

Determinação de uma bomba centrífuga

A escolha de uma bomba centrífuga deve ser efetuada em função das características reais do sistema em que está instalada.

Os dados necessários para o dimensionamento correto são:

Caudal Q

Quantidade de líquido distribuída pela bomba na unidade de tempo, normalmente expressa em m³/h.

Altura manométrica total em Hmt

Entende-se como a soma entre a altura geodésica (ou geométrica) existente entre os níveis do líquido e as perdas de carga por atritos internos que se criam à passagem do líquido nas tubagens, na bomba e respetivos acessórios hidráulicos.

A expressão que o identifica é a seguinte:

$$Hmt = H_g + \Delta pc \text{ m. coluna líquido}$$

H_g= desnível geodésicos na sucção (H_{ga}) + desnível geodésico na saída (H_{gp}).

Δpc= soma das perdas de carga no sistema obtida com base nos seguintes elementos:

- Diâmetro, comprimento e material que constitui as tubagens de sucção e premente (veja a tabela n.º 1 e 1.1)
- Quantidade e tipo de curvas ao longo do percurso e acessórios hidráulicos como as válvulas de pé com copo de sucção, válvulas de comporta de corte, válvulas de retenção, eventuais filtros (veja a tabela n.º 2).
- Viscosidade e peso específico do líquido.

Deve ser dada especial atenção à altura manométrica de sucção H_{ga} + Δpc asp, para ser comparada com a capacidade de sucção da bomba.

Esta capacidade de sucção ou NPSHr é definida como a altura de carga líquida absoluta necessária à sucção, cujo valor é fornecido por uma curva em função do caudal.

Para esse efeito, uma vez escolhida a bomba em função do caudal e altura manométrica solicitada, eventualmente no centro da curva, deve ser verificada a fórmula simplificada:

$$12 \text{ m} \pm H_g - \Delta pc \text{ asp} - tv \text{ NPSH solicitado} + 0,5 \text{ m (a)}$$

H_{ga} = desnível entre a superfície livre da água e o veio da bomba, com sinal negativo se a bomba estiver acima da superfície livre;

Δpc asp = é a soma das perdas na sucção distribuídas (tubagem) e concentradas (válvulas, cotovelos etc.)

tv é a tensão de vapor do líquido (depende da temperatura, veja o gráfico seguinte para a água).

NOTA

No caso dos circuitos fechados (circuladores), a fórmula (a) passa a ser:

$$12 \text{ m} + H_g - tv > \text{NPSH solicitado} + 0,5 \text{ m}$$

onde H_g é agora a altura manométrica de sucção.

DADOS CARATERÍSTICOS DAS BOMBAS

Uma vez estabelecidos os valores de caudal Q e da altura manométrica total Hmt do sistema, para determinar a potência absorvida N da bomba aplica-se a seguinte fórmula:

$$N = \frac{Q \times H \times \gamma}{367 \times \eta_p} \text{ in Kw}$$

onde tem:

Q = Caudal expresso em m³/h.

H = Altura manométrica em m.

γ = Peso específico do líquido (para água = 1 kg/dm³)

η_p = Rendimento da bomba (Ex.: rendimento bomba 68% η_p = 0,68)

As bombas, sendo normalmente acopladas a motores elétricos, funcionam a 2900 rpm com um motor de 2 polos de 50 Hz, ou a uma velocidade de 1450 rpm com um motor de 4 polos de 50 Hz.

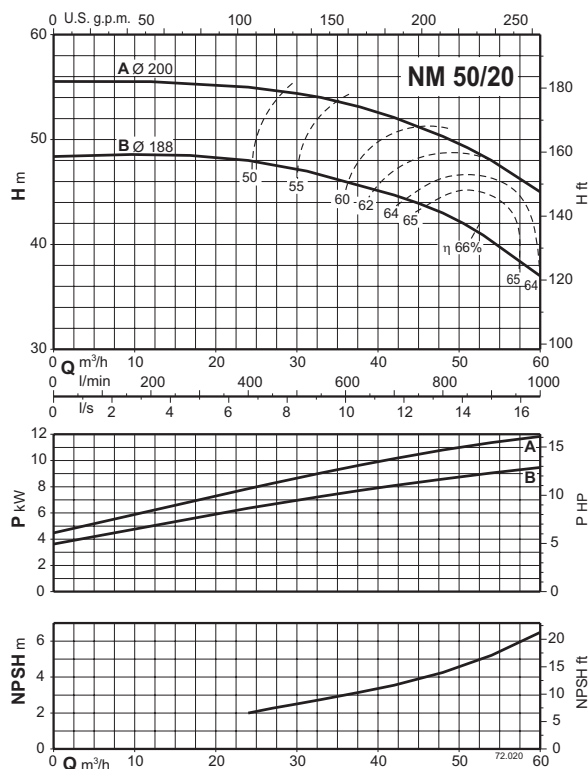
No entanto, podem funcionar a qualquer outra velocidade, desde que dentro dos limites de conceção.

