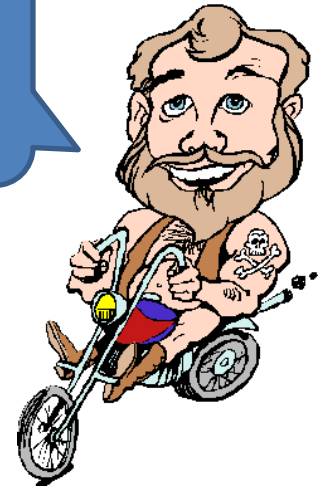




Vamos aplicar os conceitos de CCI e CCB

Vamos também determinar o ponto de trabalho!



Agosto

Terceira aula de ME5330

2010



Além disso, vamos conhecer tabelas para determinação de comprimentos equivalentes

Tabelas com as características de tubo, bem como o seu dimensionamento



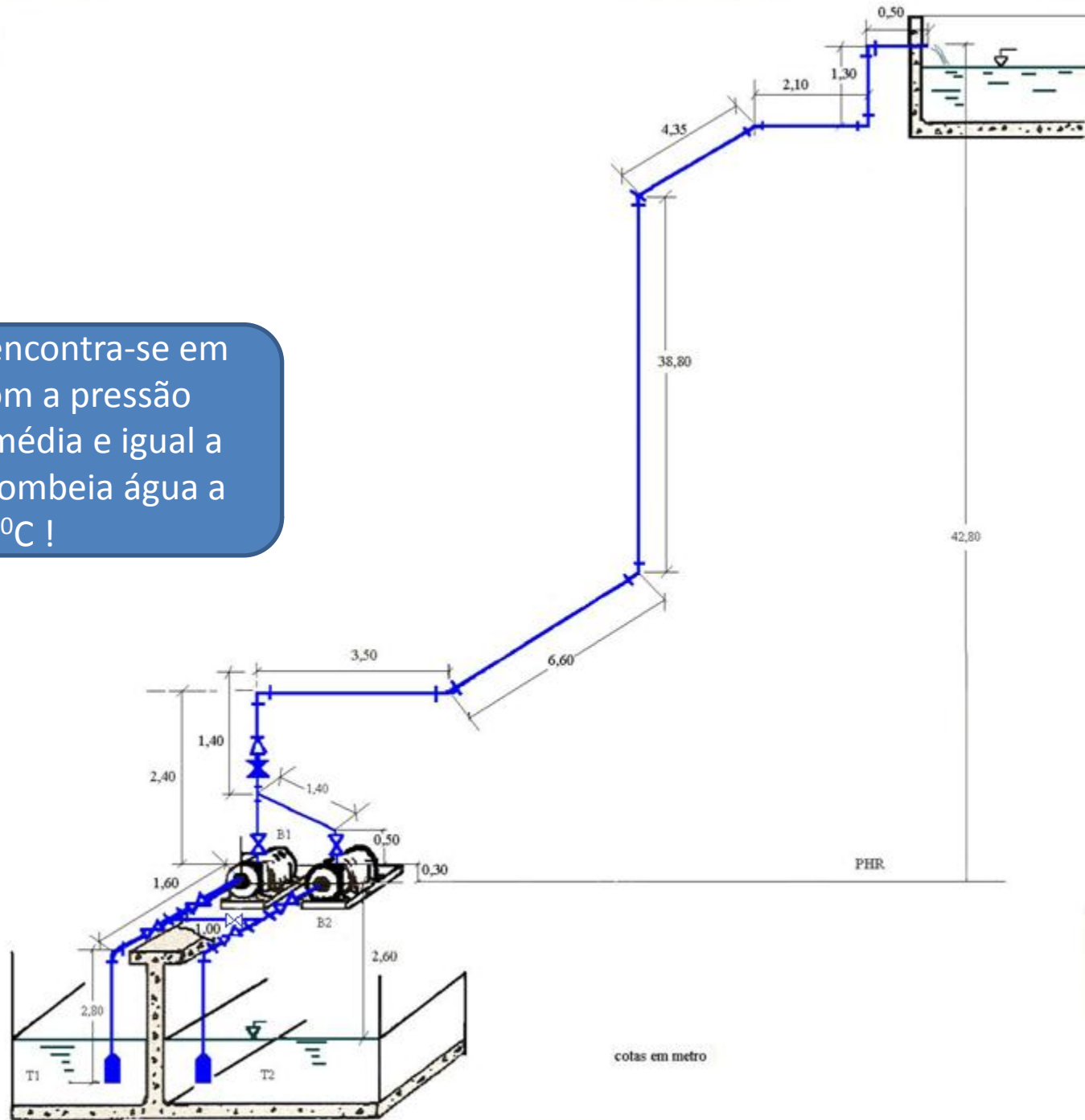
Ao se projetar uma instalação de recalque em uma planta de papel e celulose que bombeará água a 20°C, selecionou-se uma bomba centrífuga radial ALE-120 que irá operar a 60 s⁻¹ com uma rotação nominal de 3500 rpm. Prevendo, tanto a parada para manutenção, como a possibilidade de se associar as duas bombas em paralelo, foram compradas duas bombas centrífugas radial ALE-120, as quais foram instaladas como mostra o desenho isométrico da página seguinte. Sabe-se que a tubulação de sucção, operando com B1 e T1, é de aço comercial com diâmetro nominal de 3" com espessura 40 ($D_{int} = 77,9$ mm e $A=47,7$ cm²) e que tem as seguintes singularidades:

É o
aprender
fazendo.



Singularidade	Quantidade	Leq (m)/singularidade
Válvula de pé com crivo ou poço	01	32
Cotovelo fêmea de 90°	01	2,82
Válvula gaveta	02	1,03
União	02	0,01
Niple	08	0,01
Tê de passagem direta	01	0,50

A instalação encontra-se em um local com a pressão atmosférica média e igual a 0,925 bar e bombeia água a 20°C !



A tubulação de recalque, operando com B1 e T1, é de aço comercial com diâmetro nominal de 2" com espessura 40 ($D_{int} = 52,5$ mm e $A=21,7$ cm²) tendo as singularidades mencionadas na tabela abaixo.

Por que diâmetro menor?



Singularidade	Quantidade	Leq (m)/singularidade
Válvula de retenção vertical	01	19,81
Cotovelo fêmea de 90°	07	1,88
Válvula gaveta	01	0,70
Válvula globo reta sem guia	01	17,68
União	08	0,01
Niple	22	0,01
Te em 45°	01	0,36
Saída de tubulação	01	1,50

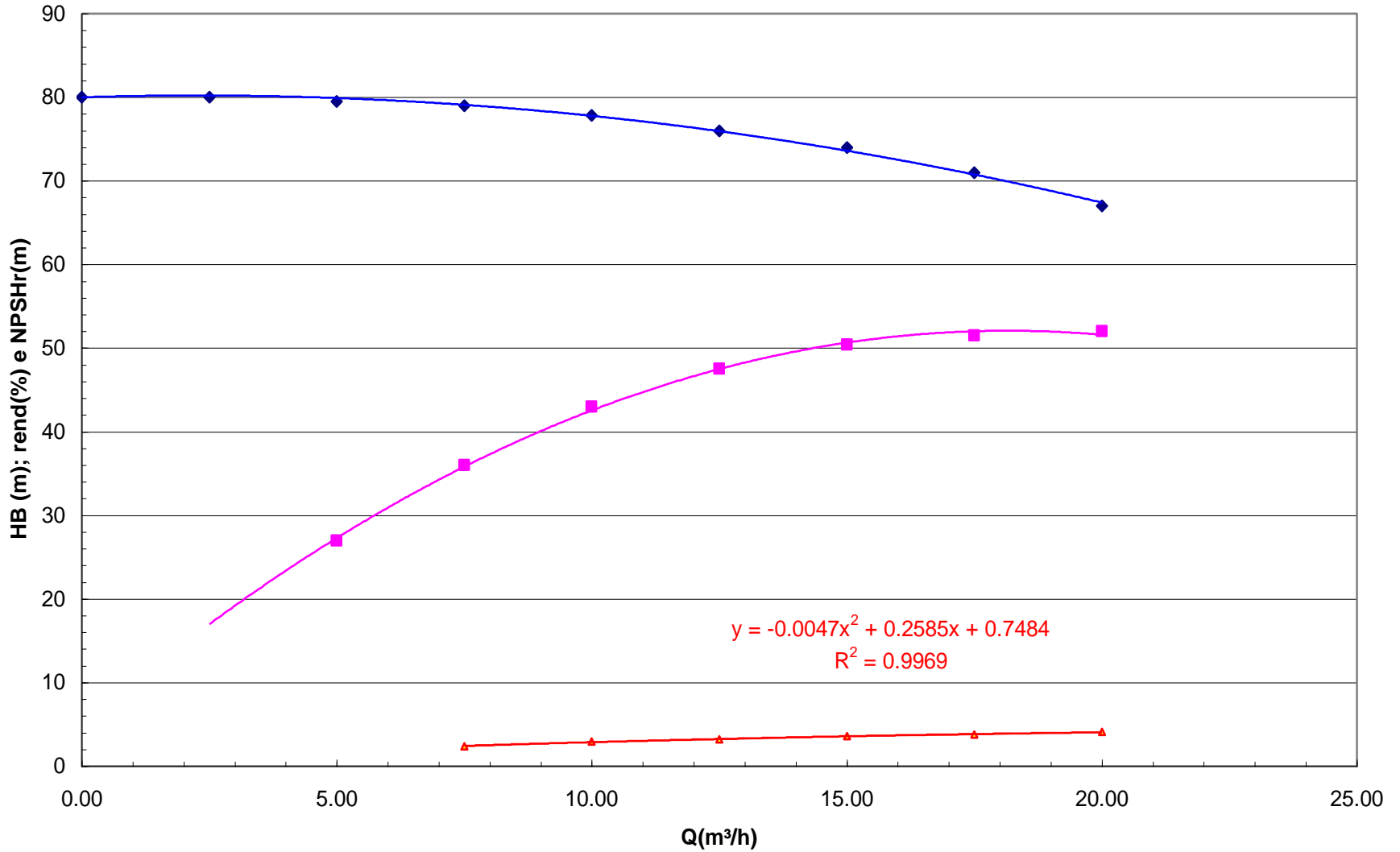
As variáveis da CCB da bomba centrífuga radial ALE-120 estão representadas na tabela abaixo e curvas na página seguinte.

