



QUARTA AULA DE TEORIA DA DISCIPLINA ME5330

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

03/09/2013

Iniciamos com a equação da CCI obtida na aula passada



$$H_S = 38 + 29730,5 \times Q^2 + f_{3''} \times 921415,3 \times Q^2 + f_{2''} \times 1702625,4 \times Q^2 + f_{1,5''} \times 52465482,5 \times Q^2$$

Onde a solução considerando o coeficiente de energia cinética (α) na seção de saída originaria:

$$29730,5 \times \alpha_f \times Q^2$$

E ficamos de demonstrar que não alteraria nada não a tê-la considerado.



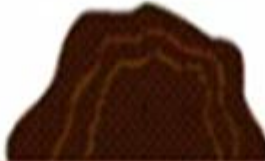
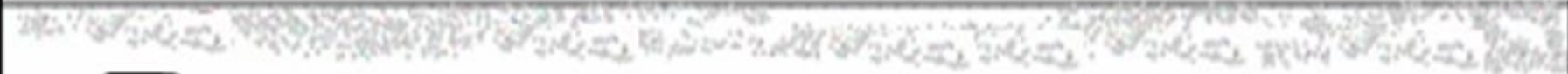


Para tal, havia solicitado o preenchimento da tabela abaixo:

Q (m^3/h)	$Re_{1,5''}$	α_f	$f_{3''}$	$f_{2''}$	$f_{1,5''}$	H_S (m)
0						
8						
10						
12						
14						
16						
18						
20						
22						



Quem fez?



Para preenchê-la é só adotar o procedimento descrito a seguir:

1. Vá a página:
http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12013/consulta7.htm
2. Clique em "Determinação do f , por Haaland, Swamee e Jain, Churchill e planilha "

Lembrando que foi dado o fluido bombeado, no caso água a 25°C



propriedades do fluido transportado					Q	
temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	ρv (Pa)	v (m ² /s)	m ³ /h
25		8,89E-04	997		8,920E-07	8
propriedades do local						10
g =		m/s ²				12
patm =		Pa				14
						16
mat. tubo aço						18
	espessura	Dint (mm)	A (cm ²)			20
		77,9	47,7			22
	K(m)	DH/k				
	4,60E-05	1693				



Estas são as entradas de dados para a tubulação de 3" aço 40

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
8,0	0,47	40686	0,0233	0,0237	0,0237	0,0236
10,0	0,58	50857	0,0225	0,0229	0,0229	0,0228
12,0	0,70	61029	0,0218	0,0222	0,0222	0,0221
14,0	0,82	71200	0,0213	0,0217	0,0217	0,0216
16,0	0,93	81371	0,0210	0,0213	0,0213	0,0212
18,0	1,05	91543	0,0206	0,0210	0,0210	0,0209
22,0	1,28	111886	0,0202	0,0205	0,0205	0,0204

Com os dados anteriores
obtemos a tabela acima



propriedades do fluido transportado					Q	
temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	p_v (Pa)	v (m ² /s)	m ³ /h
25		8,89E-04	997		8,920E-07	8
propriedades do local						10
$g =$		m/s ²				12
$p_{atm} =$		Pa				14
						16
mat. tubo aço						18
	espessura	Dint (mm)	A (cm ²)			20
		52,5	21,7			22
	K(m)	DH/k				
	4,60E-05	1141				

Estas são as entradas de dados para a tubulação de 2" aço 40



Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
8,0	1,02	60273	0,0228	0,0232	0,0232	0,0231
10,0	1,28	75341	0,0222	0,0226	0,0226	0,0224
12,0	1,54	90409	0,0217	0,0221	0,0221	0,0220
14,0	1,79	105478	0,0214	0,0218	0,0218	0,0216
16,0	2,05	120546	0,0211	0,0215	0,0215	0,0214
18,0	2,30	135614	0,0209	0,0213	0,0213	0,0211
22,0	2,82	165751	0,0206	0,0210	0,0210	0,0208

No projeto é importante considerar os maiores valores de "f"



propriedades do fluido transportado					Q
temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	ρv (Pa)	v (m ² /s)
25		8,89E-04	997		8,920E-07
					8
propriedades do local					10
g =		m/s ²			12
patm =		Pa			14
					16
mat. tubo aço					18
	espessura	Dint (mm)	A (cm ²)		20
		40,8	13,1		22
	K(m)	DH/k			
	4,60E-05	1693			



Estas são as entradas de dados para a tubulação de 1,5" aço 40

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	F _{planilha}
8,0	1,70	77591	0,0229	0,0233	0,0233	0,0231
10,0	2,12	96989	0,0224	0,0228	0,0228	0,0226
12,0	2,54	116387	0,0221	0,0225	0,0225	0,0223
14,0	2,97	135784	0,0219	0,0222	0,0222	0,0220
16,0	3,39	155182	0,0217	0,0220	0,0220	0,0218
18,0	3,82	174580	0,0215	0,0218	0,0218	0,0217
22,0	4,66	213375	0,0213	0,0216	0,0216	0,0214