Assim sendo, à medida que o número de rotações varia, o desempenho das bombas varia consoante as seguintes regras:

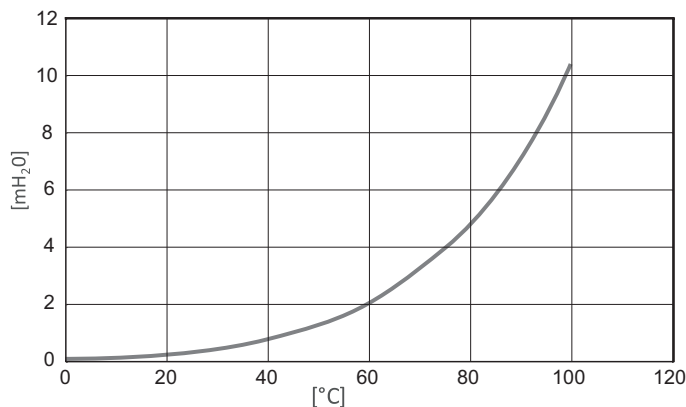
$$Q_2 = Q_1 \times \frac{n_2}{n_1} \quad \text{Caudal: proporcionalmente à relação do número de rotações}$$

$$H_2 = H_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad \text{Altura manométrica, proporcionalmente ao quadrado do número de rotações}$$

$$N_2 = N_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \quad \text{Potência absorvida, proporcionalmente ao cubo da relação do número de rotações}$$



Tensão Vapor H2O



Determinação de uma bomba centrífuga

Exemplo de cálculo para a determinação de uma bomba centrífuga

Estojo A

- Q (caudal)= 42 m³/h
- Hga (diferença de altura geodésica na sucção) = 3,5 m
- Hgp (diferença de altura geodésica na saída) = 39 m
- Tubagem de sucção de 5 m com diâmetro DN 100 mm completa com 1 curva e 1 válvula de pé
- Tubagem de pressão de 70 m com diâmetro DN 80 mm com 1 válvula de retenção, 1 válvula de guilhotina e 3 curvas de grande raio.

Hg = Hgp + Hga = 39 + 3,5 = 42,5 m de diferença da altura geodésica do sistema.

Δpc = soma das perdas de carga.

Sucção

7 m de tubagem com Ø 100	pc = 0,12 m.
3 Curvas	pc = 0,045 m.
3 Válvula de pé	pc = 0,46 m.

Saída

72 m de tubagem com Ø 80	pc = 5,25 m.
3 Válvula de retenção	pc = 0,5 m.
3 Válvula de comporta	pc = 0,05 m.
5 Curvas	pc = 0,09 m.

Total **Δpc = 6,5 m.**

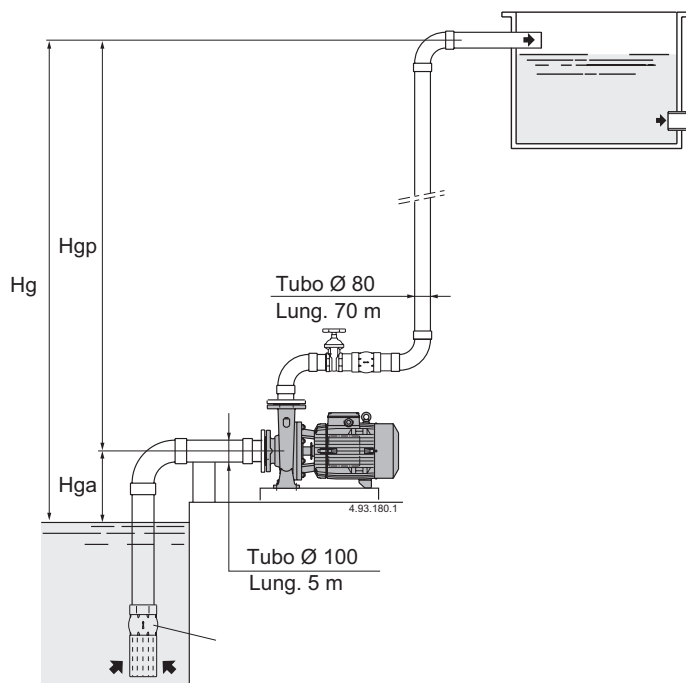
Considerando que o cálculo foi feito em tubagens novas, deve ser feito um acréscimo de 15/20% para o envelhecimento e incrustações, pelo que as perdas totais Δp ascendem a cerca de 8 metros.

