



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - UFPEL
CENTRO DE ENGENHARIAS - CENG
DISCIPLINA: SISTEMAS URBANOS DE ÁGUA

ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Prof. Hugo Alexandre Soares Guedes
E-mail: hugo.guedes@ufpel.edu.br
Website: wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/

COMPONENTES DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

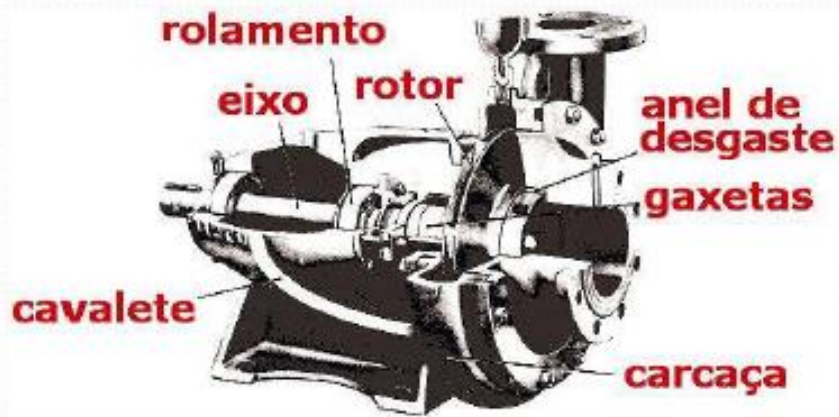
- Equipamento eletromecânico
 - Motores
 - Bomba
- Tubulações
 - Sucção
 - Recalque
- Construção civil
 - Poço de sucção
 - Casa de bomba

BOMBAS CENTRÍFUGAS

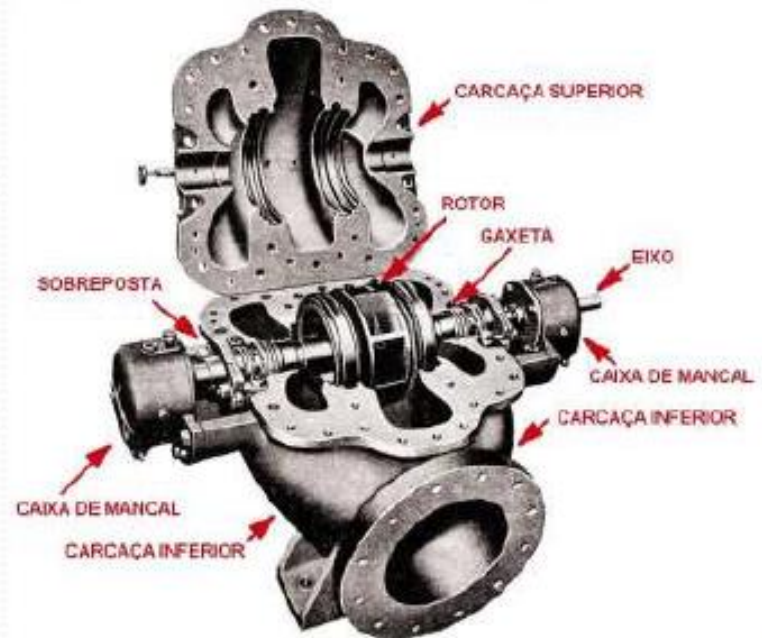


BOMBAS CENTRÍFUGAS

Corte de uma bomba centrífuga horizontal de simples estágio



Corte de uma bomba centrífuga de simples estágio com rotor de dupla sucção



BOMBAS CENTRÍFUGAS - ROTOR

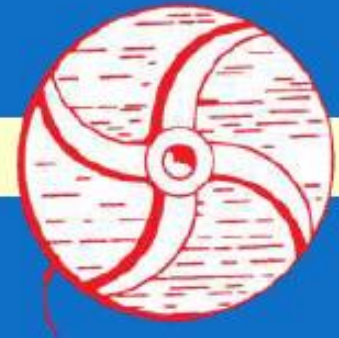


TIPOS DE ROTOR

→ Aberto



→ Semiaberto



→ Fechado



BOMBAS CENTRÍFUGAS - ROTOR

A. Rotor Aberto:

- Usado para bombas de pequenas dimensões;
- Pequena resistência estrutural;
- Grande recirculação de água;
- Usado para o bombeamento de líquidos sujos.

B. Rotor Semiaberto:

- Possui apenas um disco onde as palhetas são afixadas

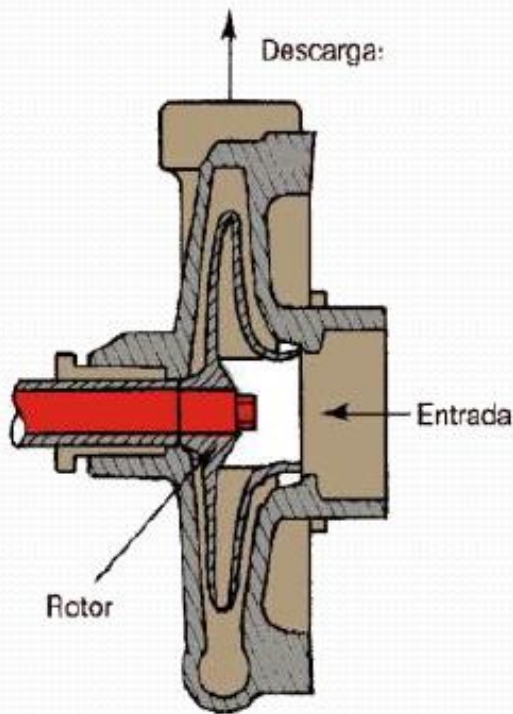
C. Rotor Fechado:

- Usado para bombeamento de líquidos limpos;
- Possui dois discos nos quais as palhetas são afixadas;
- Evita a recirculação de água;