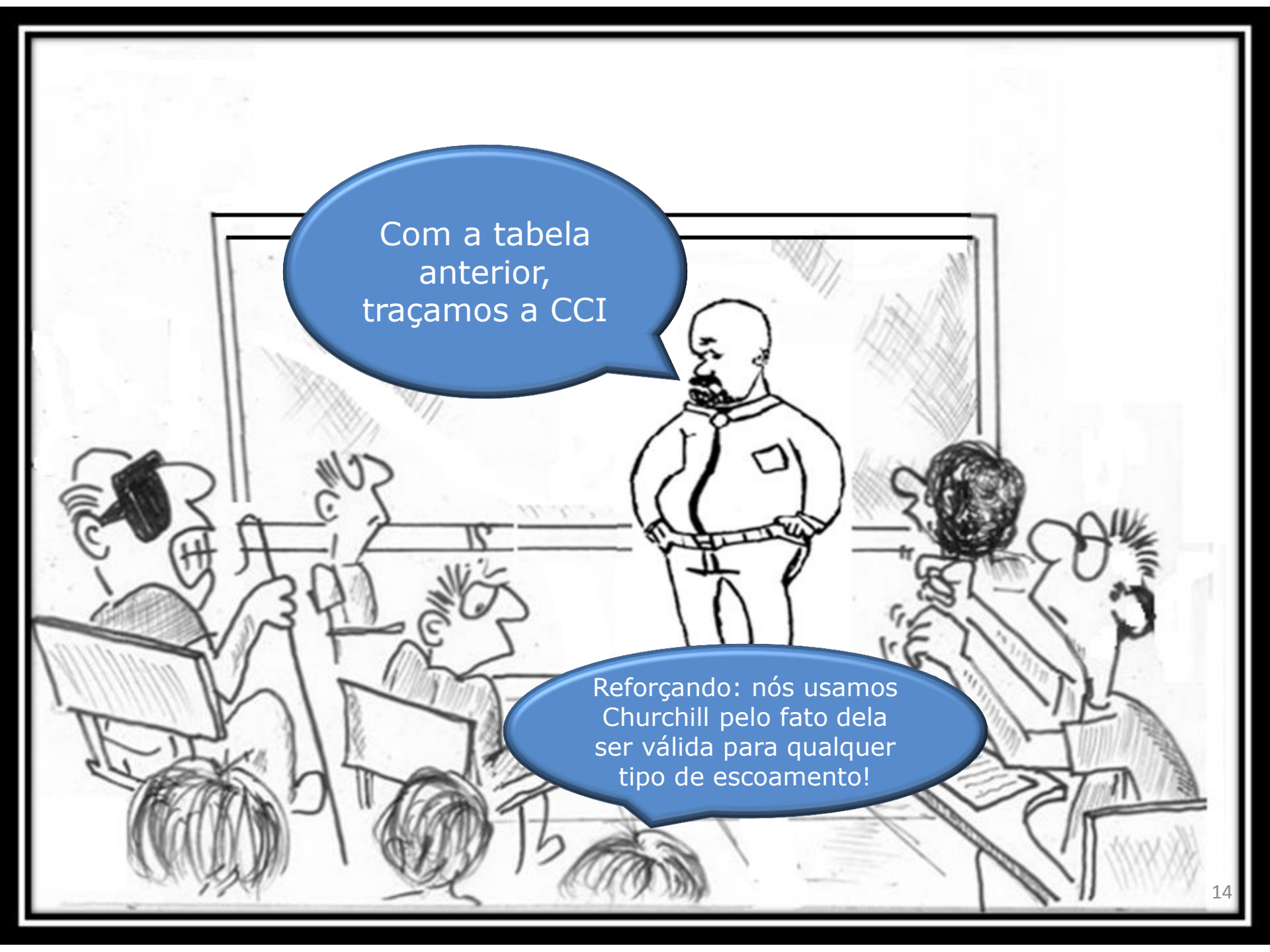
Adotamos para todos diâmetros os "f" calculados pela fórmula de Churchill





Com as informações anteriores, temos a tabela abaixo:

Q(m ³ /h)	f _{3"}	f _{2"}	f _{1,5"}	Re _{1,5"}	α _{1,5"}	H _S (m)
0						38
8	0,0237	0,0232	0,0233	77591,0	1,0	44,5
10	0,0229	0,0226	0,0228	96988,8	1,0	47,9
12	0,0222	0,0221	0,0225	116386,5	1,0	52,1
14	0,0217	0,0218	0,0222	135784,3	1,0	56,9
16	0,0213	0,0215	0,0220	155182,1	1,0	62,5
18	0,0210	0,0213	0,0218	174579,8	1,0	68,8
22	0,0205	0,0210	0,0216	213375,3	1,0	83,5

A black and white cartoon illustration of a classroom. A teacher with a beard and a white shirt stands at the front with hands on hips. Several students are seated at desks, some looking towards the teacher. A blue speech bubble is overlaid on the scene.