Q(m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)	NPSH _r (m)
0	80		
2,5	80		
5	79,5	27	
7,5	79,0	36	2,399
10	77,8	43	2,917
12,5	76	47,5	3,226
15	74	50,4	3,588
17,5	71	51,5	3,803
20	67	52	4,069

CCB - ALE-120

$$y = -0.0408x^2 + 0.1849x + 80$$
$$R^2 = 0.9964$$

$$y = -0.1432x^2 + 5.201x + 4.8643$$
$$R^2 = 0.9985$$



$$y = -0.0047x^2 + 0.2585x + 0.7484$$
$$R^2 = 0.9969$$

- ◆ HB (m)
- rendimento
- ▲ NPSHr
- Polinômio (HB (m))
- Polinômio (rendimento)
- Polinômio (NPSHr)

Para a instalação operando com a bomba B1 na vazão de $17,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e alimentando o tanque T1, pede-se:

- a. a carga manométrica da bomba;
- b. a potência da bomba ;
- c. a equação da CCI também em função dos "f";
- d. a comprovação da existência da vazão, caso não ocorra especifique a máxima vazão de escoamento e a potência da mesma para a vazão encontrada.
- e. Em função da resposta do item anterior, o que você proporia para existir a vazão de $17,5 \text{ m}^3/\text{h}$?

Dados:

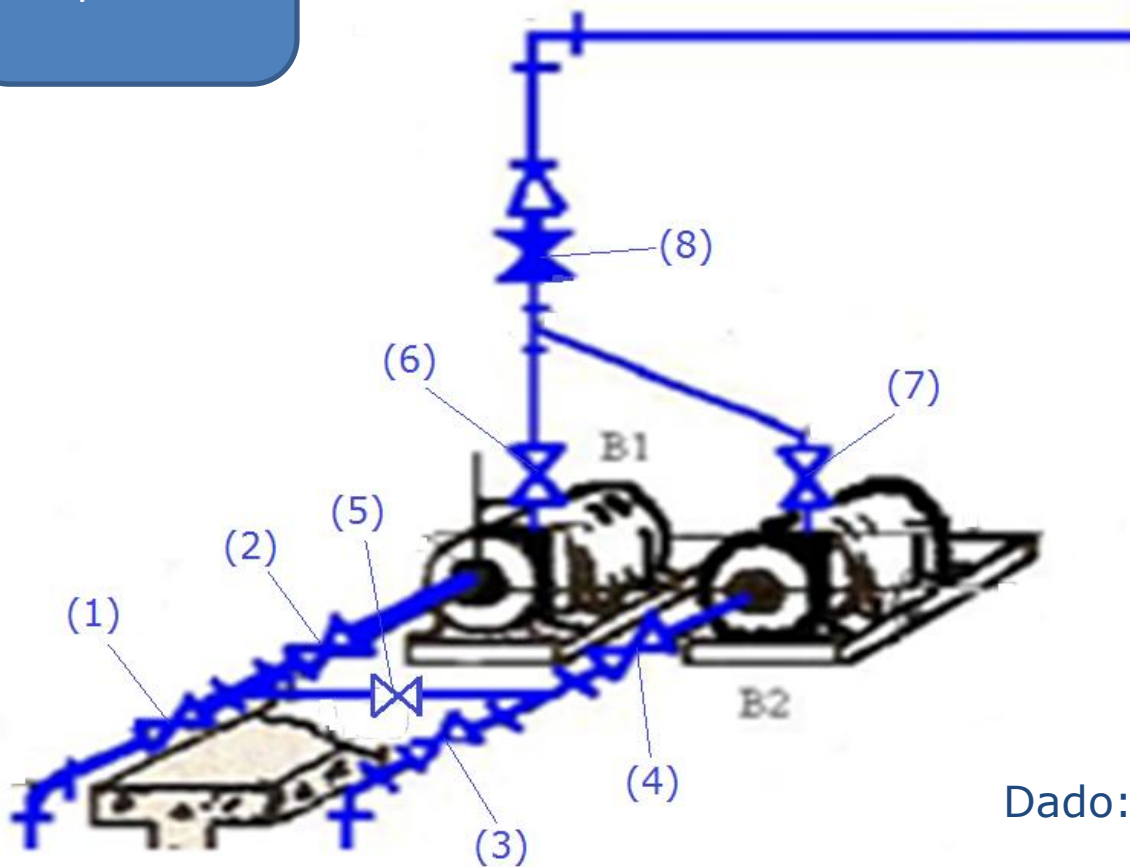
coeficiente de perda de carga distribuída para a tubulação de aço 40 com diâmetro nominal igual a 2" constante e igual a 0,0216;
coeficiente de perda de carga distribuída para a tubulação de aço 40 com diâmetro nominal igual a 3" constante e igual a 0,0214.



Vamos iniciar refletindo sobre a instalação e funcionamento das bombas!



Associação em paralelo?



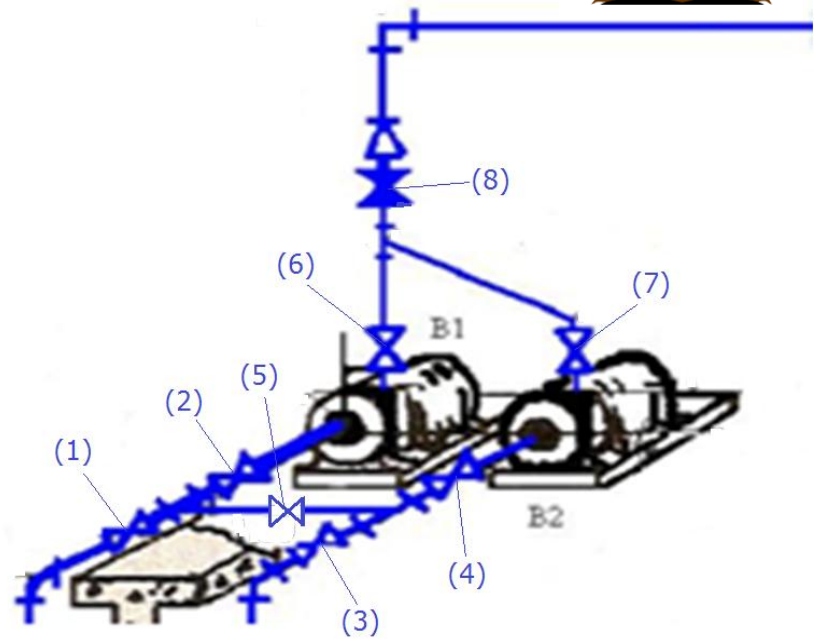
Dado:

(1), (2), (3), (4), (5), (6) e (7) são válvulas gavetas e (8) válvula globo.