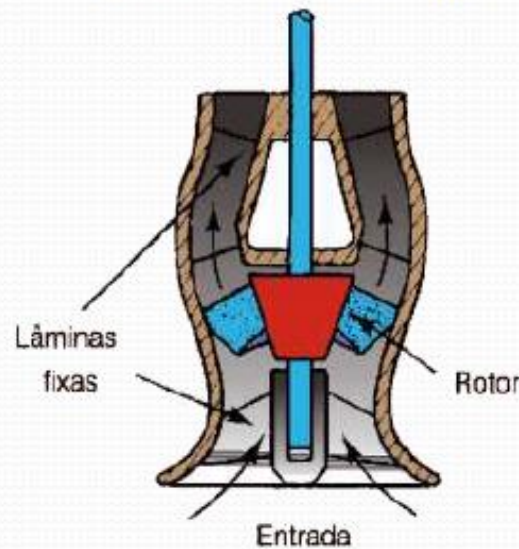
BOMBAS CENTRÍFUGAS - ROTOR

Classificação segundo a trajetória do líquido no rotor

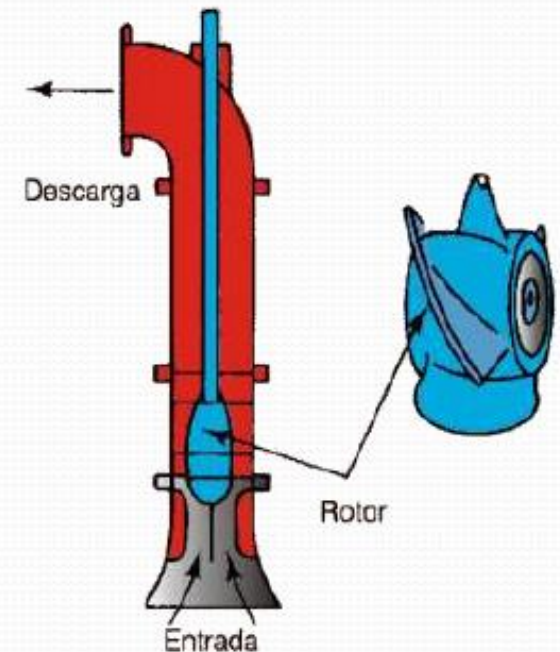
Bombas de fluxo radial



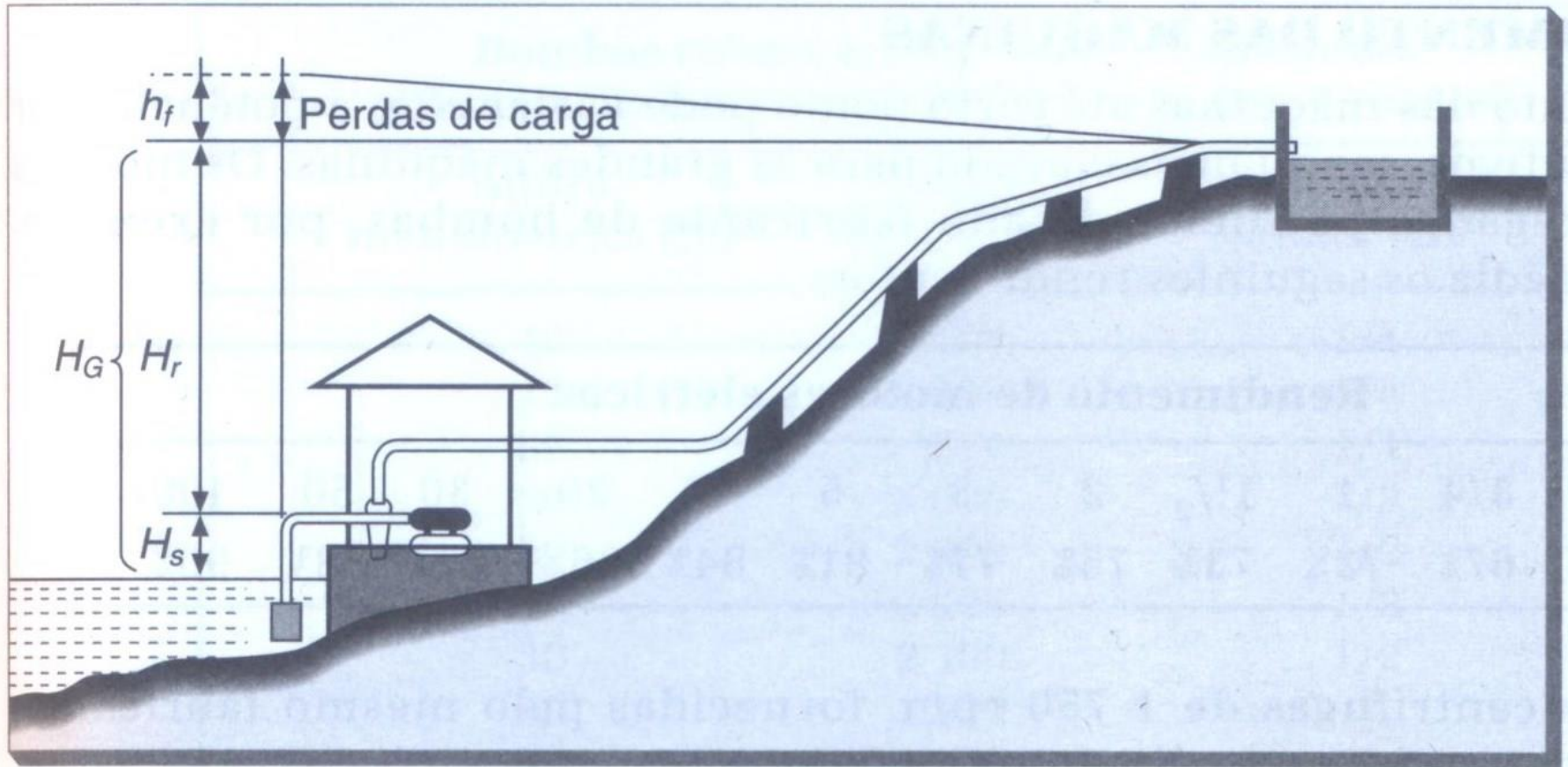
Bomba de fluxo axial



Bombas de fluxo misto



ESQUEMA HIDRÁULICO



ESQUEMA HIDRÁULICO

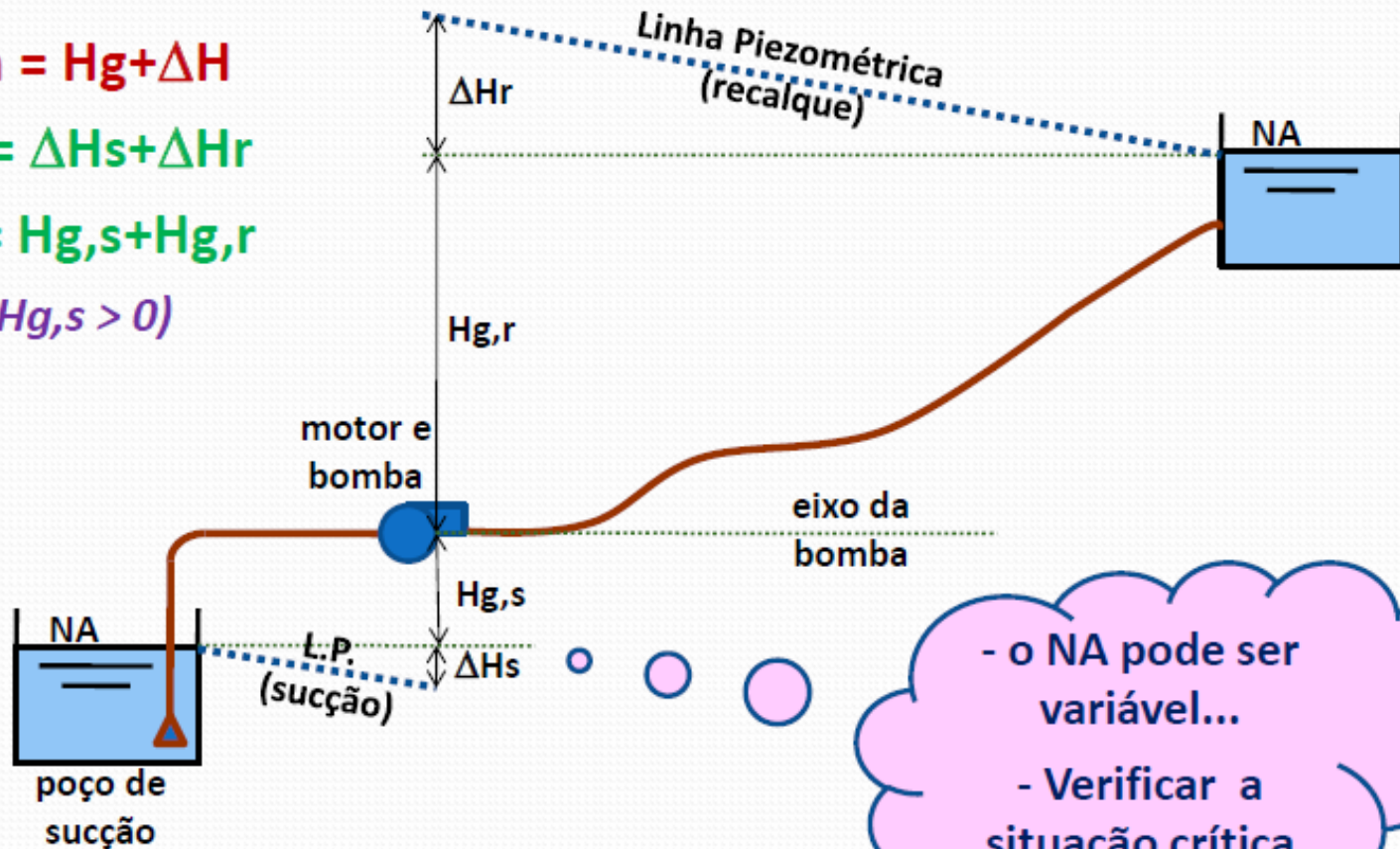
Bomba horizontal não afogada

$$H_m = H_g + \Delta H$$

$$\Delta H = \Delta H_s + \Delta H_r$$

$$H_g = H_{g,s} + H_{g,r}$$

($H_{g,s} > 0$)



- o NA pode ser variável...

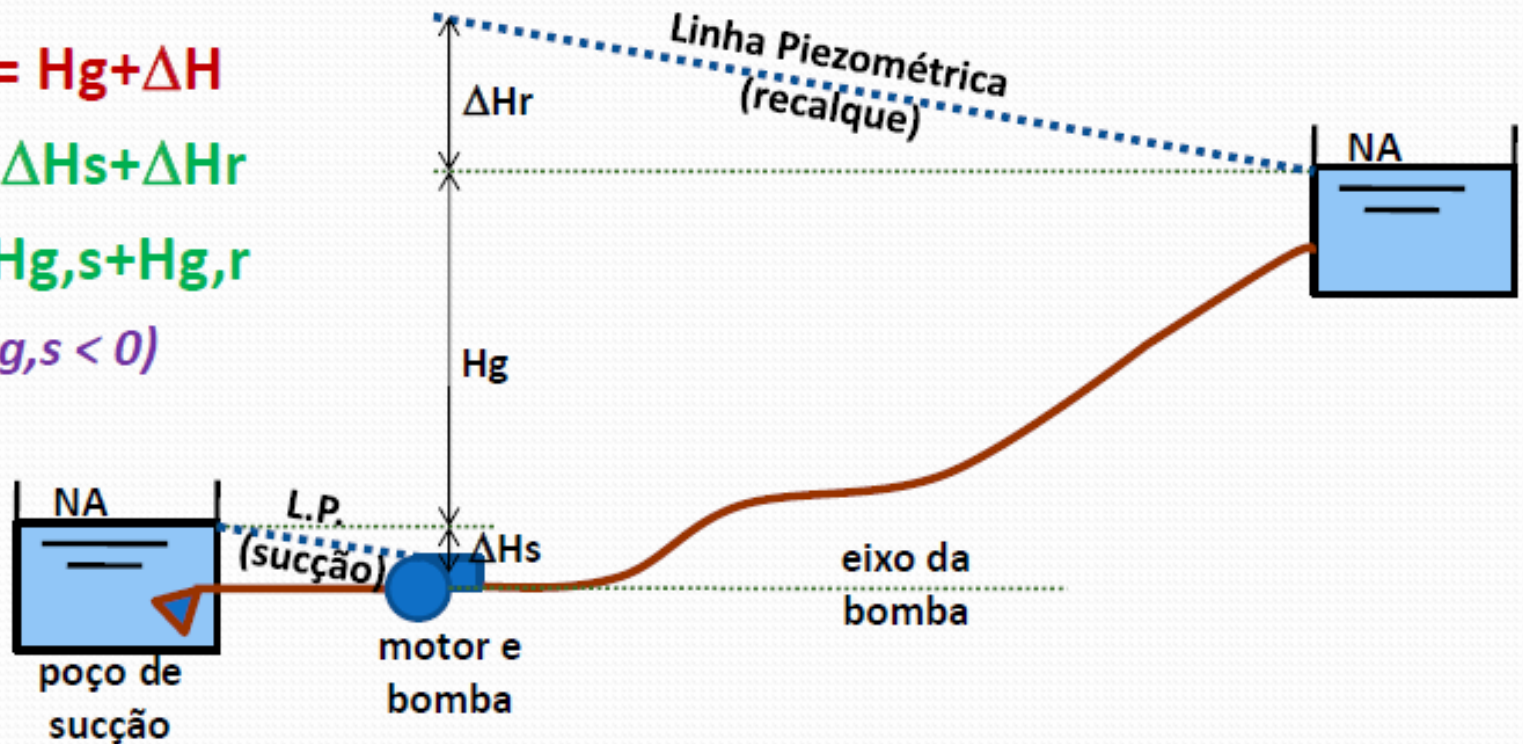
- Verificar a situação crítica

ESQUEMA HIDRÁULICO

Bomba horizontal afogada

$$H_m = H_g + \Delta H$$
$$\Delta H = \Delta H_s + \Delta H_r$$
$$H_g = H_{g,s} + H_{g,r}$$