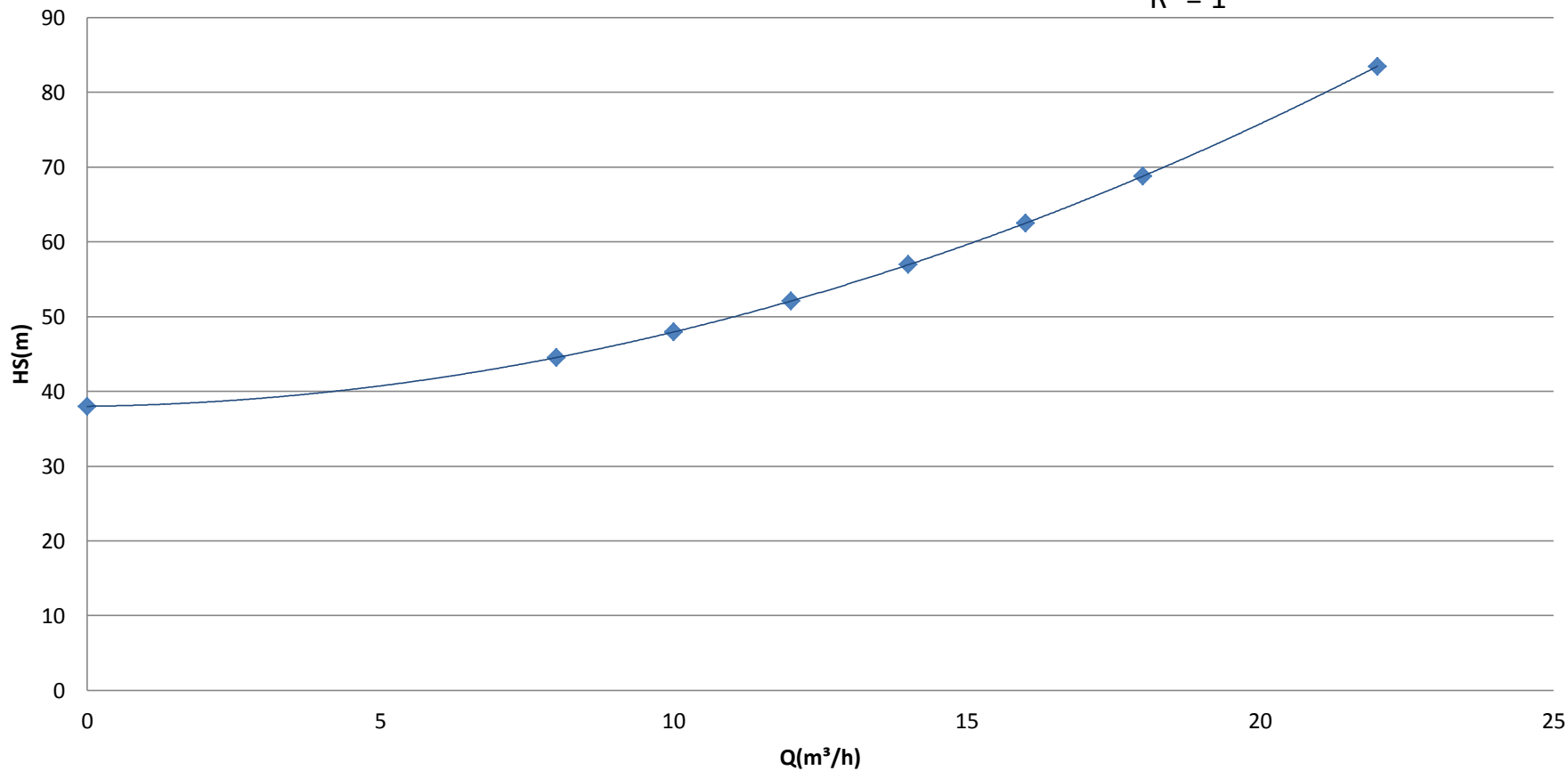
Com a tabela anterior, traçamos a CCI

Reforçando: nós usamos Churchill pelo fato dela ser válida para qualquer tipo de escoamento!


CCI

$$y = 0,0894x^2 + 0,1001x + 38$$

$$R^2 = 1$$



◆ HS (m) — Polinômio (HS (m))

A black and white cartoon illustration of a lecture hall. A lecturer with a beard and a white shirt stands at the front, looking towards the students. Several students are seated at desks, some holding papers or books. One student on the right is wearing sunglasses. The scene is set in a room with a window in the background.


Para completar este exemplo de questão de avaliação, devemos estudar mais algumas etapas do projeto de uma instalação de bombeamento.

Antes gostaria de entender a condição para se ter um escoamento em queda livre!

Para explicar o escoamento em queda livre, consideramos uma instalação com um único diâmetro e sem carga cinética, tanto na seção final como na inicial, o que resulta:

$$H_{\text{sistema}} = H_{\text{estática}} + f_D \times \frac{(L + \sum Leq)_D}{D_{HD}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_D^2}$$





Para se ter um escoamento em que ocorre a queda livre (sem máquina) a CCI deve apresentar uma carga estática negativa, já que:

$$Q_{\text{queda livre}} = \sqrt{\frac{-H_{\text{estática}}}{f_D \times \frac{(L + \sum Leq)_D}{D_{HD}} \times \frac{1}{2g \times A_D^2}}}$$

O denominador da expressão acima é sempre positivo.

Portanto, para existir a vazão em queda livre a carga estática tem que ser negativa.

Vamos retomar o estudo das etapas do desenvolvimento do projeto de uma instalação de bombeamento.

Ficou esclarecida a sua dúvida sobre escoamento em queda livre?

Sim!

5ª Etapa do projeto

Cálculo da vazão de projeto!



E como fazemos isto?



Simple, é só multiplicar a vazão desejada por um fator de segurança (f_{sg})



$$Q_{\text{projeto}} = f_{sg} \times Q_{\text{desejada}}$$

O f_{sg} é no mínimo 1,1 e se possível não superior a 1,2



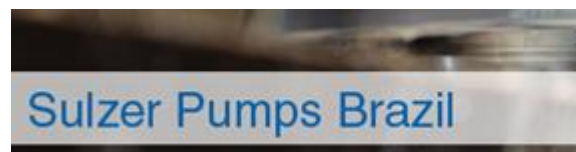


6ª Etapa
do
projeto: a
escolha
preliminar
da bomba



Com a
 Q_{projeto} na
equação da
CCI nós
calculamos
o H_{projeto}

Aí
escolhemos
o fabricante
da bomba,
exemplos:



PUMPSEL - Seleção de Bombas



Escolhido o fabricante, com a aplicação da instalação a ser projetada, escolhemos o modelo da bomba.