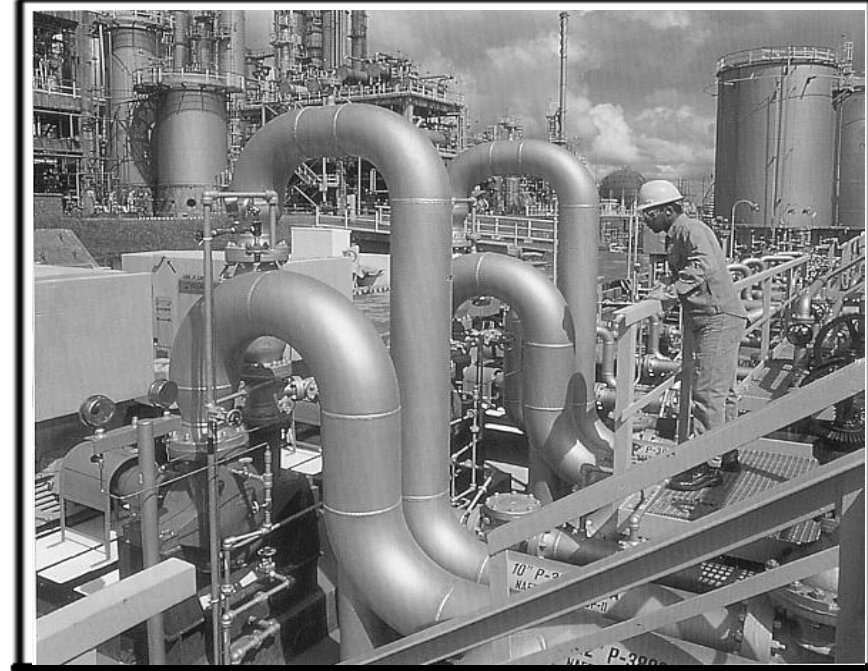
Na associação em paralelo de bombas, temos um aumento de vazão!



Na associação em paralelo, devemos ter: válvulas (1), (2), (3), (4), (6) e (7) abertas e válvula (5) fechada.



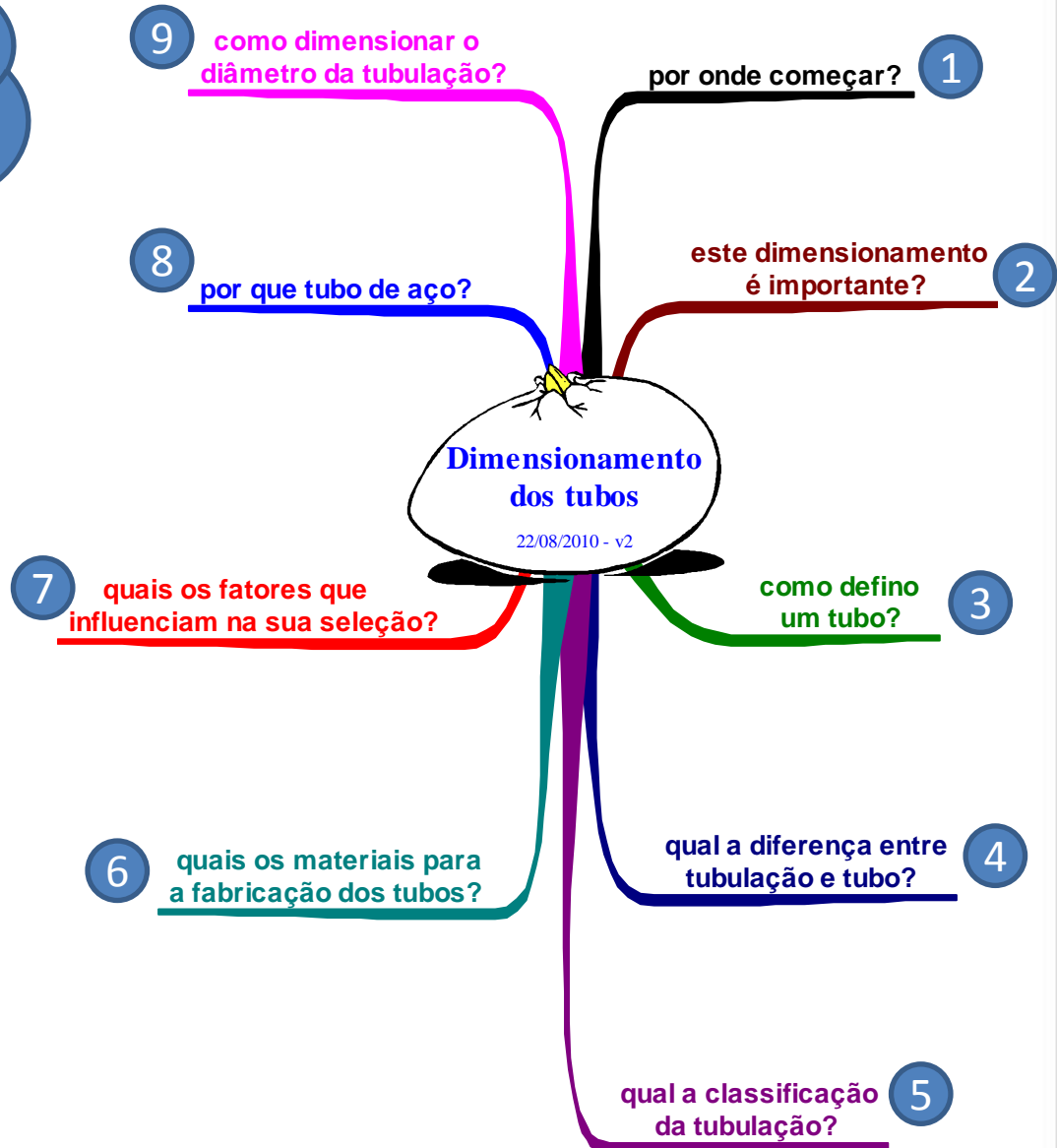
A seguir apresento uma síntese para o dimensionamento dos tubos de uma instalação industrial e que tem com referência os livros, tabelas e apostila mencionados a seguir:



Livro Texto:
TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS Volumes 1 e 2
SILVA TELLES, Pedro Carlos
Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. APOSTILA
FAENQUIL
Livro Auxiliar:
TABELAS E GRÁFICOS PARA PROJETO DE
TUBULAÇÕES
SILVA TELLES, Pedro Carlos e BARROS, Darcy G. de
Paula
Editora Interciência Ltda. APOSTILA FAENQUIL -
Prof. Clélio