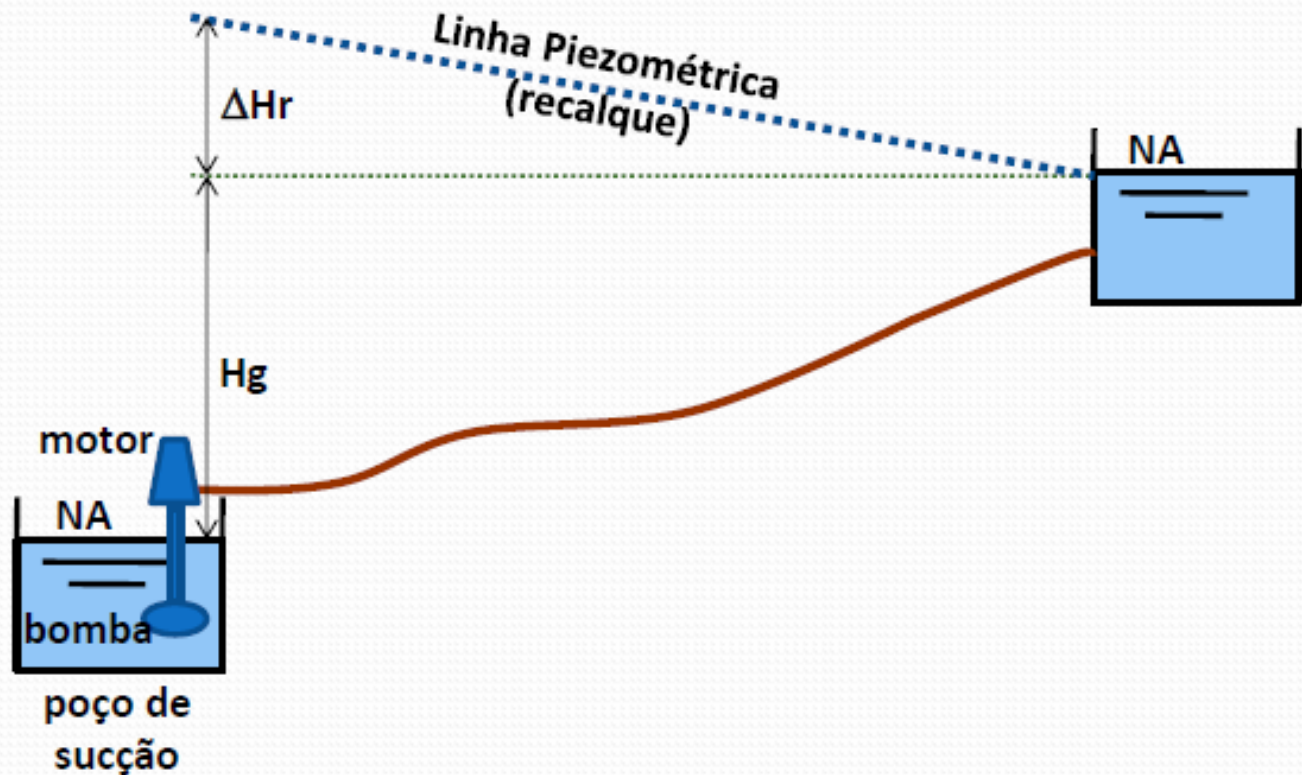
($H_{g,s} < 0$)



ESQUEMA HIDRÁULICO

Bomba vertical afogada (e submersa)

$$H_m = H_g + \Delta H_r$$



SELEÇÃO DA BOMBA

- **DEPENDE DA VAZÃO A SER RECALCADA E DA ALTURA MANOMÉTRICA DA INSTALAÇÃO.**
- **Vazão Recalcada (Q):**
 - Consumo diário da instalação;
 - Jornada de trabalho da bomba;
 - Número de bombas em funcionamento.

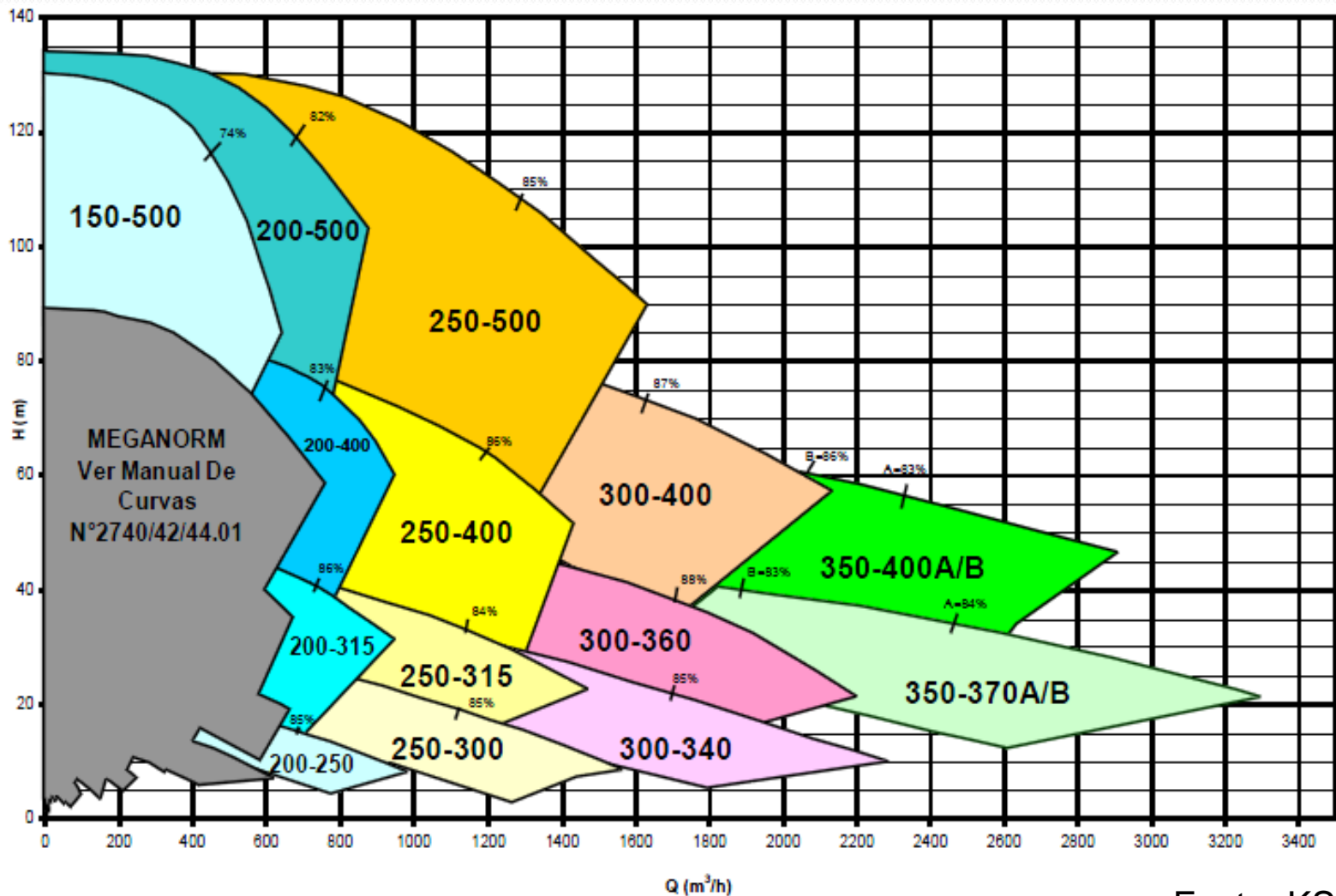
SELEÇÃO DA BOMBA

Altura manométrica da instalação (H_m)

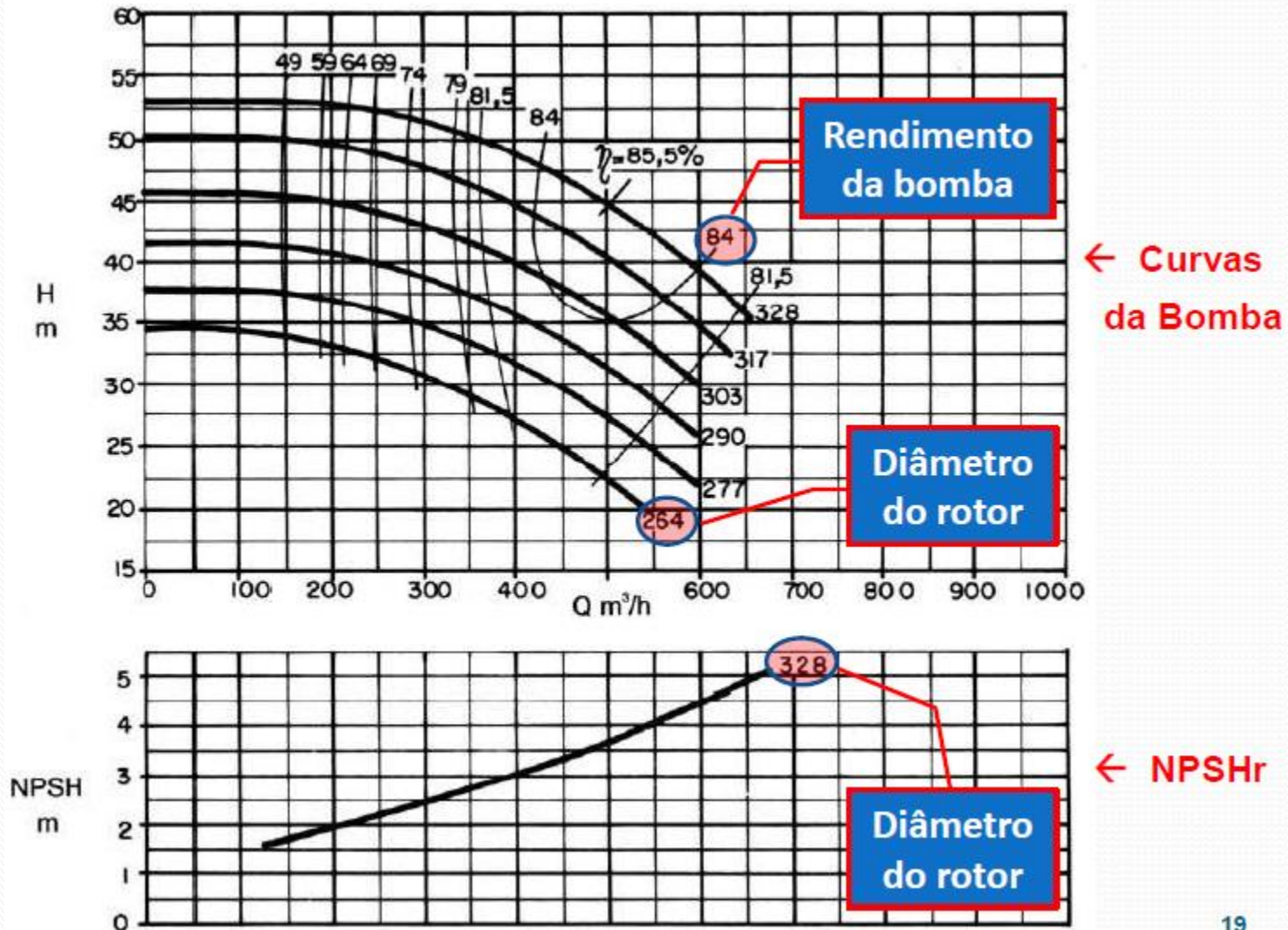
$$H_m = H_G + h_{t(1-2)}$$

- Desnível geométrico da instalação (H_G):
 - Levantamento topográfico do perfil do terreno.
- Perda de carga (h_t):
 - Comprimento das tubulações de sucção e recalque;
 - Número de peças especiais na instalação;
 - Conhecimento dos diâmetros de sucção e recalque