Equipamento

Aplicação

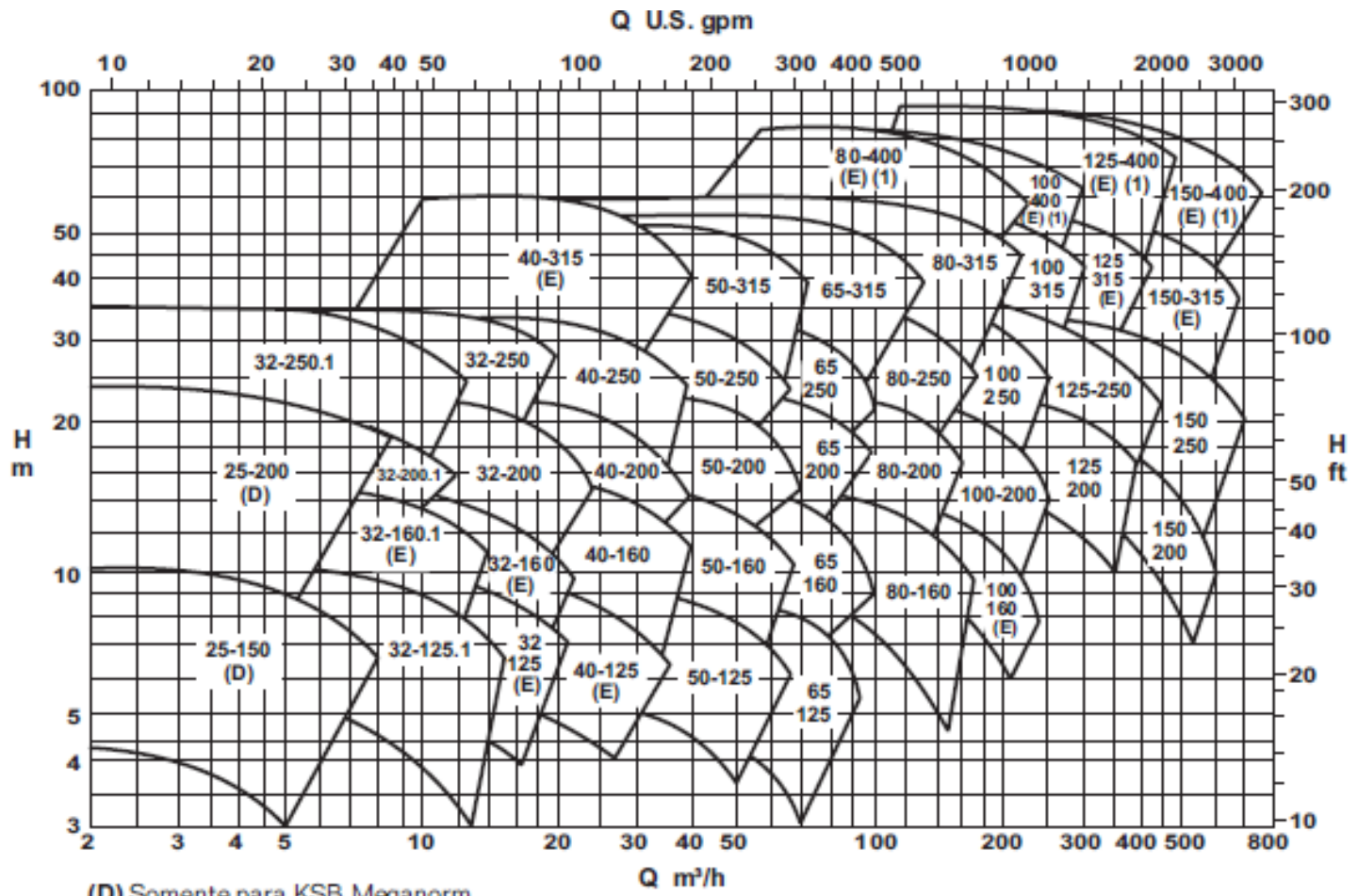
Modelo

ABASTECIMENTO DE EDIFÍCIOS
ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRA
AR CONDICIONADO
BARRAGEM EM CONSTRUÇÃO CIVIL
BOMBEAMENTO DE POLPA
CAPTAÇÃO E ABASTECIMENTO
CAPTAÇÃO/TRATAMENTO DE EFLUENT
COMBATE A INCÊNDIOS
CONSTRUÇÃO CIVIL
DOMÉSTICO/LAZER
DRENAGEM
GERAÇÃO DE ENERGIA
GERAÇÃO DE VAPOR
HIDROELÉTRICAS
HOUSING
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO/PIVOT
IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO
OFF-SHORE
POÇOS PROFUNDOS/CAPTAÇÃO
POLPA/MINÉRIOS
PROCESSO EM USINAS DE AÇÚCAR
PROCESSOS INDUSTRIAIS
PROCESSOS QUÍMICOS/PETROQUÍMIC
REFINARIA
TERMOELÉTRICAS
TRATAMENTO DE EFLUENTES



Definido o modelo nós procuramos o catálogo do mesmo e nele, se possível, os seus diagramas de tijolos!





- (D) Somente para KSB Meganorm.
- (E) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.
- (1) Sob consulta para KSB Megachem V.