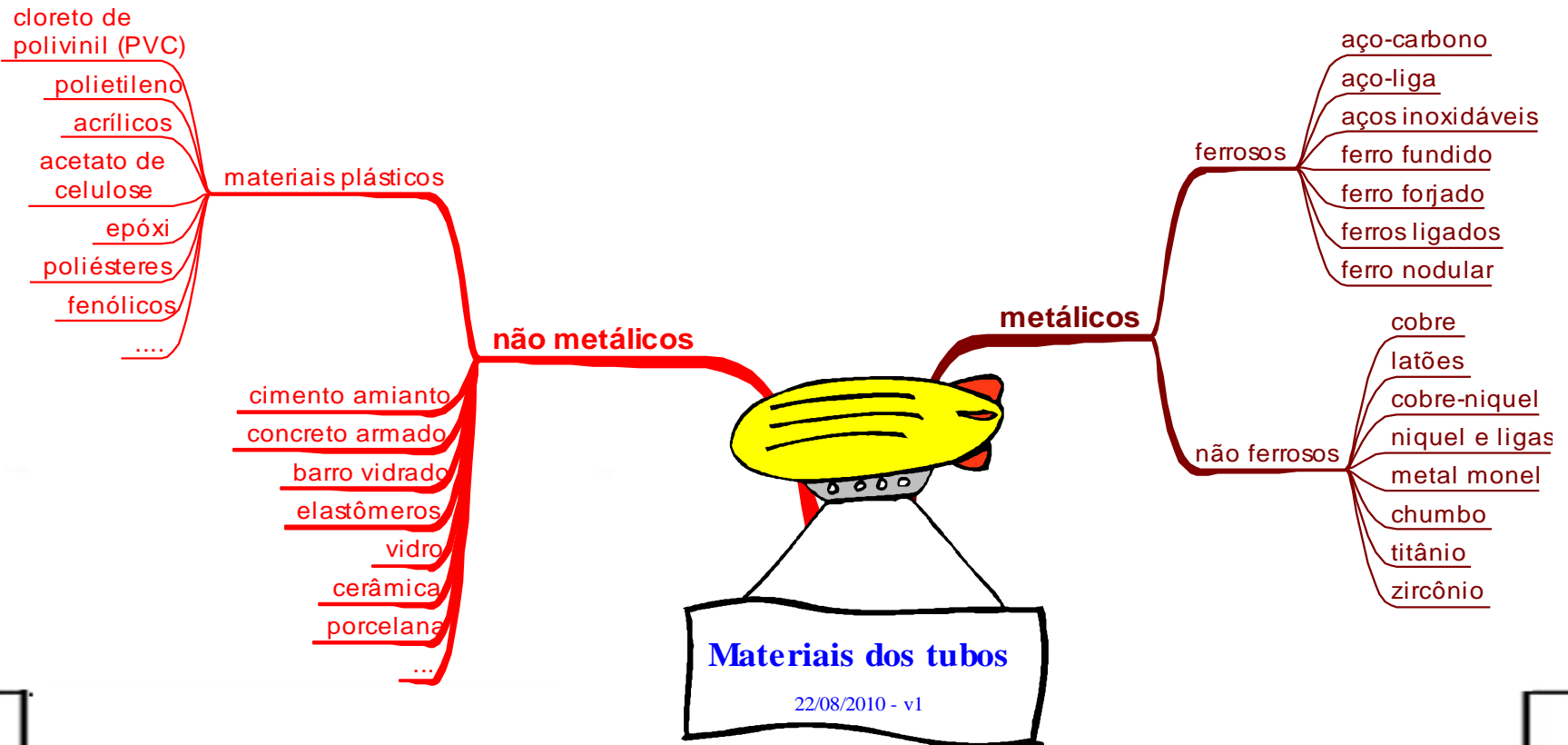


Refletindo sobre o dimensionamento dos tubos, onde nada precisa ser decorado!



Calculando a pressão máxima da linha de bombeamento, já que ela é importante para especificação da espessura do tubo selecionado para o projeto.

Especificando o material do tubo, porém isto não é tão simples, já que ASTM (American Society for Testing and Materials) especifica mais de 500 tipos diferentes.



Para a solução do problema da escolha dos materiais, a experiência é indispensável e insubstituível ou seja, material para ser bom já deve ter sido usado por alguém anteriormente.

Seguir a experiência é a solução mais segura, embora nem sempre conduza à solução mais econômica.

Primeiras considerações para se especificar o material do tubo



Na comparação de custos dos materiais devem ainda ser levados em consideração os seguintes pontos:

- resistência à corrosão (sobreespesura de sacrifício);
- maior ou menor dificuldade de solda;
- maior ou menor facilidade de conformação e de trabalho;
- necessidade ou não de alívio de tensões.



Voltar



AS INFORMAÇÃO A SEGUIR FORAM EXTRAÍDAS DO ARTIGO:
OTIMIZAÇÃO DE ESPESSURAS EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS ATRAVÉS DA ANÁLISE ESTRUTURAL, QUE FOI ESCRITO POR:
Francisco Ruiz Dominguez, MSc (1), ENGESERV Ltda.

frdominguez@uol.com.br
e
Edison Gonçalves, PhD),
Prof.Titular - EPUSP
edison@usp.br



DISPONÍVEL NA PÁGINA:
http://www.engeserv.com/files/artigo_04.pdf

Nas plantas industriais dos setores químico e petroquímico observa-se uma grande quantidade de complexas redes de tubulações instaladas, o que se deve basicamente à necessidade de transferir e processar fluídos em diversas condições de pressão e temperatura em suas operações produtivas.

Uma indústria petroquímica de médio porte possui entre 3.000 e 15.000 toneladas de tubulações de aço-carbono instaladas, fazendo com que o adequado dimensionamento desse sistema de tubulações adquira grande importância.

Em indústrias de processamento, indústrias químicas, refinarias de petróleo, indústrias petroquímicas, boa parte das indústrias alimentícias e farmacêuticas, o custo das tubulações pode representar 70% do custo dos equipamentos ou 25% do custo total da instalação.



Voltar

Definição de um tubo (especificação para a compra)

23/08/2010 - v2

total em m ou em peso,
(a indicação por vara de tubo
não é importante, pois pode
variar com o processo)

quantidade

diâmetro nominal

1

**tipo de acabamento
ou revestimento**

**número de série
ou classe**

2

**processo de
fabricação**

com costura
sem costura

tipo de extremidade

3

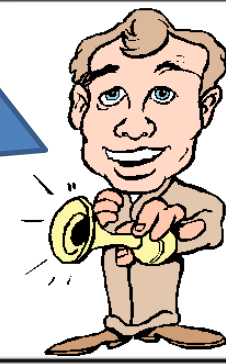
- ponta lisa
- ponta chanfrada
(especificar)
- ponta rosqueada
(especificar)

Voltar



Uma das possibilidades é através da velocidade econômica.

Onde se trabalha com a vazão desejada e se considera o recalque.



Para a tubulação antes da bomba se considera um diâmetro imediatamente superior, isto para se prevenir da cavitação.



Em hidráulica cavitante é passar para vapor na temperatura de escoamento.



FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Água:		
- serviços gerais	0,9 a 2,5	aço
- rede industrial	0,9 a 2,2	aço
Bombas:		
- linha de sucção	0,9 a 2,2	aço
- linha de recalque	2,1 a 3,0	aço
Acido clorídrico	1,5	rev. de borracha
Acido sulfúrico 88 a 98%	1,2	F° F°
Amoníaco	1,8	aço
Benzeno	1,8	aço
Cloro	1,5	aço
FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Clorofórmio	1,8	cobre e aço
Hidróxido de sódio		
- solução até 30%	1,8	aço
- solução de 30 a 50%	1,5	aço
- solução de 50 a 73%	1,2	aço
Oleo lubrificante	1,8	aço
Oleo combustível	1,8	aço
Salmoura (CaCl ₂)	1,2	aço
Tetracloroeto de Carbono	1,8	aço
Tricloro etileno	1,8	aço



O Alemão
 $Q = v \times A$

Por outro lado, sabemos que para o escoamento de gás perfeito em processo isotérmico até cerca de 75 m/s o escoamento é considerado como incompressível, daí a tabela a seguir.

FLUIDO - gás ou vapor	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Ar (0 a 30 psi)	20	aço
Amônia	30	aço
Ácido Clorídrico	20	rev. de borracha
Cloro	10 a 25	aço
Clorofórmico	10	cobre e aço
Dióxido de enxofre	20	aço
Etileno	30	aço
Hidrogênio	20	aço
Gás natural	30	aço
Vapor d'água		
- 0 a 30 psi-sat	20 a 30	aço
- 30 a 150 psi-sat ou superaquecido	30 a 50	aço
- acima de 150 psi	50 a 75	aço
- linhas curtas	75	aço



[Voltar](#)


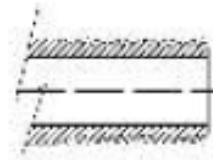
É sempre melhor pedir os tubos sem roscas. As roscas colocadas nas pontas dos tubos pelo fabricante muitas vezes não se aderem a nenhuma norma. Estas roscas também acabam-se batendo e se machucando no transporte se não forem bem protegidas. Estas pontas rosqueadas estão sem proteção galvânica e assim ficam expostas para ação de ferrugem.

O Brasil é um dos poucos países no mundo onde se trabalha com duas normas de tubos, conexões e roscas. As primeiras normas introduzidas no Brasil eram de origem Inglesa, que regem sobre mais ou menos 85% das instalações feitas no País. No comércio são conhecidos como tubos ISO. Dentro desta norma existem três espessuras de parede denominadas “L” (leve), “M” (média) e “P” (pesada) porém, o diâmetro externo sempre permanece o mesmo. Entender as diferenças entre estas normas é fundamental, porque a mistura das mesmas pode causar sérios problemas! Posteriormente, chegaram as normas de origem Americana que representam os outros 15% do mercado. No comércio estes tubos são conhecidos por tubos ASTM.

<http://www.portalridgid.com.br/suporte/catalogos/InstalacoesTubosAco.pdf>

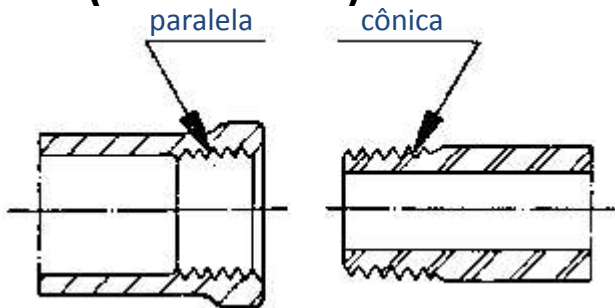
Existem no Brasil duas normas de roscas para tubos a serem seguidas. Nos tubos fabricados de acordo com a norma Inglesa (NBR 5580) devem ser confeccionadas roscas de norma Inglesa (NBR 6414). Nos tubos “ASTM” fabricados conforme a norma Americana (NBR 5587) devem ser confeccionadas roscas de norma Americana (NBR 12912).