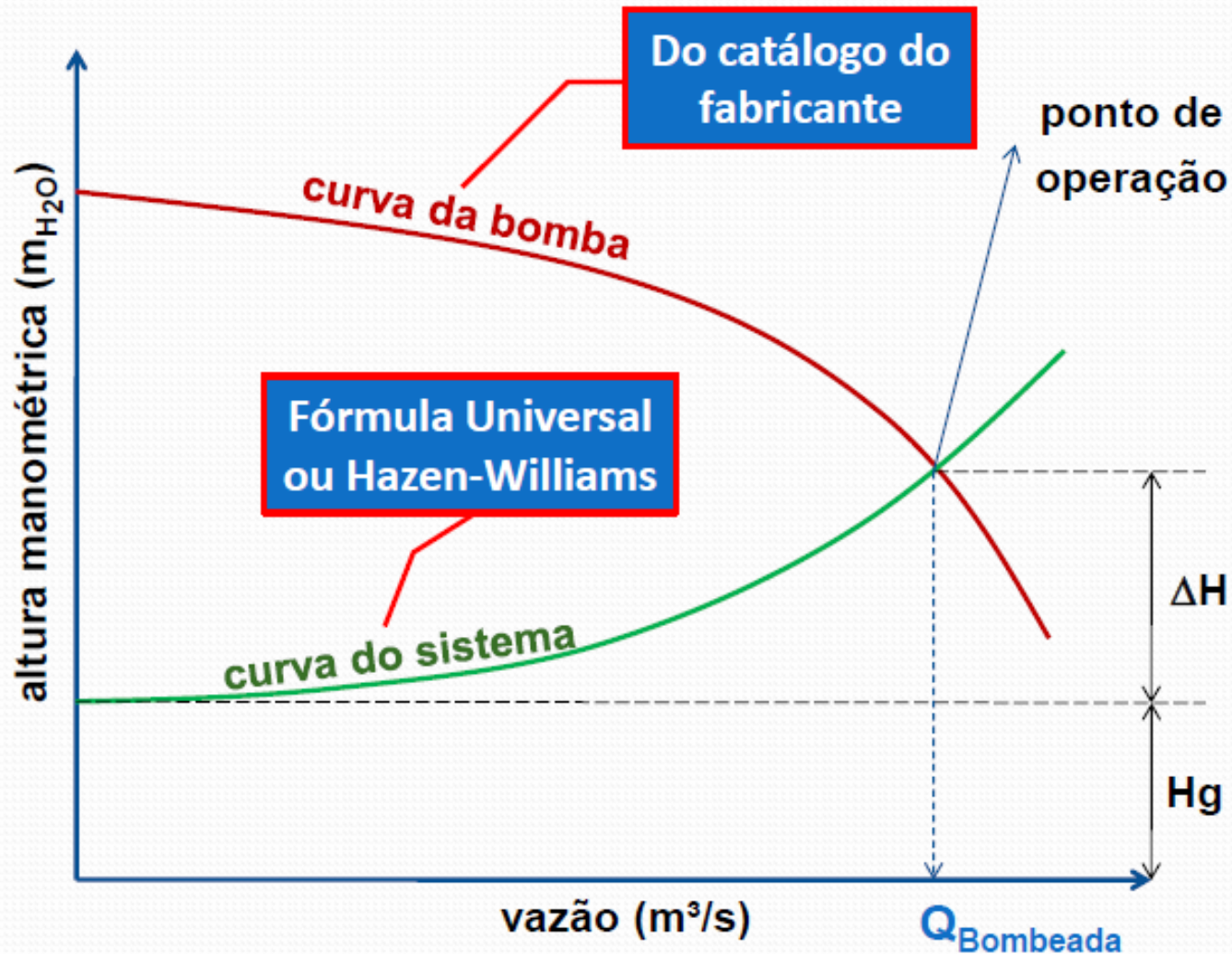
SELEÇÃO DA BOMBA – DIAGRAMA DE COBERTURA HIDRÁULICA



CURVAS CARACTERÍSTICAS



CURVAS CARACTERÍSTICAS



CURVA CARACTERÍSTICA DA TUBULAÇÃO

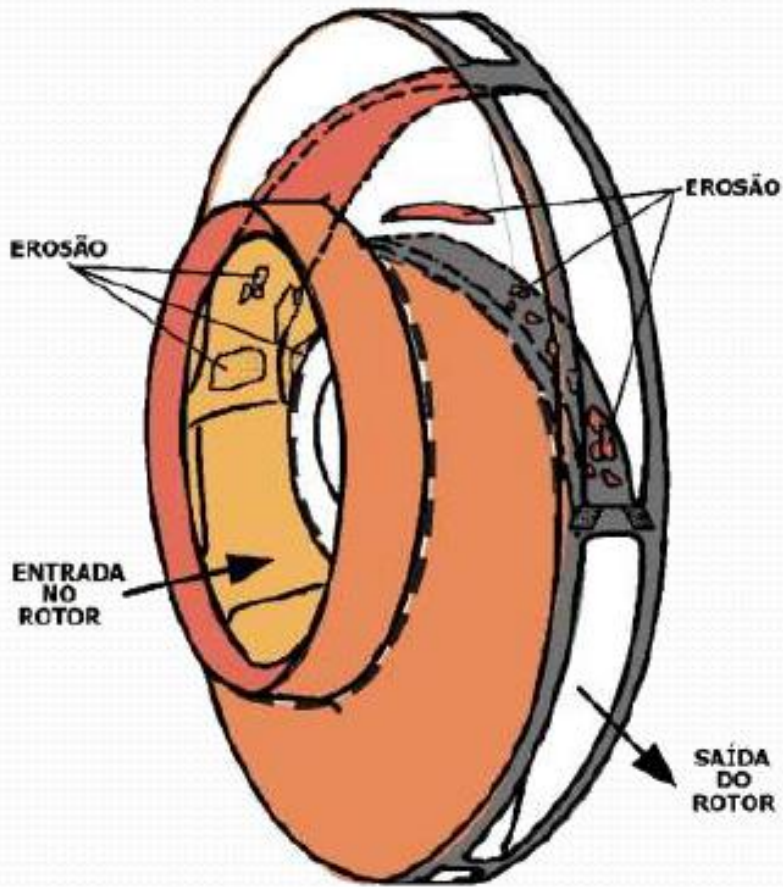
$$H_m = H_G + h_t$$

$$h_t = h_f + h_a$$

$$H_m = H_G + KQ^2 \quad \text{(FÓRMULA UNIVERSAL)}$$

$$H_m = H_G + K'Q^{1,852} \quad \text{(FÓRM. HAZEN-WILLIAMS)}$$

CAVITAÇÃO X NPSH (Net Positive Suction Head)

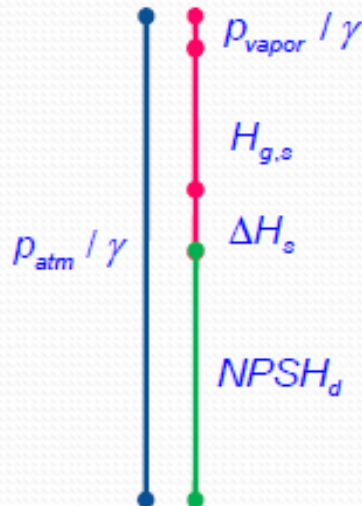


CAVITAÇÃO X NPSH

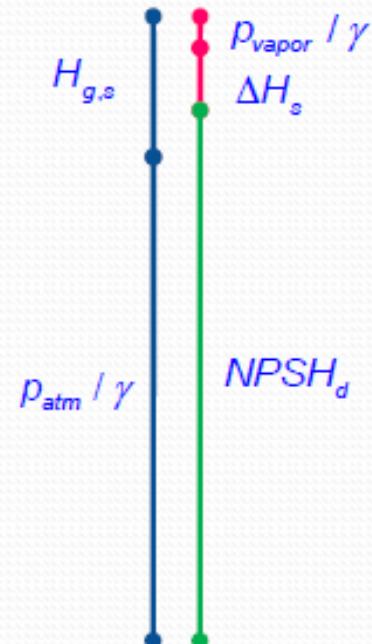
Carga de sucção positiva disponível (m_{H_2O})

$$NPSH_d = \frac{p_{atm}}{\gamma} - \frac{p_{vapor}}{\gamma} - H_{g,s} - \Delta H_s$$

bomba não afogada ($H_{g,s} > 0$)



bomba afogada ($H_{g,s} < 0$)

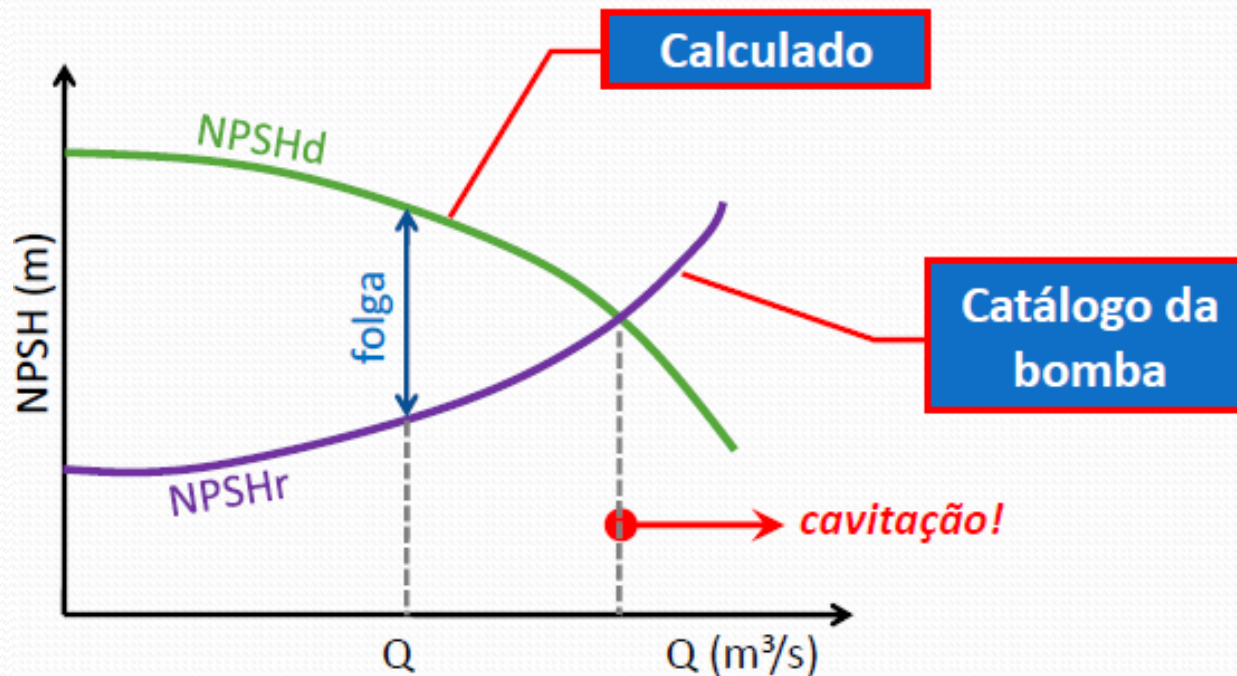


CAVITAÇÃO X NPSH

- Condição para funcionamento da bomba sem cavitação

$$NPSH_d \geq NPSH_r$$

- Folga mínima: 0,5 m_{H2O} ou 20% (melhor acima 1,5 m_{H2O} ou 35%)