A altura manométrica total que a bomba deve ser capaz de satisfazer é, portanto:

$$H_{mt} = H_g + \Delta p = H_{gp} + H_{ga} + \Delta p = 39 + 3,5 + 8 = 50,5 \text{ metros totais.}$$

Pode-se escolher a bomba NM 50/20AE (veja o esquema da bomba).

Funcionamento em sucção



Estojo B

- Q (caudal)= 42 m³/h
- Hga (diferença de altura geodésica na sucção) = 3,5 m
- Hgp (diferença de altura geodésica na saída) = 39 m
- Tubagem de sucção de 5 m com diâmetro DN 100 mm completa com 1 válvula de guilhotina e 1 válvula de retenção
- Tubagem de pressão de 70 m com diâmetro DN 80 mm com 1 válvula de retenção, 1 válvula de guilhotina e 3 curvas de grande raio.

Hg = Hgp + Hga = 39 - 3,5 = 35,5 m de diferença da altura geodésica do sistema.

Δpc = soma das perdas de carga.

Sucção

7 m de tubagem com Ø 100	pc = 0,12 m.
3 Válvula de retenção	pc = 0,05 m.
3 Válvula de comporta	pc = 0,05 m.

Saída

72 m de tubagem com Ø 80	pc = 5,25 m.
3 Válvula de retenção	pc = 0,5 m.
3 Válvula de comporta	pc = 0,05 m.
5 Curvas	pc = 0,09 m.

Total **Δpc = 6,5 m.**

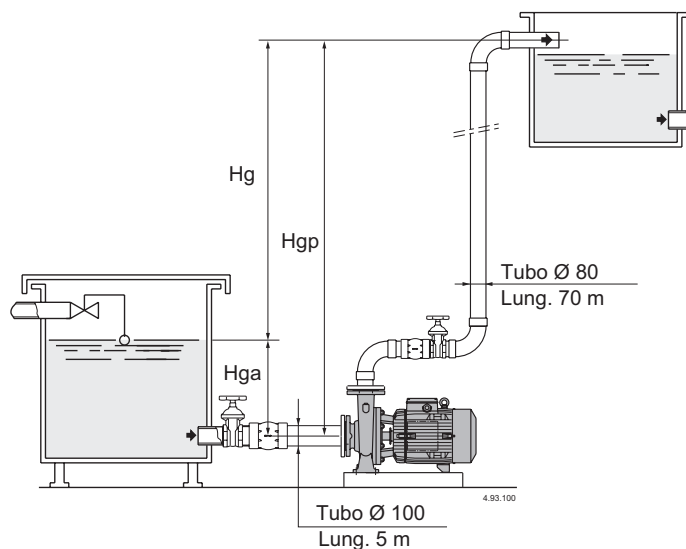
Considerando que o cálculo foi feito em tubagens novas, deve ser feito um acréscimo de 15/20% para o envelhecimento e incrustações, pelo que as perdas totais Δp ascendem a cerca de 8 metros.

A altura manométrica total que a bomba deve ser capaz de satisfazer é, portanto:

$$H_{mt} = H_g + \Delta p = H_{gp} - H_{ga} + \Delta p = 39 - 3,5 + 8 = 43,5 \text{ metros totais.}$$

Pode-se escolher a bomba NM 50/20AE (veja o esquema da bomba).

Funcionamento sob cabeça de sucção positiva



Determinação de uma bomba centrífuga

ACESSÓRIOS FORNECIDOS PARA O SISTEMA DE ÁGUA

Válvula de pé com filtro coador - Dispositivo de vedação montado na extremidade inferior da tubagem de sucção. Evita a saída da água da tubagem e da bomba sempre a cada paragem do sistema. Deve estar submersa no líquido e a uma profundidade de instalação que garanta o funcionamento perfeito e evite possíveis fenómenos de cavitação. É uma boa prática preparar a instalação também de uma boia para a paragem automática da bomba quando a água abaixa além de um nível pré-estabelecido.