Dentro de cada norma, existem roscas cônicas que são utilizadas para **vedar** e as **paralelas para unir**. As roscas são idênticas porém uma é inclinada e a outra não. A rosca cônica também tem o seu comprimento padrão em quanto a paralela pode ser feita no comprimento desejado pelo operário. Estas normas tem siglas que ajudam a identificá-las:

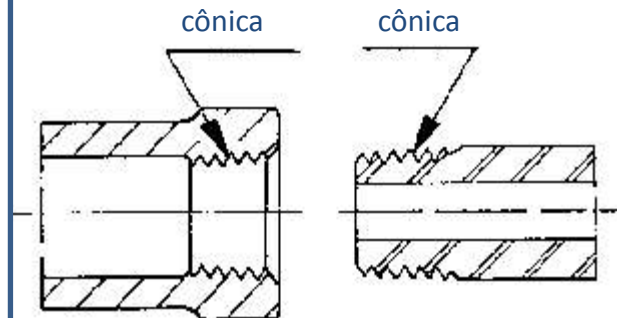
Tipo de Rosca	Norma Ing. NBR 6414	Norma AM. NBR 12912	Perfil
CÔNICA (Para Vedar)	BSPT	NPT	
PARALELA (Para Unir)	BSPP	NPSM	

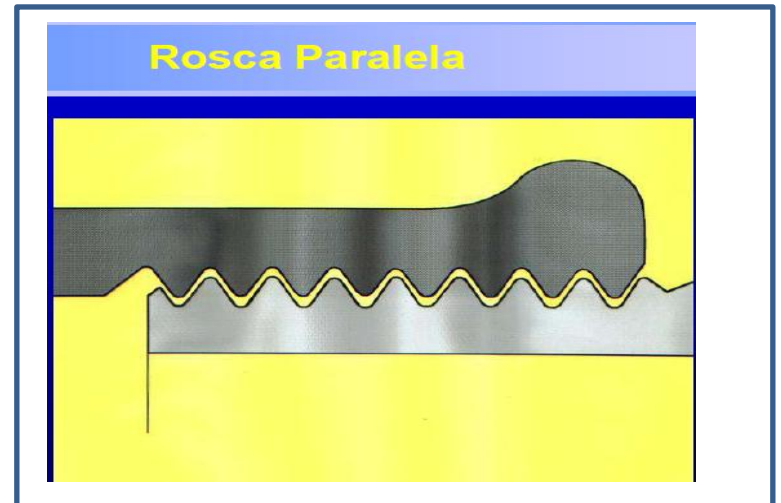
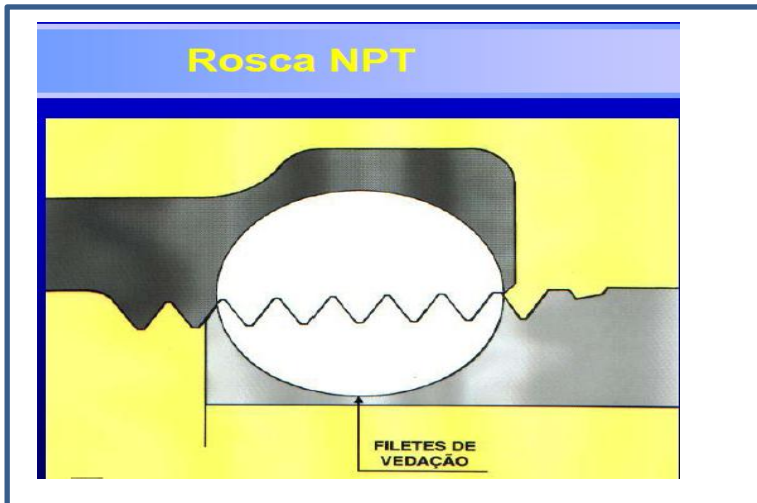
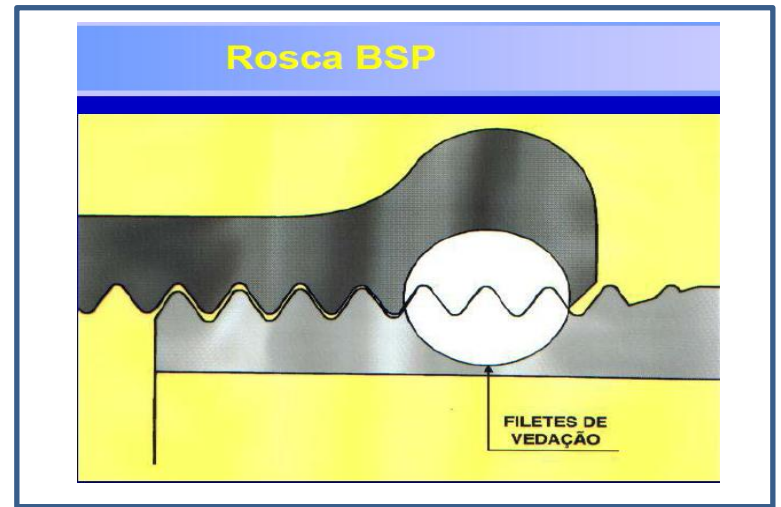
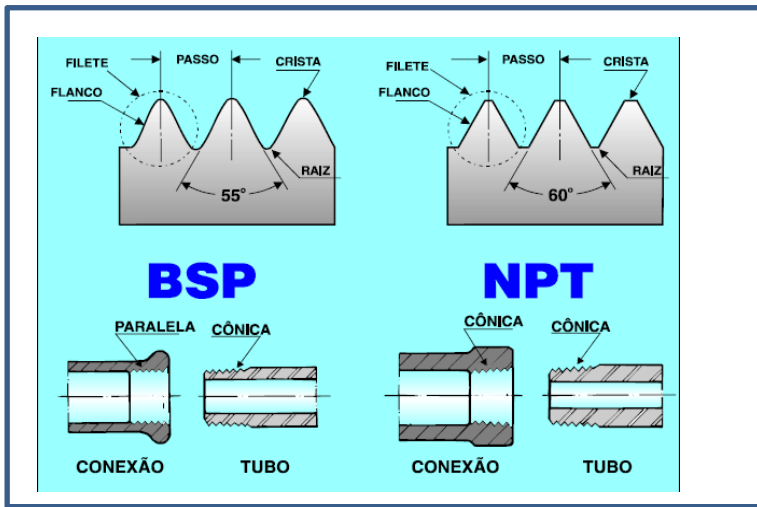
É muito comum ouvir a sigla “BSP” porque representa mais ou menos 85% das instalações feitas no país. “BSP” se refere à utilização de conexões com roscas paralelas (BSPP) usadas em conjunto com tubos rosqueados com roscas cônicas (BSPT). Quando se escuta a sigla “NPT” refere-se a roscas cônica em ambas peças. Por permitirem uma melhor vedação estas roscas normalmente são usadas para média e alta pressão.

BSP (BSPT E BSPP) – norma ISO

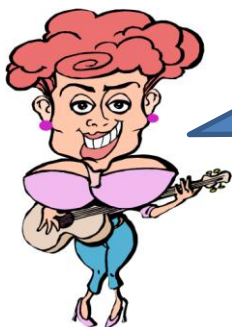


NPT (NPSM) – norma ANSI





Voltar



Só para conhecimento.



tubulações dentro de instalações industriais

- tubulações de processo
- tubulações de utilidades
- tubulações de instrumentações
- tubulações de drenagem

tubulações fora de instalações industriais

- tubulações de transporte
- tubulações de distribuição

Voltar

TUBOS DE AÇO-CARBONO (Chamados de uso geral)

- BAIXO CUSTO
- EXCELENTES QUALIDADES MECÂNICAS
- FÁCIL DE SOLDAR E DE CONFORMAR
- REPRESENTA 90% DOS TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

LIMITES DE TRABALHO PELA TEMPERATURA:

- 450°C para serviço severo
- 480°C para serviço não severo
- 520°C máximo em picos
- 370°C começa deformação por fluência
- 530°C oxidação intensa (escamação)
- -45°C torna-se quebradiço

UTILIZADO PARA: água doce, vapor, condensado, ar comprimido, óleo, gases e muitos outros fluidos pouco corrosivos.

CUSTO RELATIVO DOS MATERIAIS

Materiais	Custo Relativo	Materiais	Custo Relativo
<i>Aço-carbono estrutural</i>	1,00	<i>Ferro fundido</i>	0,95
<i>Aço-carbono qualificado</i>	1,15	<i>Alumínio</i>	2,5
<i>Aço-liga 1,25Cr – 0,5 Mo</i>	3,1	<i>Latão de alumínio</i>	7,6
<i>Aço inoxidável tipo 304</i>	11,5	<i>Metal Monel</i>	31,8
<i>Aço inoxidável tipo 316</i>	15,0	<i>Titânio</i>	41,0

OS TUBOS DE AÇO-CARBONO SÃO COMERCIALIZADOS SEM TRATAMENTO (TUBO PRETO) OU PROTEGIDOS COM REVESTIMENTO DE ZINCO DEPOSITADO A QUENTE (TUBO GALVANIZADO).