CAVITAÇÃO X NPSH

Pressão de vapor da água em função da temperatura

T (°C)	Pv/γ (m H ₂ O)	Observações
0	0,062	T = temperatura Pv/γ = altura equivalente de coluna de água
2	0,072	
4	0,083	
6	0,095	
8	0,109	
10	0,125	
15	0,174	
20	0,238	
25	0,323	
30	0,433	
40	0,752	
50	1,258	
60	2,031	
80	4,827	
100	10,332	

Pressão atmosférica em função da altitude

h (m)	Patm/γ (m H ₂ O)	Observações
0	10,33	h = altitude Patm/γ = altura de coluna de água equivalente a pressão atmosférica
300	9,96	
600	9,59	
900	9,22	
1200	8,88	
1500	8,54	
1800	8,20	
2100	7,89	
2400	7,58	
2700	7,31	
3000	7,03	

ALTURAS MÁXIMAS DE SUCÇÃO

Tabela 11.1 – Alturas máximas de sucção*

Altitude m	Pressão atmosférica mca	Limite prático de sucção, m
0	10,33	7,60
300	10,00	7,40
600	9,64	7,10
900	9,30	6,80
1 200	8,96	6,50
1 500	8,62	6,25
1 800	8,27	6,00
2 100	8,00	5,70
2 400	7,75	5,50
2 700	7,50	5,40
3 000	7,24	5,20

*Importante: A altura de sucção admissível para um determinado tipo de bomba depende de outras condições, devendo ser verificada em cada caso

POTÊNCIA NECESSÁRIA AO FUNCIONAMENTO DA BOMBA OU POTÊNCIA DE EIXO OU POTÊNCIA MECÂNICA (Pot)

$$Pot = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta_B}$$

em que:

Pot - Potência solicitada pela bomba (c.v.);

γ - Peso específico do fluido circulante (kgf/m³);

Q - Vazão bombeada (m³/s);

H_m - Altura manométrica da instalação (m);

η - Rendimento da bomba (decimal).

POTÊNCIA INSTALADA OU POTÊNCIA DO MOTOR OU POTÊNCIA DE PLACA OU POTÊNCIA NOMINAL (N)

- Deve-se admitir, na prática, uma certa folga para os motores elétricos
- $N = Pot + Folga$ (margem de segurança)
 - MOTORES A ÓLEO DIESEL \Rightarrow Folga = 25%
 - MOTORES A GASOLINA \Rightarrow Folga = 50%
 - MOTORES ELÉTRICOS \Rightarrow Folga depende da “Pot”

POTÊNCIA INSTALADA (N) OU POTÊNCIA DO MOTOR

- Os seguintes acréscimos são recomendáveis para motores elétricos:

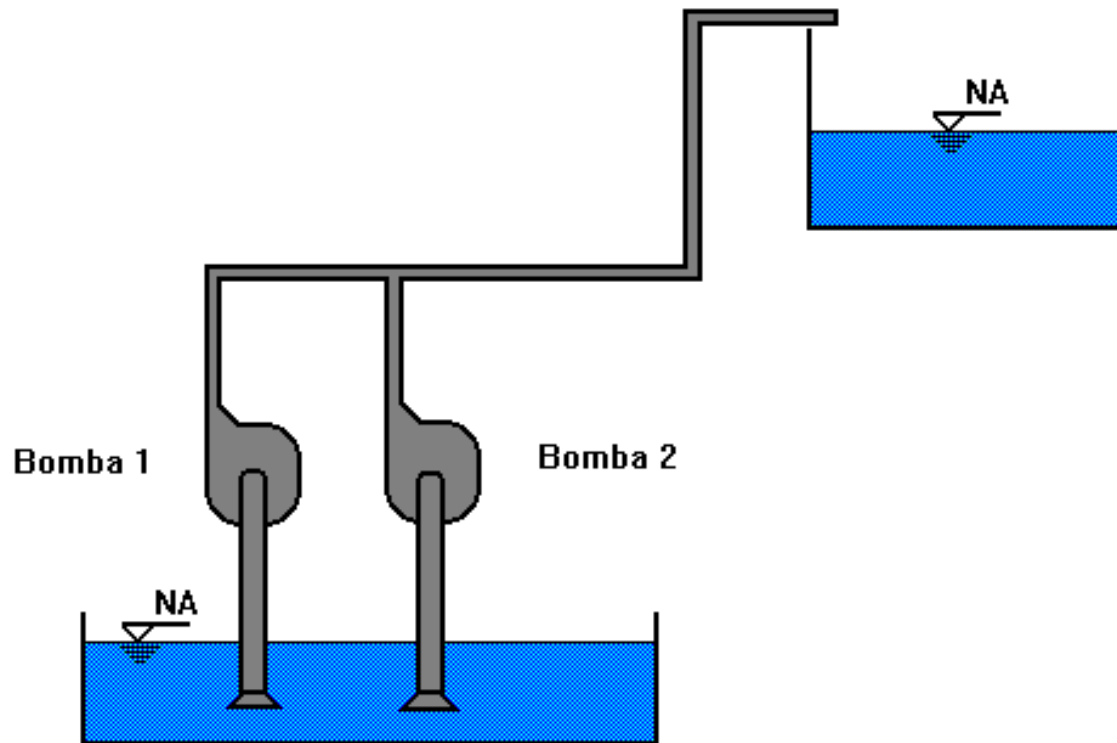
Potência exigida pela bomba (Pot)	Folga recomendável (%)
até 2,0 cv	50
2,0 a 5,0 cv	30
5,0 a 10,0 cv	20
10,0 a 20,0 cv	15
acima de 20,0 cv	10

POTÊNCIAS COMERCIAIS DOS MOTORES ELÉTRICOS NACIONAIS (em cv)

- Os motores elétricos brasileiros são normalmente fabricados com as seguintes potências:

1/4	3	20	60
1/3	5	25	100
1/2	6	30	125
3/4	7 1/2	35	150
1	10	40	200
1 1/2	12	45	250
2	15	50	300

BOMBAS EM PARALELO

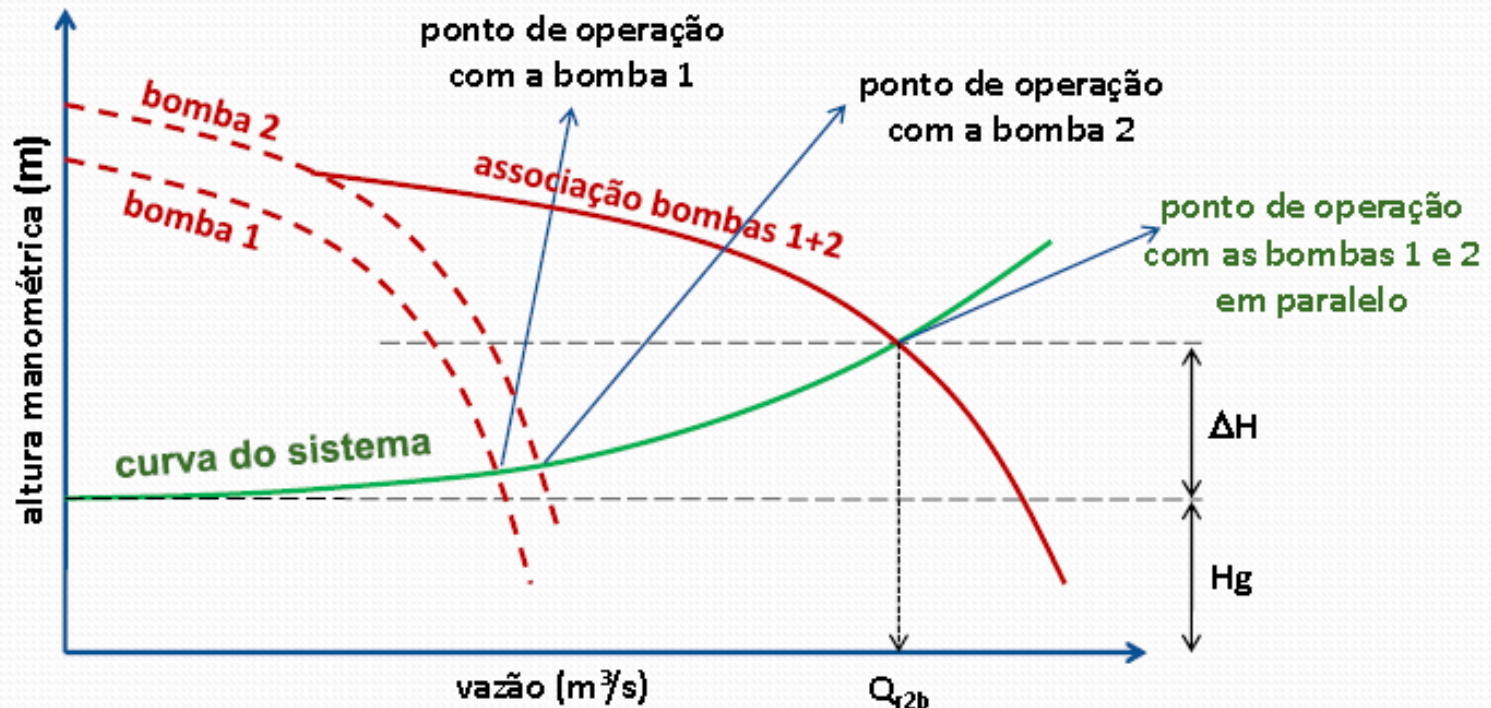


BOMBAS EM PARALELO

- Usada em sistemas de distribuição de água em cidades e em indústrias;
- Obtenção da curva característica das bombas associadas → somar vazões para uma mesma altura manométrica;
- Ponto de trabalho → interseção entre a curva característica da associação e a curva característica da tubulação;
- Se prestam melhor a associação em paralelo: bombas com curvas características mais inclinadas e ou tubulações com curvas características mais achatadas.