1.750 rpm

Bomba Tipo
 Pump Type
 Tipo de Bomba

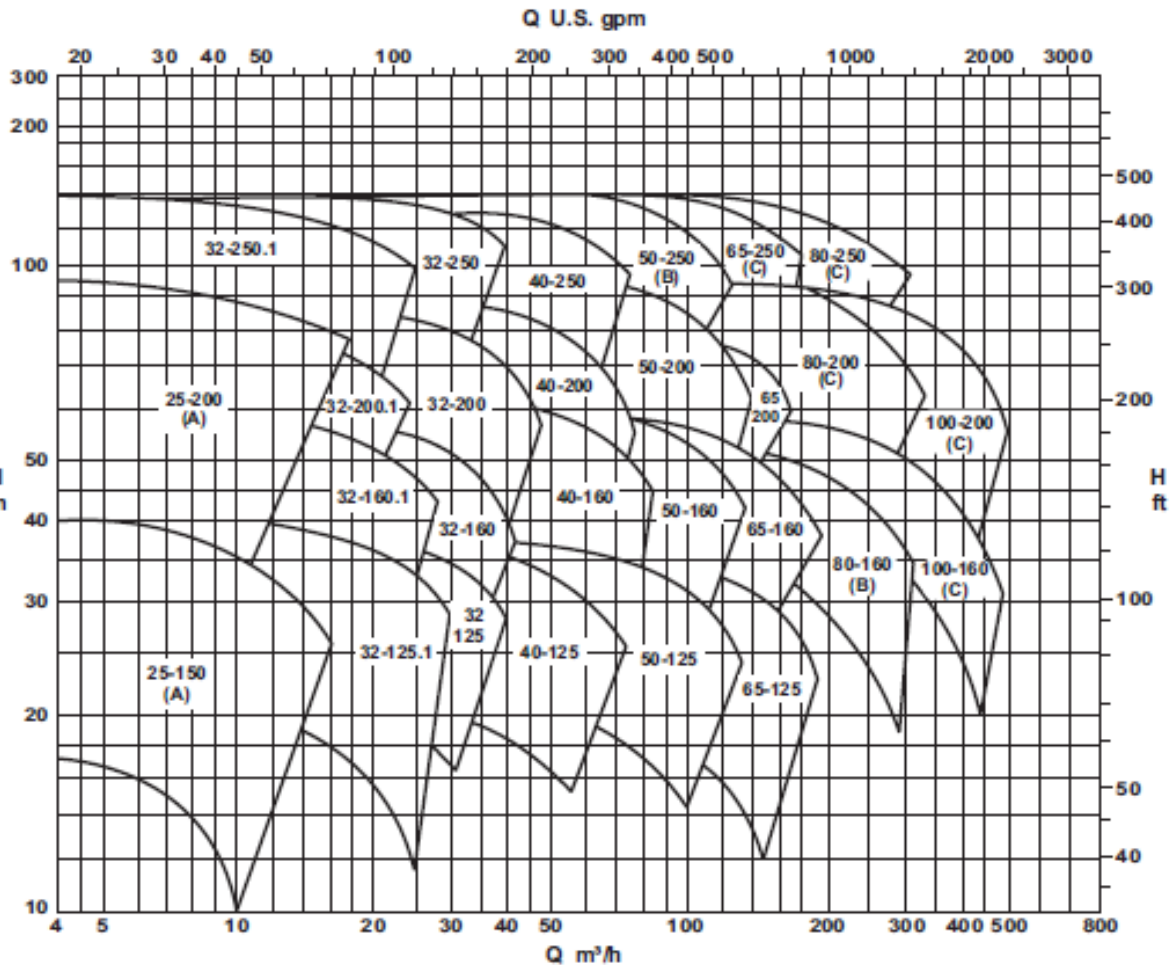
KSB MEGANORM
 KSB MEGABLOC
 KSB MEGACHEM
 KSB MEGACHEM V

Campo de Aplicação
 Selection Charts
 Campo de Aplicación

60 Hz



Podemos escolher uma das rotações, ou se possível trabalhamos com as duas até o final do projeto e aí decidimos por uma delas.



- (A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.
- (B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.
- (C) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.

3.500 rpm

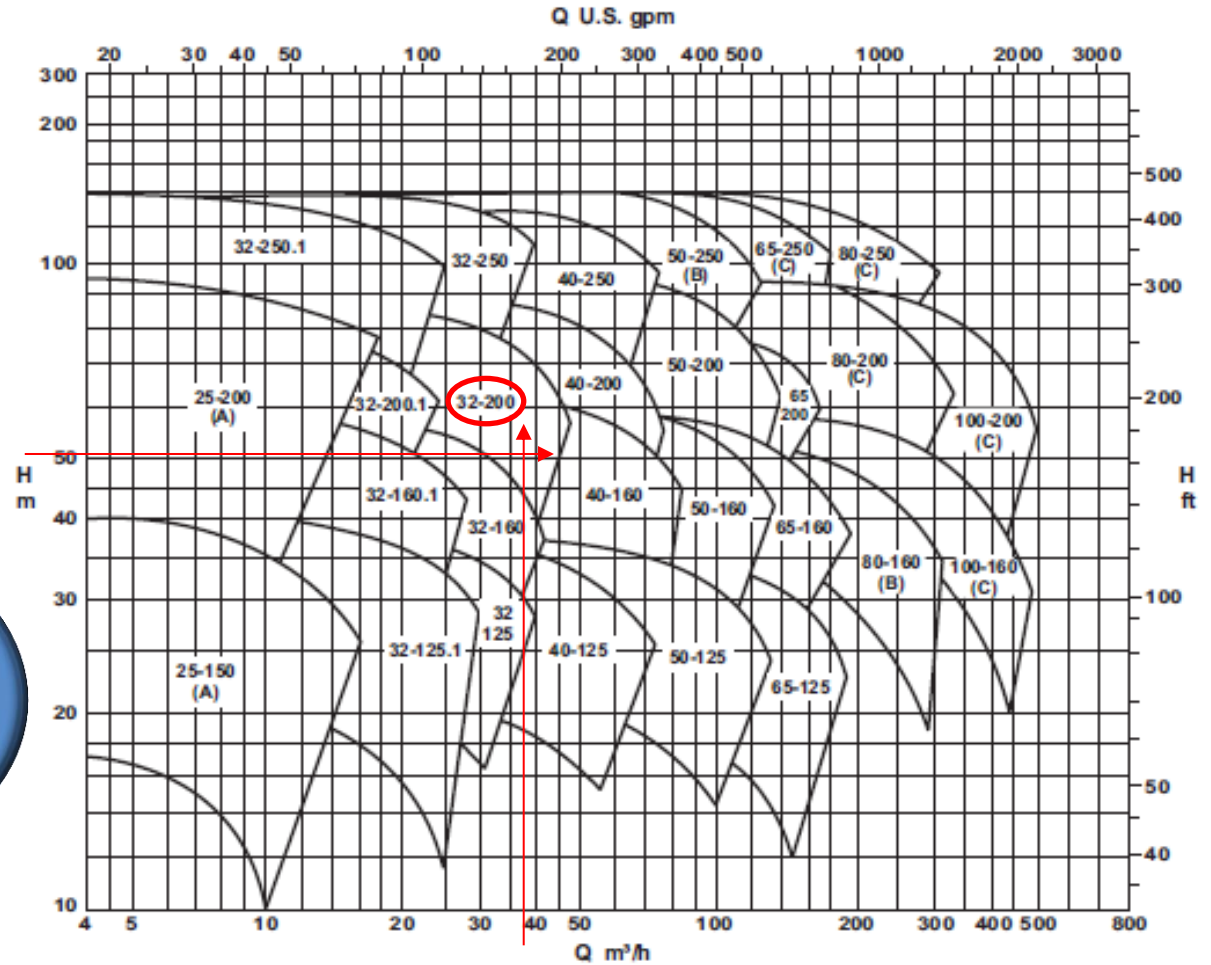
Q U.S. gpm

Marcamos a Q_{projeto}
e o H_{Bprojeto} no
diagrama de tijolos
e obtemos a bomba
adequada para o
modelo escolhido.