TUBOS DE AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS SÃO UTILIZADOS PARA:

- Altas temperaturas
- Baixas temperaturas
- Alta corrosão
- Necessidade de não contaminação
- Segurança

EXEMPLO DE DIÂMETROS COMERCIAIS DOS TUBOS DE AÇO

- Norma ANSI. B.36.10 - Aço Carbono e Aço Liga
- Norma ANSI. B.36.19 - Aço Inoxidáveis

[Voltar](#)

TODOS OS TUBOS SÃO DESIGNADOS POR UM NÚMERO CHAMADO “DIÂMETRO NOMINAL “IPS” (Iron Pipe Size) ou “BITOLA NOMINAL”

Até 12” o Diâmetro Nominal não corresponde à nenhuma dimensão física do tubo; a partir de 14” o Diâmetro Nominal coincide com o diâmetro externo dos tubos.

A ABNT ADOTOU A ANSI B.36 DESPREZANDO A POLEGADA DO DIÂMETRO NOMINAL USANDO O NÚMERO COMO DESIGNAÇÃO.

Para cada Diâmetro Nominal fabricam-se tubos com várias espessuras de parede, denominadas “séries” ou “schedule”.

DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

O CÁLCULO É FEITO POR APROXIMAÇÕES SUCESSIVAS

NA MAIORIA DOS CASOS É UM PROBLEMA HIDRÁULICO EM FUNÇÃO:

Da vazão necessária de fluido
Das diferenças de cotas existentes
Das pressões disponíveis
Das velocidades e perdas de carga admissíveis
Da natureza do fluido
Do material e tipo da tubulação

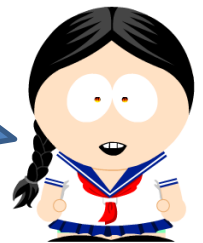
CÁLCULO DO DIÂMETRO →

Função das velocidades de escoamento ou
Das perdas de carga



Aí, nós voltamos ao Alemão
 $Q = v \times A$

Para onde mesmo?

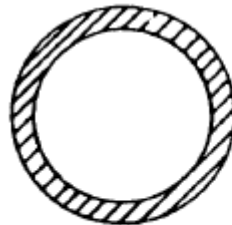


$$\text{Série} = \frac{1000 \times p}{\sigma}$$

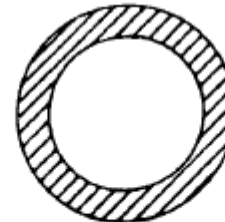
onde \rightarrow

p = pressão interna de trabalho em psig

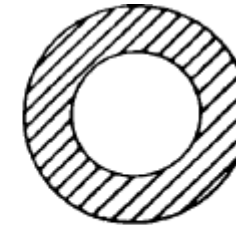
σ = tensão admissível do material em psig



Série 40



Série 80



Série 160

SEÇÕES TRANSVERSAIS EM TUBOS DE 1" DE DIÂMETRO NOMINAL

A espessura do tubo é determinada de acordo com a pressão que irá suportar. Desse modo, pode-se classificá-los em classes. Para o tubo de aço varia de "Sch" 40 a 160, já o PVC possui as classes 12, 15, e 20, e o tubo de cimento amianto possui as classes A e B.

Existem outras maneiras de se calcular a espessura do tubo.



CÁLCULO DA ESPESSURA DA PAREDE DO TUBO

(Em função da pressão interna)

e = espessura da parede em “mm”;

p = pressão hidrostática máxima interna em
“kgf/cm²”

D= diâmetro interno em “mm”

σ_h = tensão admissível de resistência à tração do
material na temperatura de projeto em
“kgf/cm²”

$$e = \frac{P \times D}{2 \times \sigma_h}$$



**SÓ PODE SER UTILIZADA SE O
DIÂMETRO EXTERNO FOR MAIOR
QUE 6 (seis) VEZES A ESPESSURA DA
PAREDE**

CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE (Norma ANSI/ASME. B.31)

$$e = \frac{p \times D}{2 \times (\sigma_h \times E + p \times Y)} + C \rightarrow \text{ou} \rightarrow e = \frac{p \times d}{2 \times (\sigma_h \times E + p \times Y - p)} + C$$

p =pressão interna do projeto;

D =diâmetro externo; d =diâmetro interno;

σ_h = tensão admissível do material na temperatura de projeto;

E = coeficiente de eficiência de solda:

$E=1$ – para os tubos sem costura e com costura por solda de topo com radiografia total

$E=0,9$ – para tubo com costura por solda de topo com radiografia parcial

$E=0,85$ – para tubos com costura com solda pelos dois lados

$E=0,8$ – para tubos com costura com solda por apenas um lado

Y =coeficiente de redução de acordo com o material e a temperatura

$Y=0,4$ – para tubos de aço carbono e outros aços ferríticos com temperaturas de até 485°C

$Y=0$ – para tubos de ferro fundido

C =soma das sobreespessuras para corrosão, erosão e abertura de roscas

IMPORTANTE

Tensão admissível de resistência à tração, que no caso do aço ABNT EB – 255G30 (ASTM A283 grau C) vale aproximadamente 1400 kgf/cm²

AS FÓRMULAS NÃO PODEM SER APLICADAS QUANDO $(P/(\sigma E)) > 0,385$ E TAMBÉM QUANDO $e > D/6$.

A SOBRE ESPESSURA PARA CORROSÃO E EROÇÃO SERÁ O PRODUTO DA TAXA ANUAL DE CORROSÃO PELO NÚMERO DE ANOS DA VIDA ÚTIL; PARA TUBULAÇÕES EM GERAL, TOMA-SE DE 10 A 15 ANOS DE VIDA ÚTIL.

NA FALTA DE DADOS, PARA O AÇO CARBONO, E AÇO DE BAIXA LIGA, CONSIDERA-SE:

1. 1,2 mm como valor mínimo para a sobre espessura de corrosão
2. 2,0 mm em serviços de média corrosão
3. até 4,0 mm em serviços de alta corrosão



FINALMENTE PODE-SE PENSAR EM COMPRAR OS TUBOS ...

Normas ANSI B.36.10 (para tubos de aço-carbono e aços de baixa liga), e B.36.19 (para tubos de aços inoxidáveis).

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
1½	Std, 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2	Std, 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
2½	Std, 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
	Std, 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
89	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3	27,65	2,68	249,32	56,22	2,66	

Notas:

1 A norma ANSI B.36.19 só abrange tubos até o diâmetro nominal de 12”.

2 As designações “Std”, “XS” e “XXS” correspondem às espessuras denominadas “normal”, “extra-forte”, e “duplo extra-forte” da norma ANSI B.36.10. As designações 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 e 160 são “números de série” (schedule number) dessa mesma norma. As designações 5S, 10S, 40S e 80S são da norma ANSI B.36.19.

3 As espessuras em mm indicadas na tabela são os valores nominais; as espessuras mínimas correspondentes dependerão das tolerâncias de fabricação, que variam com o processo de fabricação do tubo. Para os tubos sem costura a tolerância usual é $\pm 12,5\%$ do valor nominal.

4 Nesta tabela estão omitidos alguns diâmetros e espessuras não usuais na prática. Para a tabela completa, contendo todos os diâmetros e espessuras, consulte as normas ANSI B 36.10 e B 36.19.

5 Os pesos indicados nesta tabela correspondem aos tubos de aço-carbono ou de aços de baixa liga. Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam cerca de 5% menos, e os de inoxidáveis austeníticos cerca de 2% mais.

