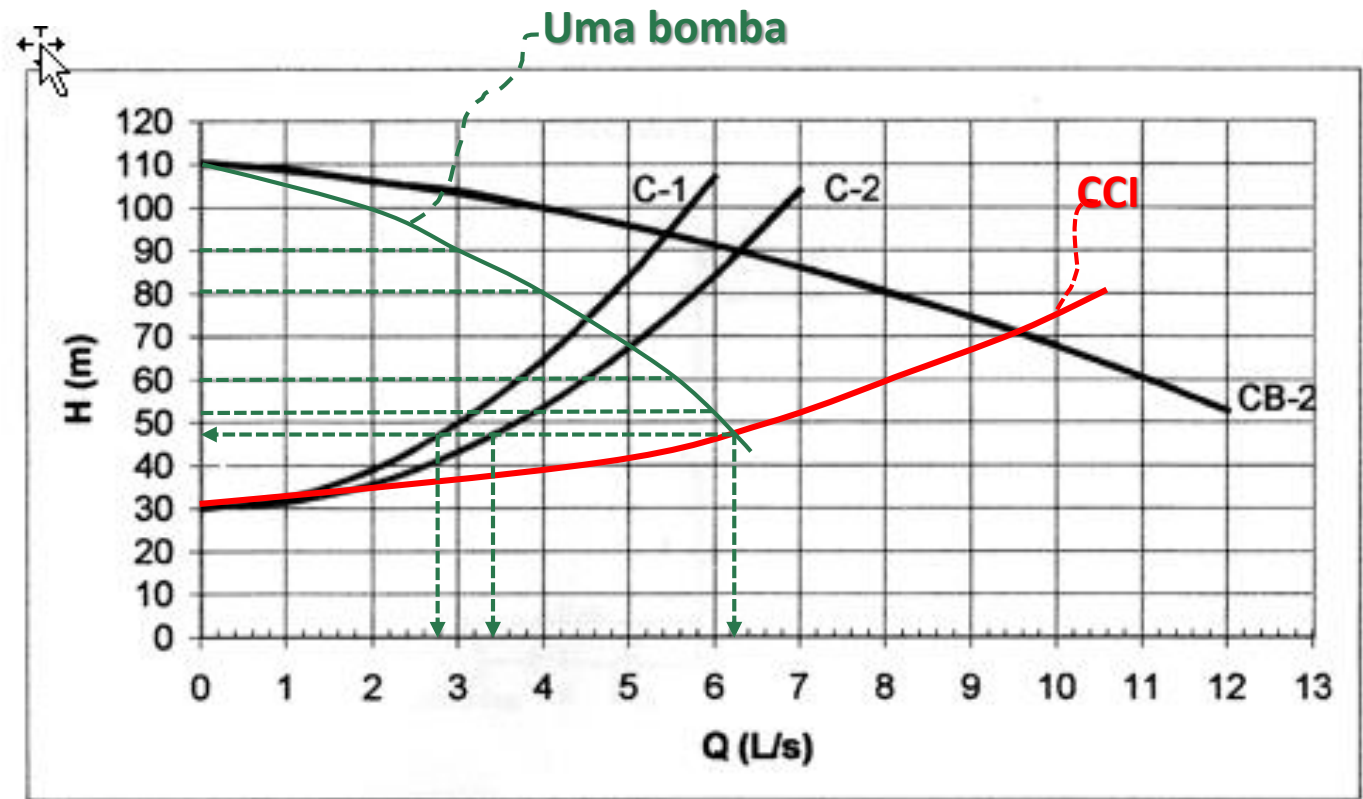


c) O ponto de trabalho é obtido no cruzamento da CCI com a CB-2, portanto a vazão do ponto de trabalho é 9,6 L/s e a carga manométrica no ponto de trabalho é 70 m

a) Ao ler a carga manométrica do ponto de trabalho do item c cruzamos as curvas C-1 e C-2, nos cruzamentos lemos as vazões nestas tubulações, ou seja, 4,4 L/s na tubulação T-1 e 5,2 L/s na tubulação T-2