Bomba Tipo **KSB MEGANORM**
 Pump Type **KSB MEGABLOC**
 Tipo de Bomba **KSB MEGACHEM V**

Campo de Aplicação **60 Hz**
 Selection Charts
 Campo de Aplicación



Obtendo a bomba:



(A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.
 (B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.
 (C) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.
 3.500 rpm
 Q U.S. gpm

7ª Etapa
do
projeto

Determinação
do diâmetro
do rotor
adequado e
do ponto de
trabalho das
bombas



Bomba Tipo
Pump Type
Tipo de Bomba

KSB MEGANORM
KSB MEGABLOC
KSB MEGACHEM
KSB MEGACHEM V

Tamanho
Size
Tamaño

32-160.1



Oferta nº

Project - No.

Oferta - nº

Item nº

Item - No.

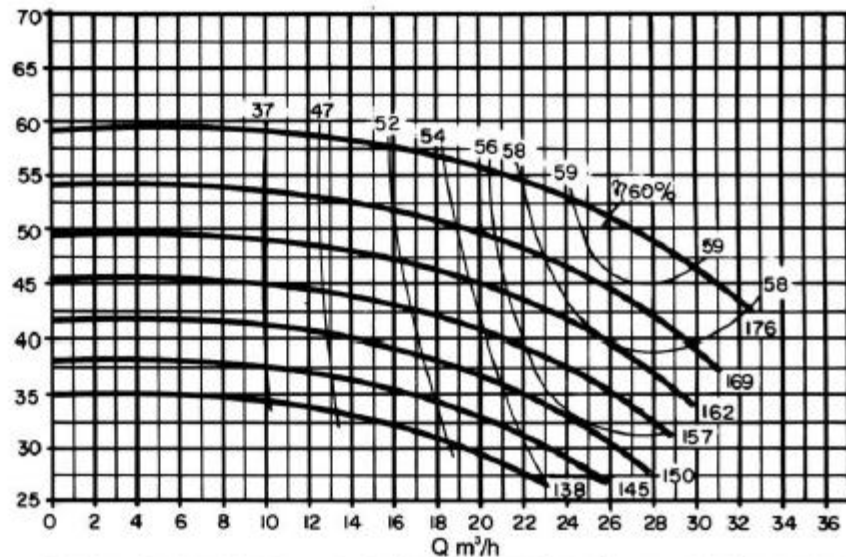
Pos - nº

Velocidade Nominal
Nom. Rotative Speed
Velocidad Nominal

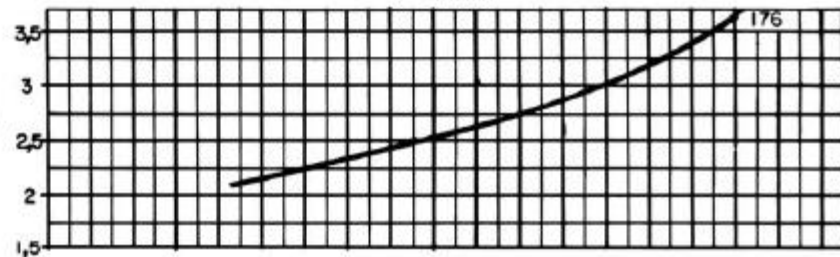
3500 rpm


Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica

H
m



NPSH
m



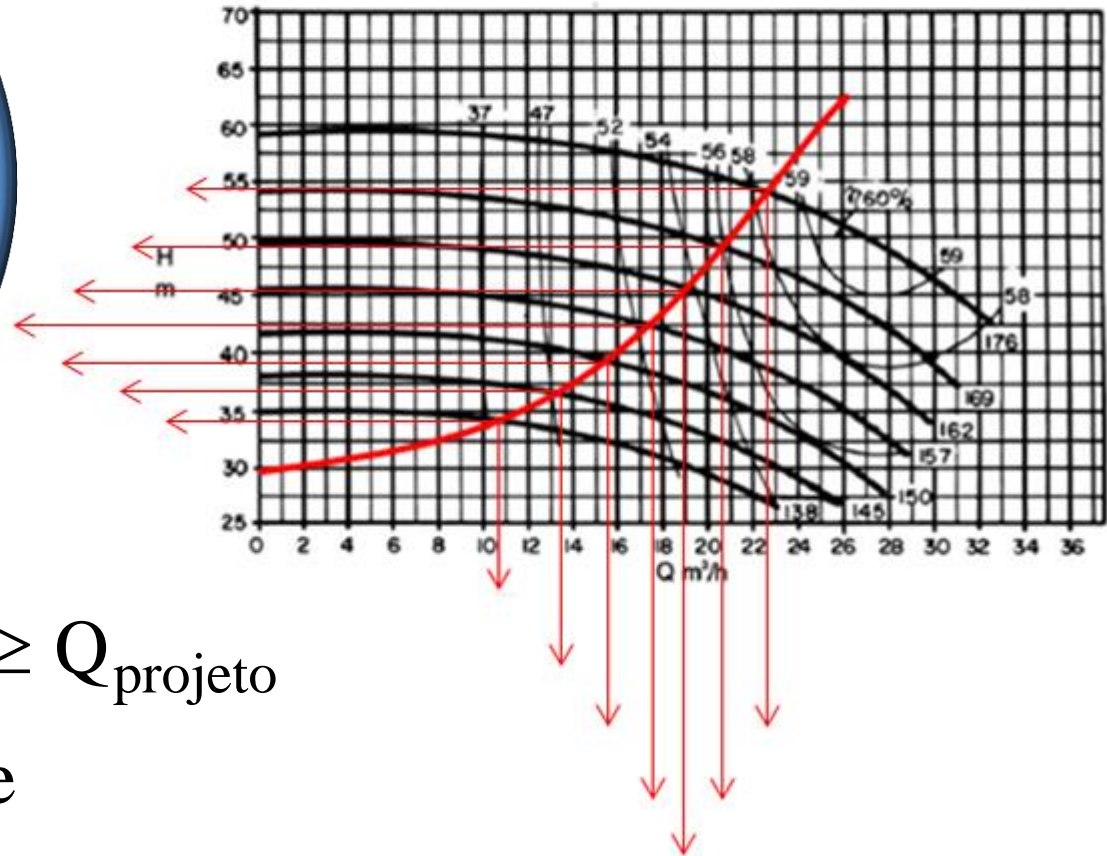


O ponto de trabalho
é sempre obtido no
cruzamento da CCI
com a CCB

E desta forma
podemos
selecionar o
diâmetro do rotor.