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_22010/consulta2.htm

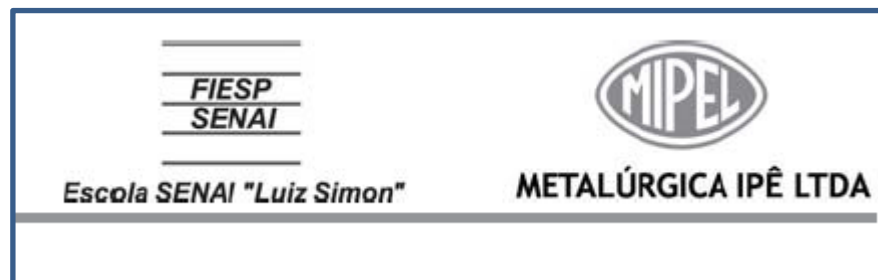
http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12010/exemplos_tubos_industriais.pdf

Vamos falar dos comprimentos equivalentes (Leq)



Consideramos inicialmente os acessórios fabricados pela MIPEL

DN (Bitola)
40 (1 1/2)
50 (2)
65 (2 1/2)
80 (3)



<http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/segundo2007/manuaisenai.pdf>

Tabela 16: Comprimento equivalente de tubulação - Máximos valores previstos para válvulas de bronze (m)

DN	Esfera		Retenção			Gaveta	Macho	Globo				
	Pass. plena	Pass. reduzida	Portinhola	Horizontal	Vertical e poço			Reta c/ guia	Reta s/ guia	Angular c/ guia	Angular s/ guia	Oblíqua
50	0,70	4,52	2,68	25,00	19,81	0,70	2,13	25,00	17,68	10,36	7,26	7,26
65	0,85	3,62	3,10	28,95	26,80	0,85	2,75	28,95	21,38	-	-	-
80	1,03	3,09	3,95	36,60	32,00	1,03	3,50	36,60	25,90	-	-	-

Outros Leq só que
agora da Tupy











Dímetro Nominal	Saída da Tubulação	Entrada Normal	Entrada de borda
1½	1,0	0,5	1,0
2	1,5	0,7	1,5
2½	1,9	0,9	1,9

Equivalência entre Diâmetros Nominais

Sistema Inglês (pol)	¼	⅜	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6
Sistema Métrico (mm)	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150

Equivalência da Perda de Carga das Conexões TUPY BSP em Metros de Tubos de Aço Galvanizados

DIÂMETRO NOMINAL	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
	0,23	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88	2,35	2,82	3,76	4,70	5,64
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
			0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,36	0,44	0,55	0,73		
			0,44	0,66	0,88	1,10	1,31	1,75	2,19	2,70	3,51		
	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,41	0,49	0,59			
	0,34	0,50	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69	3,36	4,02			
	0,04	0,06	0,08	0,12	0,17	0,21	0,25	0,33	0,41	0,50	0,66	0,83	0,99

Considera-se a CCB dada e para a vazão de 17,5 m³/h se calcula a carga manométrica, lembrando que o seu arredondamento deve ser feito respeitando a segurança para obtê-lo!



a)

$$H_B = -0,0408 \times Q^2 + 0,1849 \times Q + 80$$

$$\therefore H_B = -0,0408 \times 17,5^2 + 0,1849 \times 17,5 + 80$$

$$H_B \cong 70,8\text{m}$$

$$H_B = \frac{\text{energia fornecida pela bomba ao fluido}}{\text{peso do fluido}}$$

b)

$$\eta_B = -0,1432 \times 17,5^2 + 5,201 \times 17,5 + 4,8843$$

$$\eta_B \cong 52,1\%$$

$$\therefore N_B = \frac{998,2 \times \left(\frac{17,5}{3600} \right) \times 70,8}{0,521}$$

$$N_B \cong 6462,1W$$

$$N_B \cong 8,8CV$$

Para a determinação da potência da bomba, deve-se através da CCB se determinar o rendimento para a $Q = 17,5 \text{ mm}^3/\text{h}$



Para se obter a equação da CCI em uma instalação de uma entrada e uma saída aplica-se a equação da energia.



c)

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{p_{\text{total}}}$$

$$-2,6 + H_S = 42,80 + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + H_{p_{3''}} + H_{p_{2''}}$$

$$H_{p_{3''}} = f_{3''} \times \frac{(4,4 + 37,48)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = f_{3''} \times 1205525,5 \times Q^2$$

$$H_{p_{2''}} = f_{2''} \times \frac{(59,55 + 53,51)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} = f_{2''} \times 23333191,2 \times Q^2$$

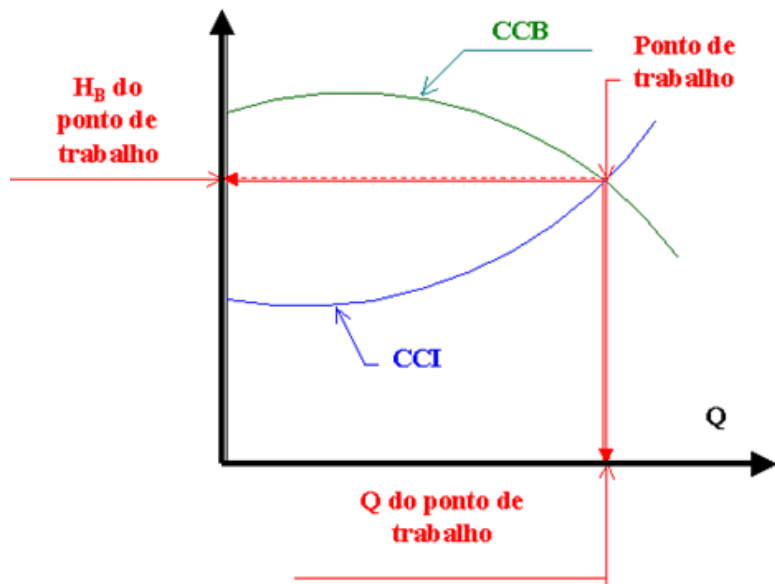
$$\therefore H_S = 45,4 + 10834,9 \times Q^2 + f_{3''} \times 1205525,5 \times Q^2 + f_{2''} \times 23333191,2 \times Q^2$$

d)



Para comprovar a existência da $Q = 17,5 \text{ m}^3/\text{h}$, obtemos o ponto de trabalho.

Ok! Vamos obter o cruzamento da CCB com a CCI



Se a vazão do ponto de trabalho for maior, ou igual, que $17,5 \text{ m}^3/\text{h}$ será possível obtê-la.

Portanto vamos traçar a CCI e para isto nós devemos determinar os "f".



Determinação do "f"

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_22010/consulta2.htm



Q(m³/h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
2,5	0,32	16734	0,0285	0,0290	0,0290	0,0288
5,0	0,64	33468	0,0250	0,0254	0,0255	0,0253
7,5	0,96	50202	0,0235	0,0239	0,0239	0,0238
10,0	1,28	66937	0,0226	0,0230	0,0230	0,0229
12,5	1,60	83671	0,0220	0,0224	0,0225	0,0223
15,0	1,92	100405	0,0216	0,0220	0,0220	0,0219
17,5	2,24	117139	0,0213	0,0217	0,0217	0,0215
20,0	2,56	133873	0,0211	0,0215	0,0215	0,0213

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1		propriedades do fluido transportado															
2		temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m³)	Pv (Pa)	v (m²/s)										
3				0,00E+00													
4		propriedades do local															
5		g =		m/s²													
6		patm =		Pa													
7		mat. tubo aço															
8		espessura	Dint (mm)	A (cm²)													
9																	
10			K(m)	DH/k													
11				#DIV/0!													
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	

Legenda

- deve ser preenchida
- será calculada
- preenchimento opcional
- copiado de outra planilha

FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Água:		

Q
m³/h

Q(m³/s) Q(L/s) Q(L/min)
deve transformar para m³/h



Com os "f" para cada vazão especificada na CCB, pode-se obter a H_s

$$H_s = 45,4 + 10834,9 \times Q^2 + f_{3''} \times 1205525,5 \times Q^2 + f_{2''} \times 23333191,2 \times Q^2$$

Q(m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)	NPSH _r (m)	f _{3''}	f _{2''}	H _s (m)
0	80			0	0	45,4
2,5	80			0,0311	0,0290	45,7
5	79,5	27		0,0266	0,0255	46,6
7,5	79	36	2,399	0,0246	0,0239	48,0
10	77,8	43	2,917	0,0234	0,0230	49,8
12,5	76	47,5	3,226	0,0226	0,0225	52,2
15	74	50,4	3,588	0,0220	0,0220	55,0
17,5	71	51,5	3,803	0,0215	0,0217	58,2
20	67	52	4,069	0,0212	0,0215	62,0