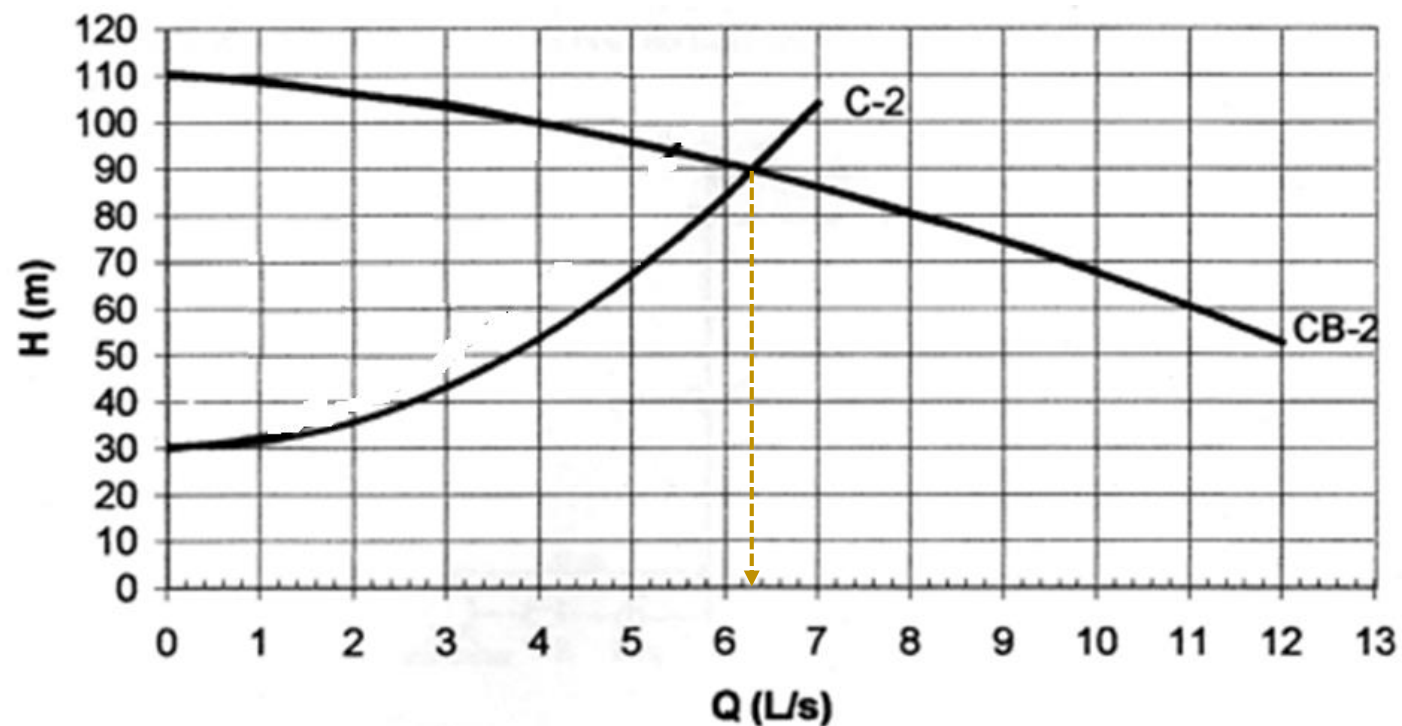
Resolução dos itens “b”

Para obtenção da curva de uma bomba, basta lembrar que o H_B é o mesmo e a Q será $Q_{ap}/2$



b) Ao ler a carga manométrica do ponto de trabalho de uma só bomba no sistema, nos cruzamentos lemos as vazões nestas tubulações, ou seja, 2,8 L/s na tubulação T-1 e 3,4 L/s na tubulação T-2

d) Como o registro foi totalmente fechado em T-1 a curva C-1 vai coincidir com o eixo das ordenadas e o ponto de trabalho é lido no cruzamento da C-2 com a CB-2



d) A vazão em T-2 com as das bombas funcionando e o registro em T-1 totalmente fechado é aproximadamente 6,3 L/s

Sugestão de leitura
complementar

Assim foi o início dos
estudos relacionados
com as tubulações
complexas ...



COBENGE 2005
XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia
"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"
12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCG-UFPE

SOFTWARE DIDÁTICO DE HIDRÁULICA PARA DOCENTES E ALUNOS: O PROBLEMA DOS TRÊS RESERVATÓRIOS

André Luiz de Lima Reda – allreda@uol.com.br
Engenharia Civil, UNILINS - Centro Universitário de Lins
Rua Nicolau Zarvos, 1925
CEP 16401-301 – Lins – SP