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB MEGANORM KSB MEGABLOC KSB MEGACHEM KSB MEGACHEM V	Tamanho Size Tamaño	32-160.1	
Oferta n° Project - No. Oferta - n°	Item n° Item - No. Pos - n°	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	3500 rpm	

Para escolha do diâmetro do rotor, devemos lembrar que quanto maior o seu diâmetro mais caro e no ponto de trabalho nós devemos ter:



$$Q_{\text{trabalho}} \geq Q_{\text{projeto}}$$

e

$$H_{B\text{trabalho}} \geq H_{B\text{projeto}}$$

Com os conhecimentos destas novas etapas do projeto, podemos retornar ao exercício proposto na P1 do segundo semestre de 2012.



3ª Questão: A instalação de bombeamento representada a seguir tem todos os seus tubos de aço 40 e a bomba instalada tem parte de suas curvas características representadas pelas equações:

$$H_B = -0,0434 \times Q^2 + 0,2546 \times Q + 73$$

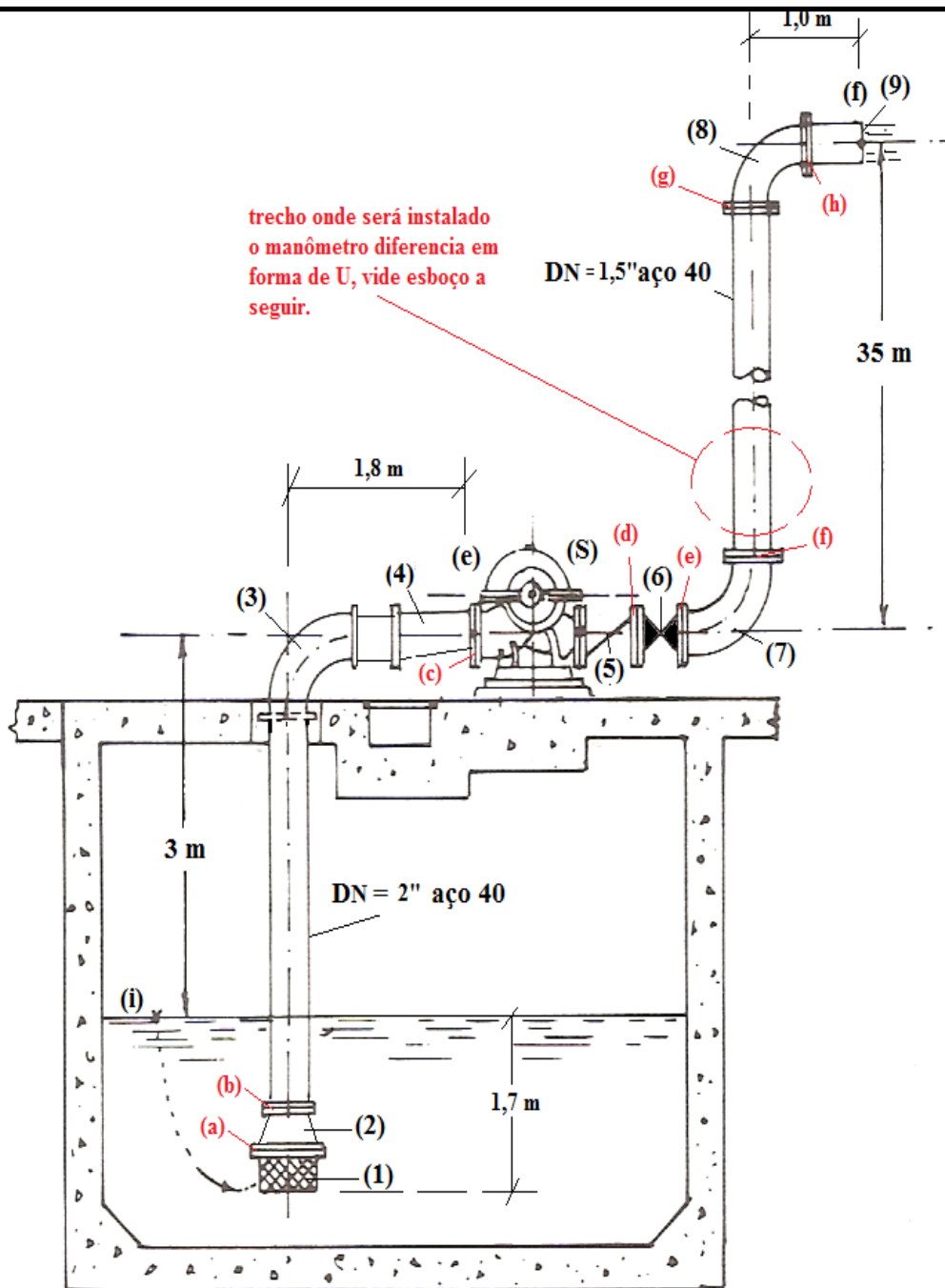
$$\eta_B = -0,158 \times Q^2 + 6,0381 \times Q - 12,729$$

com a carga manométrica em "m" e a vazão em "m³/h" e com o rendimento da bomba em "%" e a vazão em "m³/h", sendo as equações anteriores obtidas através de uma planilha do Excel onde se utilizou a tabela:

$Q(m^3/h)$	0	8	10	12	14	16	18	22
$H_B(m)$	73	72	71,2	70	67,9	66,2	63,5	57,5
$\eta_B(\%)$		26	31	37	41	43,5	45	43,5

Para esta situação, sabendo que o fluido bombeado é a água a 25°C, pede-se:

- a. a equação da CCI;
- b. o ponto de trabalho da bomba vazão; carga manométrica; rendimento; potência da bomba;
- c. para a vazão de trabalho especifique o desnível do fluido manométrico (mercúrio a 25°C) a do manômetro diferencial em forma de U instalado no tubo de DN = 1,5" unindo duas seções equidistantes de 3,0 m e entre as quais não existe nenhuma singularidade;
- d. sabendo que a bomba escolhida é a 32.200.1 da KSB com 3500 rpm, 60 hz, diâmetro do rotor 194 mm, vazão desejada 14,5 m³/h e fator de segurança mínimo, avalie a escolha da bomba e justifique sua avaliação através de cálculos adequados.