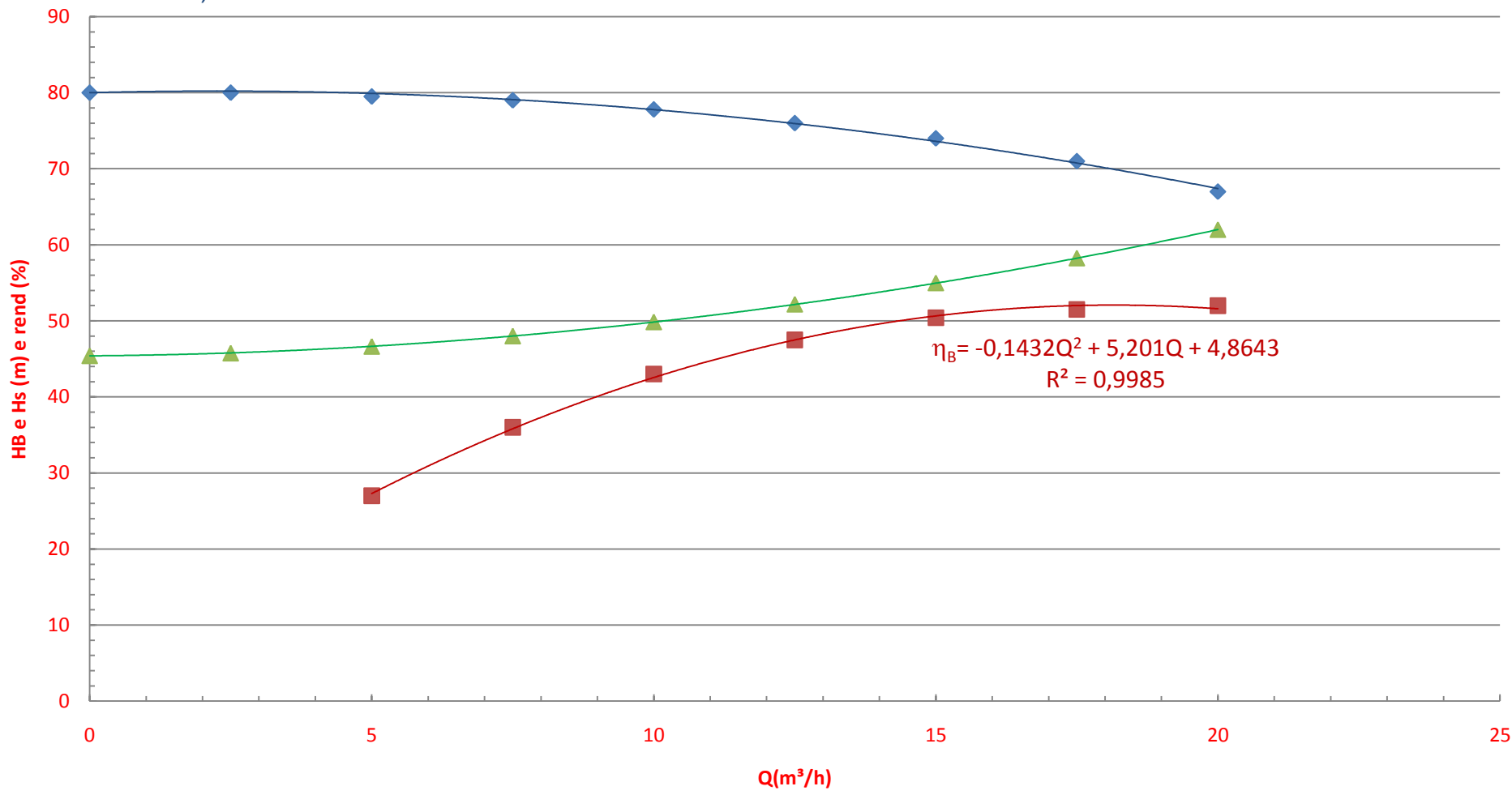
E aí se obter o ponto de trabalho!



Determinação do ponto de trabalho

$$H_B = -0,0408Q^2 + 0,1849Q + 80$$
$$R^2 = 0,9964$$

$$H_S = 0,0386Q^2 + 0,0579Q + 45,4$$
$$R^2 = 1$$



$$\eta_B = -0,1432Q^2 + 5,201Q + 4,8643$$
$$R^2 = 0,9985$$

- ◆ HB (m)
- rend
- ▲ CCI
- Polinômio (HB (m))
- Polinômio (rend)
- Polinômio (CCI)

$$-0,0408Q^2 + 0,1849Q + 80 = 0,0386Q^2 + 0,0579Q + 45,4$$

$$0,0794Q^2 - 0,127Q - 34,6 = 0$$

$$Q = \frac{0,127 + \sqrt{0,127^2 + 4 \times 0,0794 \times 34,6}}{2 \times 0,0794} \cong 21,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$



$$H_B = H_S = 0,0386 \times 21,7^2 + 0,0579 \times 21,7 + 45,4$$

$$\therefore H_B = H_S = 64,9\text{m}$$

$$\eta_B = -0,1432 \times 21,7^2 + 5,201 \times 21,7 + 4,8643$$

$$\therefore \eta_B = 50,3\%$$



Portanto, podemos ter a vazão de 17,5 m³/h fechando-se parcialmente a válvula globo!

$$N_B = \frac{998,2 \times \left(\frac{21,7}{3600}\right) \times 64,9}{0,503}$$

$$\therefore N_B \cong 7608,1\text{W}$$





Extras:

1. determine o comprimento equivalente e o coeficiente de perda de carga singular da válvula globo parcialmente fechada para se ter a vazão de $17,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e para esta vazão verifique o dimensionamento das tubulações.
2. Analise a tabela fornecida pela Tupy para determinação da perda e dê seu parecer sobre ela.





Perda de Carga em Tubos de Aço Galvanizados

1		1¼		1½		2		2½		3		4		5		6		litros/h	gal./min.
VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA	VELOC.	PERDA		
																		227	1
																		454	2
0,342	1,26																	681	3
0,454	2,14																	908	4
0,567	3,25	0,262	0,57	0,192	0,26													1135	5
1,134	11,70	0,326	0,84	0,241	0,40														
		0,653	3,05	0,479	1,43	0,311	0,50	0,198	0,17	0,137	0,07								
1,708	25,00	0,976	6,50	0,720	3,00	0,467	1,08	0,299	0,36	0,207	0,15								
2,269	42,00	1,308	11,10	0,961	5,20	0,622	1,82	0,399	0,61	0,277	0,25								
2,837	64,00	1,635	16,60	1,202	7,80	0,778	2,73	0,497	0,92	0,344	0,38								
3,400	89,00	1,961	23,50	1,440	11,00	0,933	3,84	0,598	1,29	0,414	0,54								
3,971	119,00	2,290	31,20	1,681	14,70	1,089	5,10	0,698	1,72	0,485	0,71								
4,538	152,00	2,617	40,00	1,922	18,80	1,244	6,60	0,796	2,20	0,555	0,91	0,311	0,22						
		2,943	50,00	2,159	23,20	1,403	8,20	0,896	2,80	0,625	1,15	0,357	0,28						
		3,269	60,00	2,400	28,40	1,560	9,90	0,997	3,32	0,692	1,38	0,390	0,34						
		4,578	113,00	3,361	53,00	2,181	18,40	1,396	6,21	0,970	2,57	0,546	0,63	0,347	0,21				
				3,560	60,00	2,336	20,90	1,527	7,10	1,036	3,05	0,585	0,73	0,372	0,24				
				4,800	102,00	3,114	35,80	1,994	12,00	1,384	4,96	0,777	1,22	0,497	0,41	0,347	0,14		
				5,761	143,00	3,736	50,00	2,390	16,80	1,661	7,00	0,933	1,71	0,597	0,58	0,433	0,25	27240	120
						3,889	54,00	2,487	18,20	1,728	7,60	0,972	1,86	0,622	0,64	0,451	0,28	28375	125
						4,673	76,00	2,988	25,50	2,073	10,50	1,170	2,55	0,740	0,88	0,521	0,32	34050	150
						5,444	102,00	3,445	38,80	2,420	14,00	1,356	3,44	0,872	1,18	0,610	0,48	39725	175
						6,222	129,00	3,985	43,10	2,768	17,80	1,558	4,40	0,997	1,48	0,695	0,62	45400	200
								4,485	54,30	3,109	22,30	1,759	5,45	1,119	1,86	0,783	0,74	51075	225
								4,469	66,00	3,451	27,20	1,951	6,72	1,244	2,24	0,853	0,92	56750	250
										3,735	31,30	2,103	7,70	1,347	2,60	0,924	1,13	61290	270
										3,811	32,50	2,143	7,99	1,372	2,72	0,933	1,15	62425	275
										4,153	38,00	2,335	9,30	1,494	3,14	1,036	1,29	68100	300
												2,713	2,32	1,743	4,19	1,213	1,75	79450	350
												3,112	16,00	1,993	5,40	1,384	2,21	90800	400
												3,505	19,80	2,240	6,70	1,561	2,65	102150	450
												3,688	22,40	2,347	7,22	1,673	2,90	106690	470
												3,719	22,96	2,365	7,42	1,692	2,95	107825	475
												3,892	24,00	2,490	8,12	1,707	3,30	113500	500

Velocidade (m/s)
Perda (mH₂O / 100m de tubo)