BOMBAS EM PARALELO

as vazões das curvas das bombas são somadas

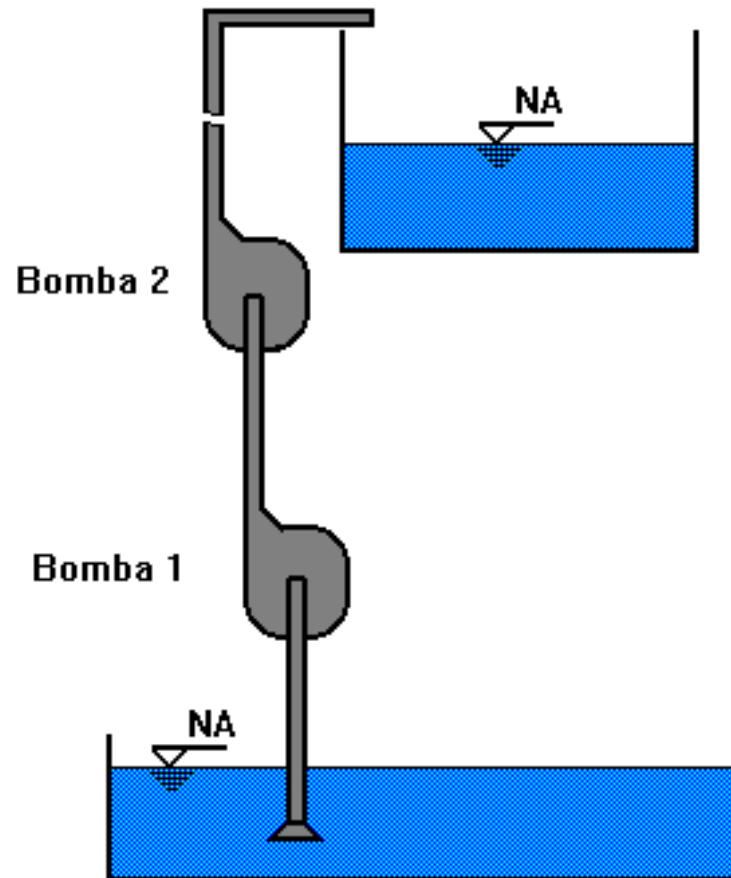


o novo ponto de operação **não** corresponde à soma das vazões que ocorreriam com cada bomba operando individualmente → aumenta a perda de carga e a altura manométrica!

BOMBAS EM PARALELO - CONCLUSÕES

- a) Se Q_1 e Q_2 são as vazões obtidas pelo funcionamento isolado de cada bomba e Q_3 a vazão da associação:
 $Q_1 + Q_2 > Q_3$;
- b) A vazão de cada bomba, funcionando em paralelo, é obtida projetando-se horizontalmente o ponto P_3 até encontrar a curva característica de cada bomba;
- c) Se a curva da tubulação for muito inclinada poderá haver superaquecimento de alguma bomba.

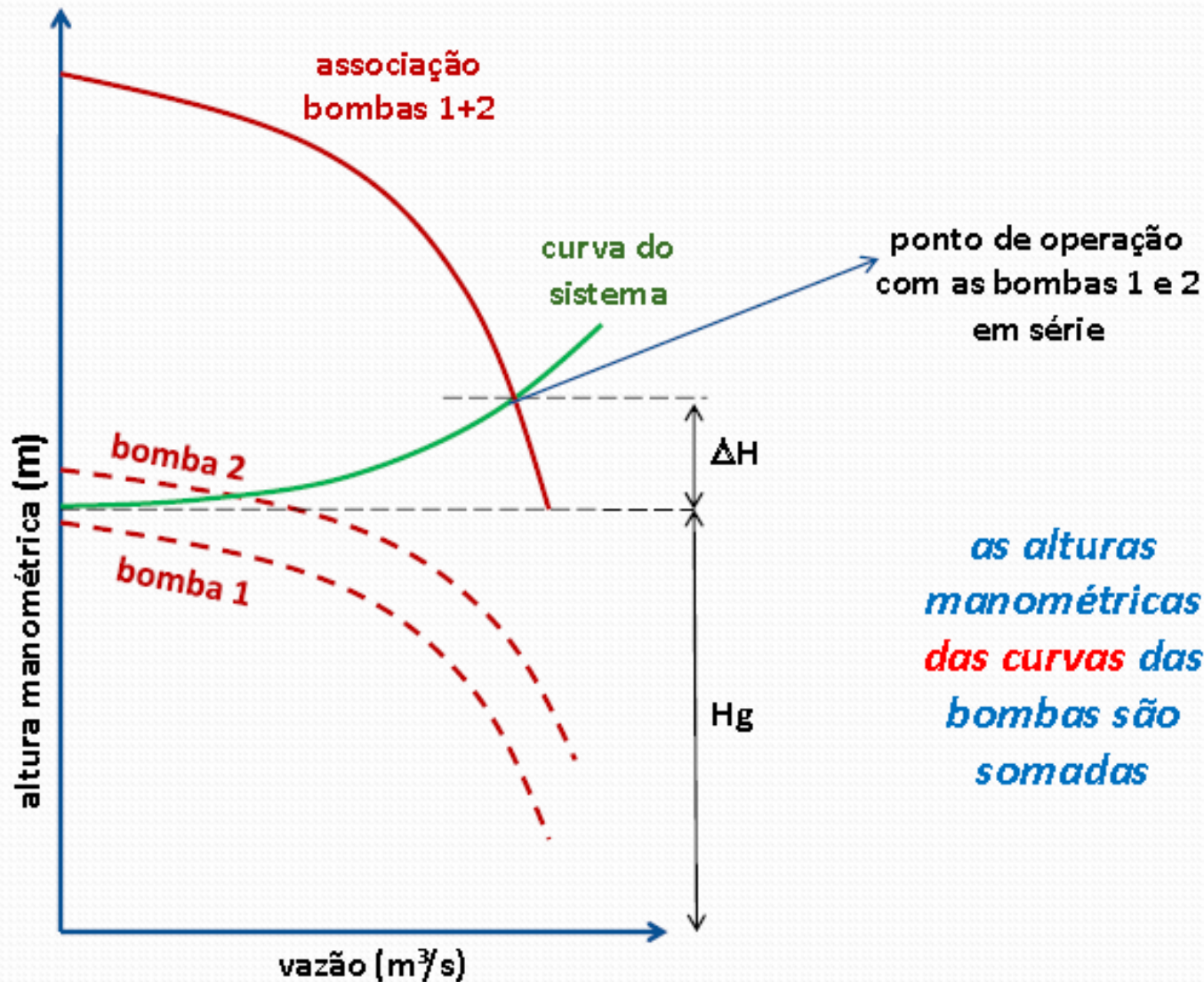
BOMBAS EM SÉRIE



BOMBAS EM SÉRIE

- Bombas de múltiplos estágios → rotores associados em série;
- Obtenção da curva de bombas associadas em série → soma das alturas manométricas, para uma mesma vazão;
- Se prestam melhor a associação em série: bombas com curvas características mais achatadas e ou curvas características mais inclinadas.

BOMBAS EM SÉRIE



BOMBAS EM SÉRIE - CONCLUSÕES

- a) Se Hm_1 e Hm_2 são as alturas manométricas obtidas pelo funcionamento isolado de cada bomba e Hm a vazão da associação: $Hm_1 + Hm_2 > Hm$;
- b) A altura manométrica de cada bomba, funcionando em série, é obtida projetando-se verticalmente o ponto P_3 até encontrar a curva característica de cada bomba;

PROJETO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Número de bombas:

- Pequena elevatória: 2 bombas (1 + 1 reserva)
- Média elevatória: 3 bombas (2 + 1 reserva)
- Grande elevatória: várias bombas

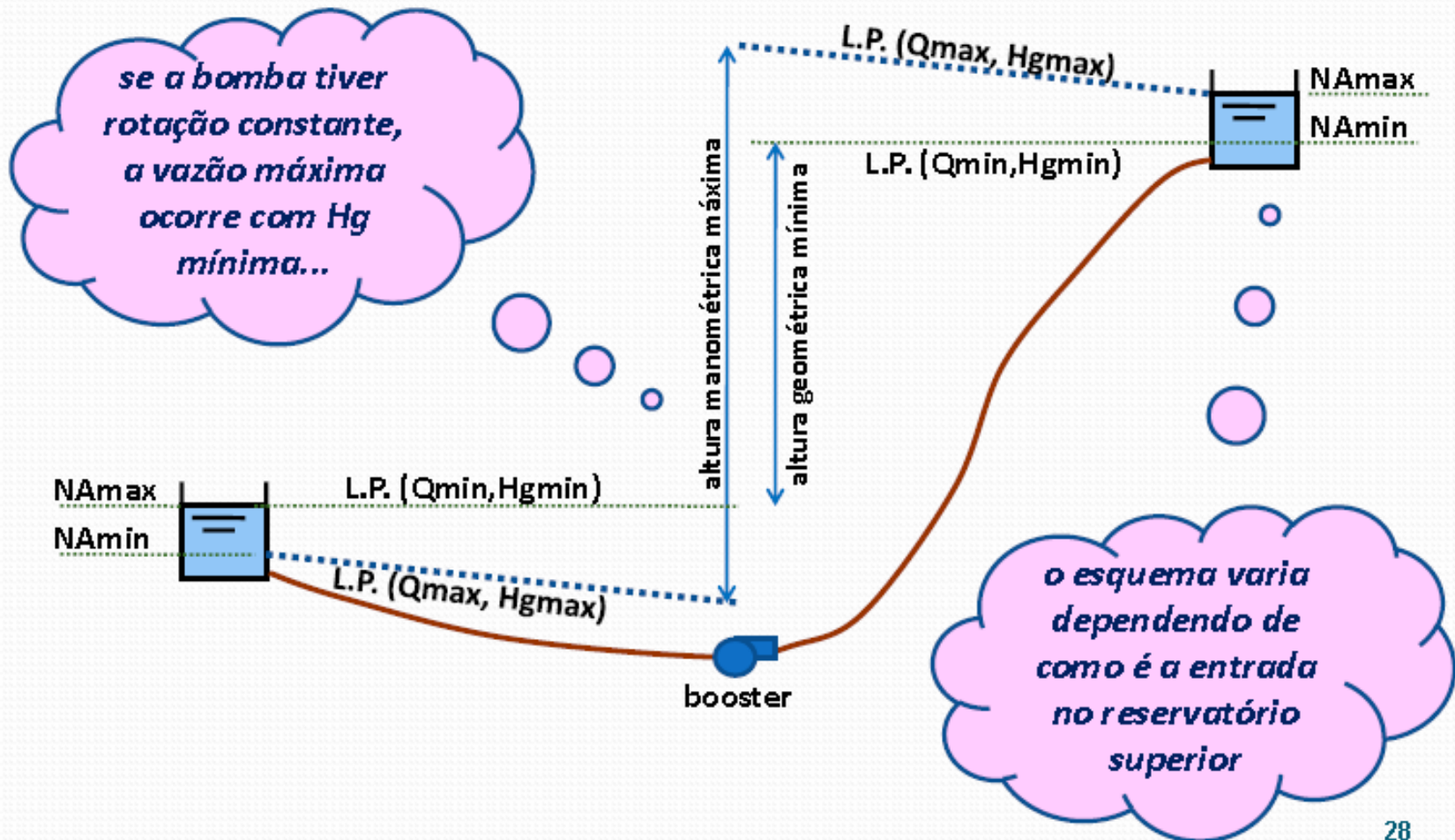
Localização:

- Próxima ou no meio do manancial (captação, **água bruta**)
- Junto ou próximas às ETA's (**água tratada**)
- Junto ou próximas aos reservatórios de distribuição

Escolha: energia, custo do terreno, topografia, acesso, características do solo, traçado da adutora, etc.