1 – válvula de poço da Mipel de 3"

2 – redução concêntrica da Tupy 3"x 2"

3 – curvas fêmeas de 90° de 2"

4 - redução excêntrica de 2" x 1,5'

5 – válvula de retenção horizontal de 1,5"

6 - Válvula globo reta sem guia de 1,5"

7 e 8 – curvas fêmeas de 90° de 1,5"

9 - saída da tubulação de 1,5"

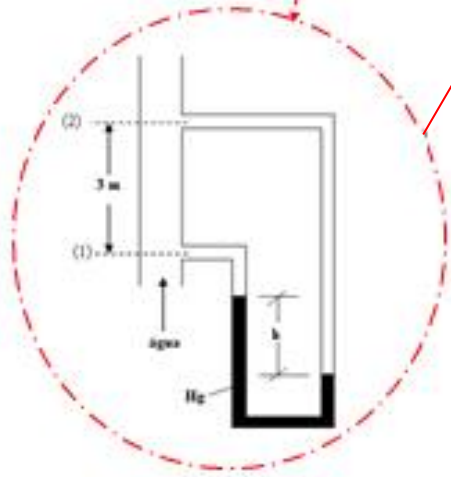
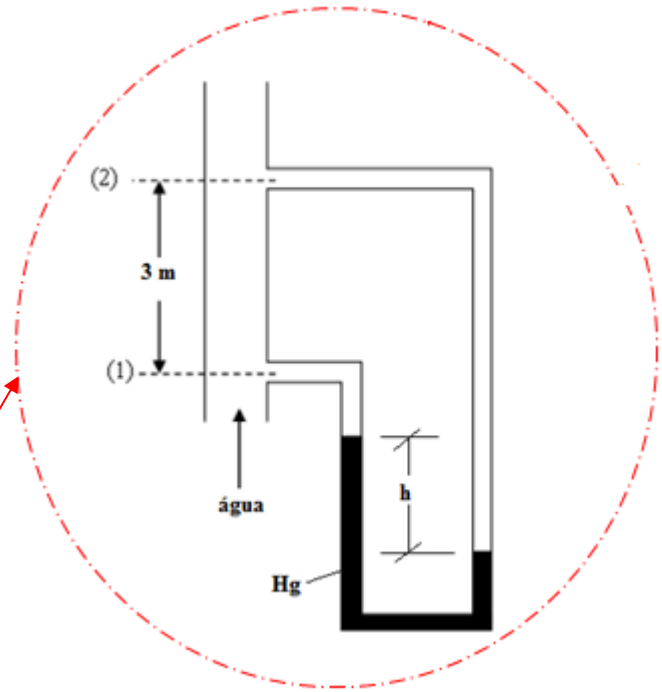
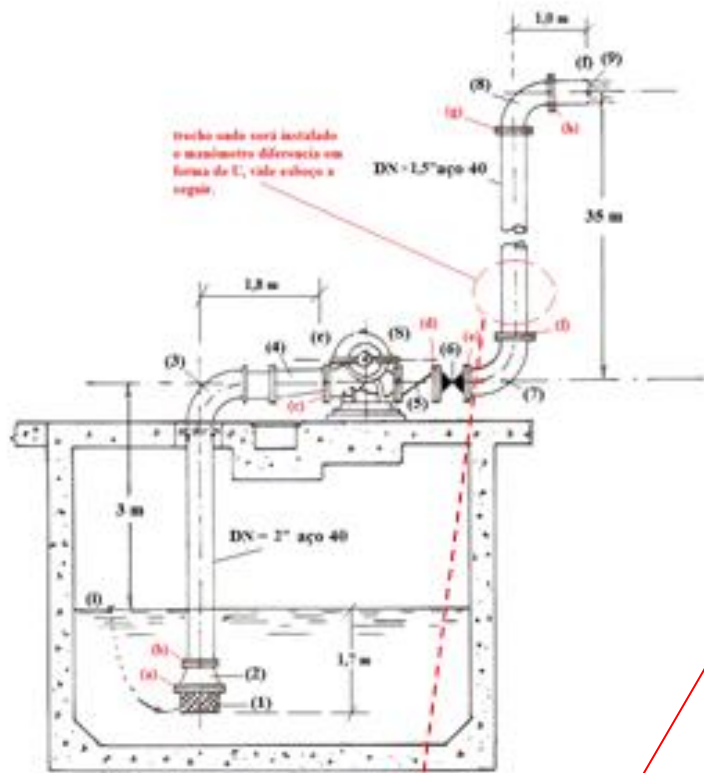
Outros dados:

(a) – niple duplo de 3”;

(b) – niple duplo de 2”;

(c), (d), (e), (f), (g) e (h) – niples duplos de 1,5”





Será que vou conseguir?



Para resolver o item b)
igualamos a equação da
CCB com a equação da
CCI



$$-0,0434 \times Q^2 + 0,2546 \times Q + 73 = 0,0871 \times Q^2 + 0,1001 \times Q + 38$$

$$\therefore 0,1305 \times Q^2 - 0,1545 \times Q - 35 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{0,1545 + \sqrt{0,1545^2 + 4 \times 0,1305 \times 35}}{2 \times 0,1305} \cong 16,98 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B_{\tau}} = 0,0871 \times 17^2 + 0,1001 \times 17 + 38 \cong 64,9\text{m}$$

$$\eta_{B_{\tau}} = -0,158 \times 17^2 + 6,0381 \times 17 - 12,729 \cong 44,3\%$$

$$N_{B_{\tau}} = \frac{\gamma \times Q_{\tau} \times H_{B_{\tau}}}{\eta_{B_{\tau}}} = \frac{997 \times 9,8 \times \left(\frac{17}{3600}\right) \times 64,9}{0,443} \cong 6759,4\text{W}$$

O itens c) e d)
ficam propostos
para estudo da
avaliação P1.