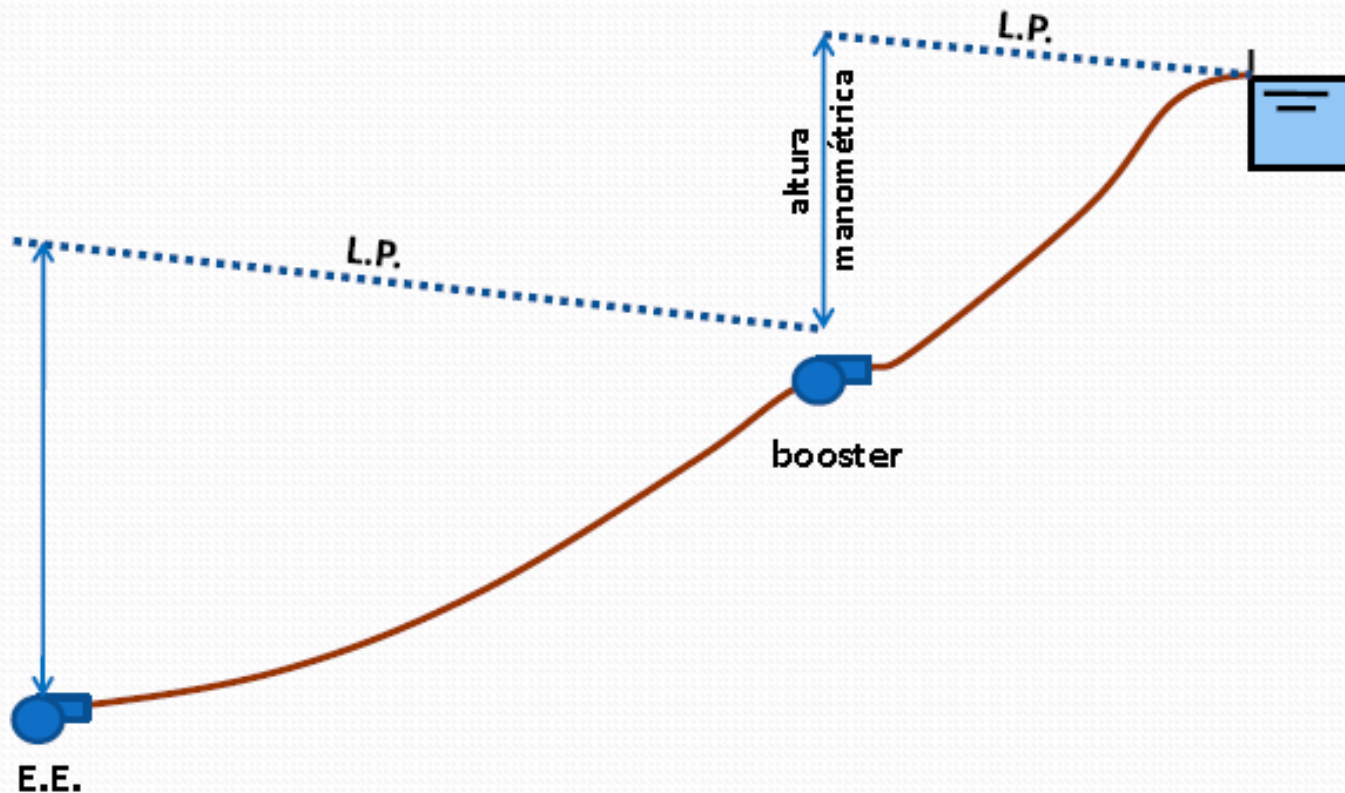
ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS - BOOSTER

Booster para recalque de água entre dois reservatórios



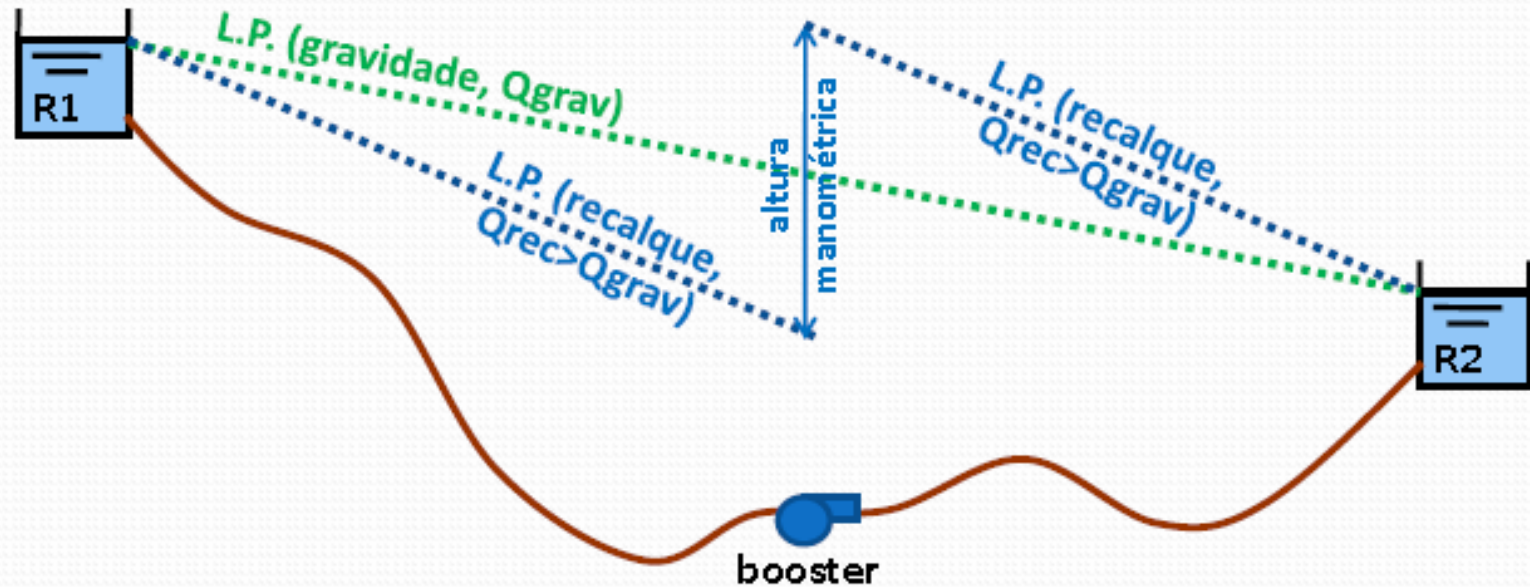
ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS - BOOSTER

Booster para reforço no bombeamento (em série)



ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS - BOOSTER

Booster para aumentar a vazão de adução



ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS - BOOSTER



Booster com variador hidrocínético instalado na Conceição, RMSP.



Booster com inversor de frequência instalado no Portal D'Oeste, RMSP



Instalações do booster Vitápolis com inversor de frequência, RMSP



Instalações do booster Munhoz Junior no passeio, RMSP

32

POÇO DE SUCÇÃO

Deve ser projetado com forma e dimensões para:

- Considerar sua disposição física em relação às outras unidades da estação (espaçamento entre motores, bombas e tubulações suficientes para se trabalhar e dar manutenção com folgas).
- Permitir a operação adequada das bombas.
- impedir a formação de vórtices superficiais e subsuperficiais e o arraste de ar (submergência adequada, cones, placas, grades, geometria do poço etc).

TUBULAÇÃO DE SUÇÃO

Velocidade máxima de sucção

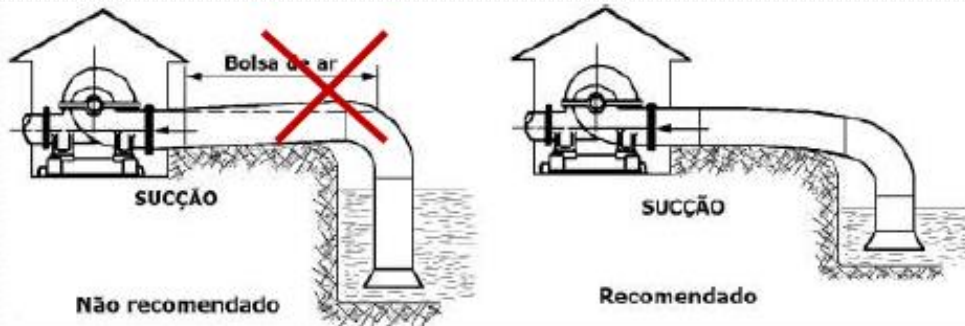
Diâmetro nominal (DN)	Velocidade (m/s)
50	0,70
75	0,80
100	0,90
150	1,00
200	1,10
250	1,20
300	1,40
≥ 400	1,50

Nota: Para bombas afogadas, as velocidades podem ser excedidas, desde que devidamente justificado.

Velocidade mínima de sucção

Tipo de material transportado	Velocidade (m/s)
Matéria orgânica	0,30
Suspensões siltosas	0,30
Suspensões arenosas	0,45

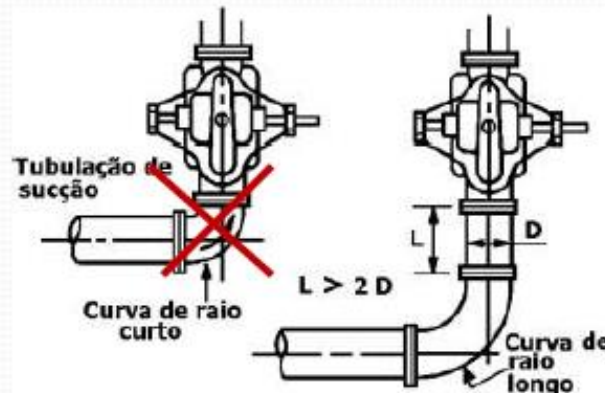
TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO



ascendente

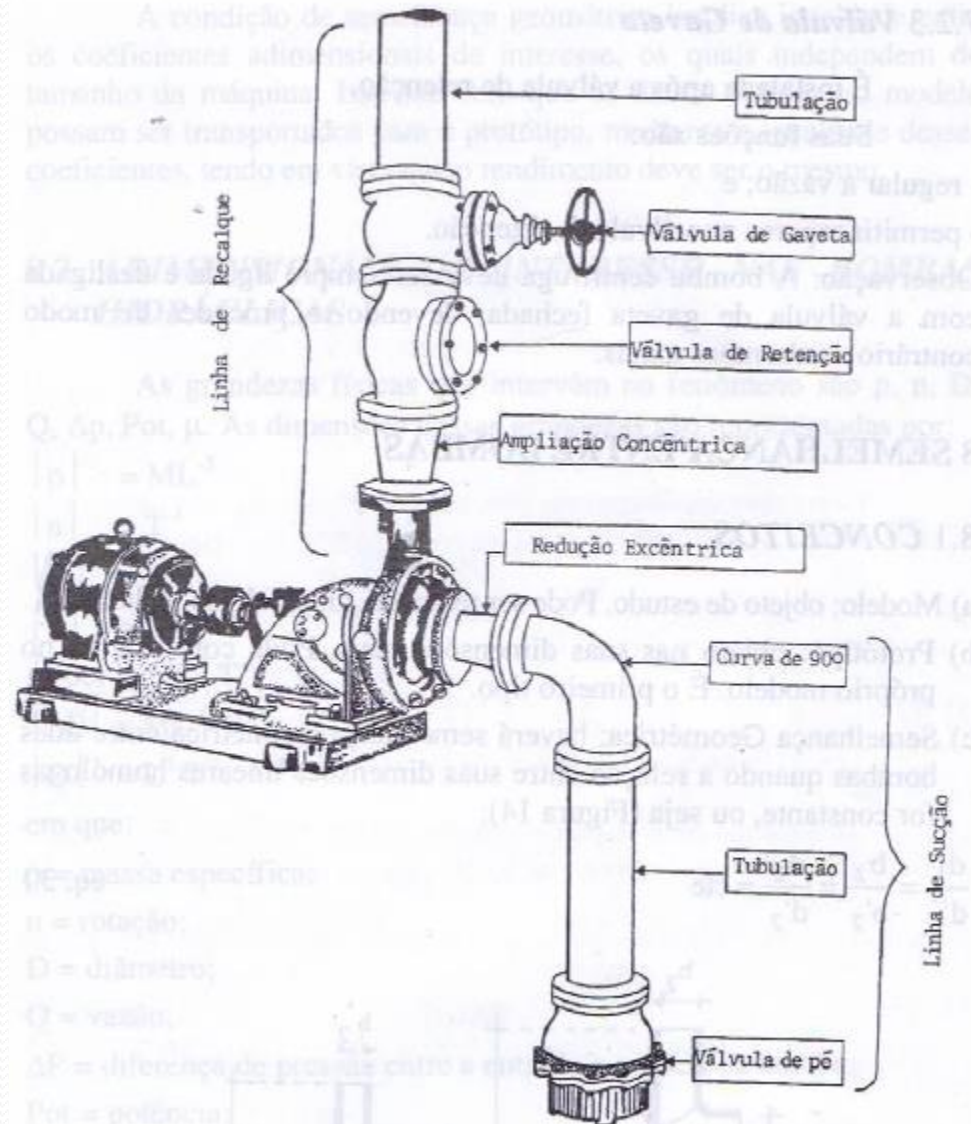


*uso de
redução
excêntrica*



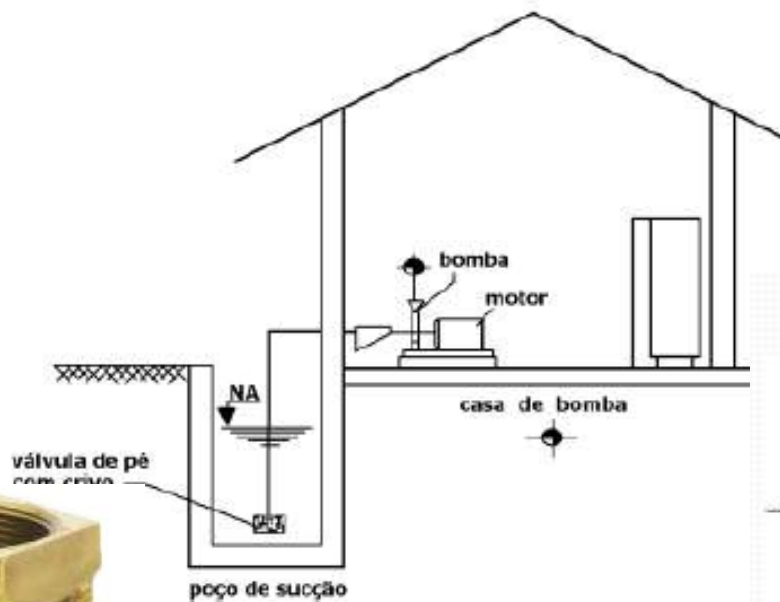
*curva de
raio longo
e trecho de
tubulação*

INSTALAÇÃO DE BOMBAMENTO TÍPICA

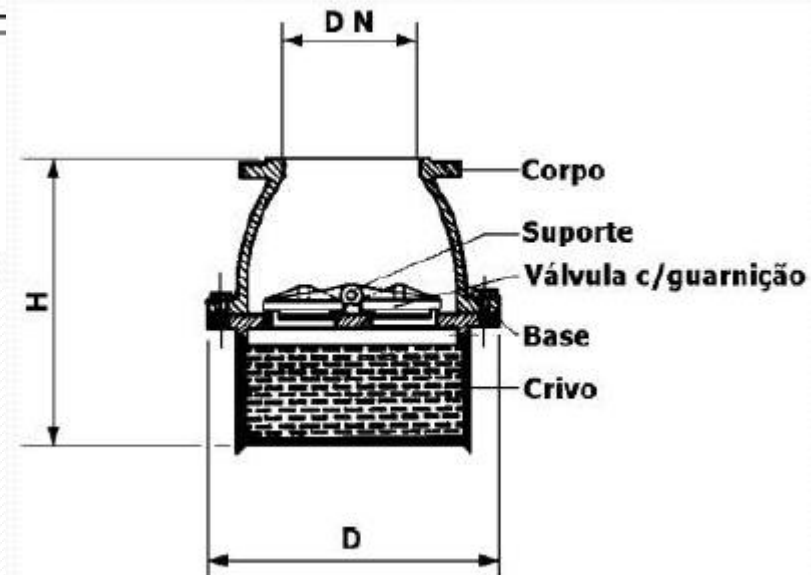


ACESSÓRIOS: VÁLVULA DE PÉ E CRIVO

Localização da válvula de pé na tubulação de sucção

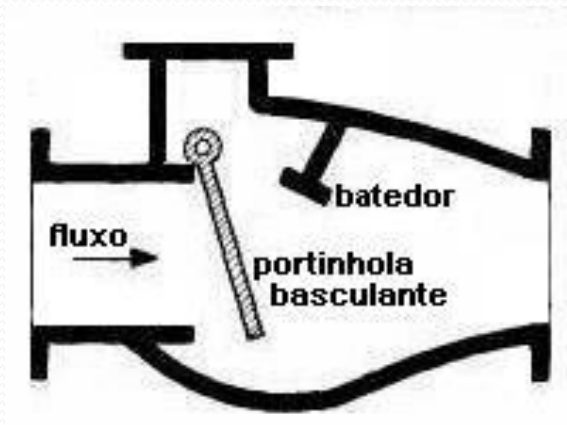


Válvula de pé com crivo



Válvula de pé com crivo

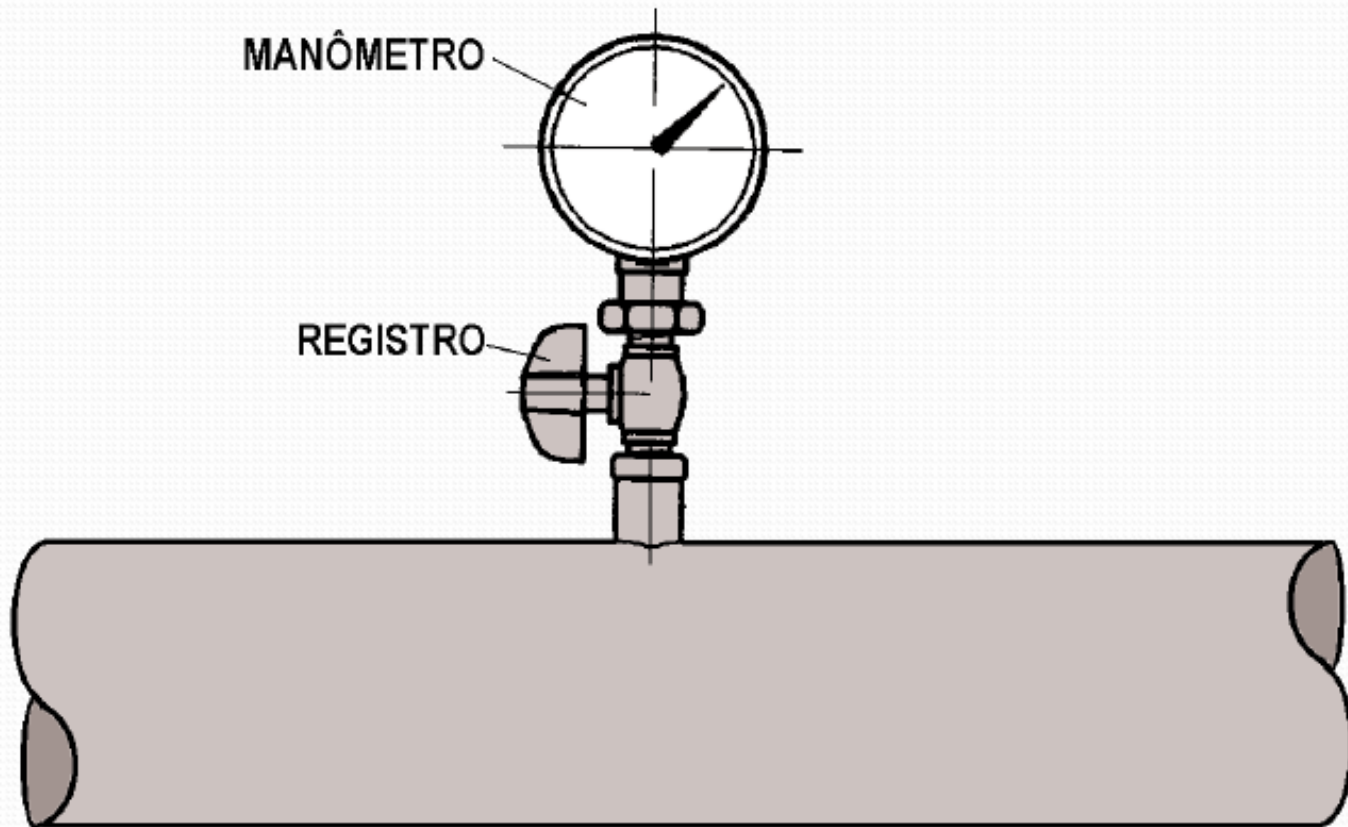
ACESSÓRIOS: VÁLVULAS DE RETENÇÃO



ACESSÓRIOS: REGISTRO DE GAVETA



ACESSÓRIOS: MANÔMETROS



REFERÊNCIAS

ALEN SOBRINHO, P.; CONTRERA, R.C. **Estações Elevatórias**. Apresentação da disciplina Saneamento II. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Acesso em: 09/04/2016.