Válvula de retenção - Deve ser colocada à boca da bomba para evitar o refluxo em caso de paragem imprevista da unidade. Os tipos equipados com mola de retorno interna e com obturador de ogiva são preferíveis porque contribuem para atenuar o fenómeno do golpe de ariete.

Válvula de comporta - Deve ser prevista a montagem de uma válvula de comporta. Além de permitir a desmontagem da bomba sem esvaziar o sistema, serve para o arranque da unidade e para a regulação do caudal.

TUBAGENS

As tubagens devem ser escolhidas em função da velocidade da água que é recomendada em 1,5 metros por segundo na sucção e 3 metros por segundo na saída. Deve ser dada muita atenção ao dimensionamento da tubagem de sucção para evitar ao máximo as perdas de carga e assim garantir a máxima capacidade de sucção da bomba. Esta tubagem deve ser perfeitamente estanque e não apresentar contrainclinações para a boca da bomba, para evitar a formação ou a estagnação de bolhas e bolsas de ar. Todas as tubagens devem estar sempre ancoradas por conta própria para não sobrecarregar com o seu peso nas bocas da bomba.

Interrupções nas bombas

INCONVENIENTES	CAUSAS PROVÁVEIS
Bomba bloqueada	Pode ocorrer após determinados períodos de inatividade devido à oxidação interna.
	Proceda portanto ao desbloqueio, que nas eletrobombas monobloco pequenas pode ser feito com uma chave de fendas, atuando na fenda apropriada encontrada na parte traseira do eixo.
	Para as unidades maiores, atua-se no veio ou na junta elástica.
Bomba que não se ferra	Bomba e tubagem de sucção com presença de ar.
	Ferrar incompleto ou totalmente não ferrada.
	Possível entrada de ar pelas torneiras, tampões de descarga ou de ferrar, juntas de vedação e empanque.
	A válvula de pé não está perfeitamente imersa no líquido ou a própria válvula está obstruída com lama ou detritos.
	Altura de sucção excessiva em comparação com a capacidade da própria bomba.
Caudal insuficiente	Sentido de rotação errado
	Número de rotações errado.
	Tubagens e acessórios com diâmetro demasiado pequeno que provocam perdas de carga excessivas.
	Impulsor obstruído com presença de corpos estranhos entre os canais internos.
	Impulsor corroído ou partido.
Ruído e vibrações na bomba	Calços do impulsor e corpo da bomba desgastados por abrasão.
	Presença de gás na água ou viscosidade excessiva do líquido se for de natureza diferente da água.
	Peça rotativa desequilibrada, rolamentos desgastados
	Bomba e tubagens não fixadas firmemente
	Caudal demasiado reduzido para o tipo de bomba escolhido
Motor sobrecarregado	Funcionamento em cavitação
	Caraterísticas da bomba exuberantes em comparação com as do sistema.
	Peças fixas e peças rotativas que roçam entre si e tendem a gripar por falta de lubrificação.
	Velocidade de rotação demasiado alta.
	Tensão de alimentação errada.
	Alinhamento incorreto da unidade.
	Líquido demasiado pesado e superior ao concebido.

Escolha da unidade de fonte de alimentação

Necessidade de água

O sistema público de distribuição de água é normalmente capaz de abastecer as várias utilizações a ele ligadas com pressão e caudal suficientes.

Nos casos em que a rede de distribuição de água seja inexistente ou insuficiente para um funcionamento correto das utilizações, é necessário instalar uma unidade de pressurização para garantir uma pressão e uma quantidade de água aceitável mesmo nos pontos de utilização mais desfavorecidos.

A unidade de alimentação deve ser dimensionada em função da quantidade de água e a pressão solicitada.

Edifícios residenciais

Os principais elementos para o cálculo das necessidades são:

- o número de utilizações
- O consumo para cada tipo de utilização (tab. 1)
- o fator de contemporaneidade Fc.

Consumo máximo das utilizações

Utilização	Caudal l/min
Pia	10
Lavatório	10
Banheira/banheira de hidromassagem	18
Chuveiro	12
Sanita com caixa de autoclismo	7
Wc de passo rápido	90
Bidé	6
Máquina de lavar roupa	12
Banca de cozinha	12
Máquina de lavar louça	8
Tomada com torneira de 1/2"	20
Tomada com torneira de 3/4"	25

A necessidade teórica máxima é dada pela soma dos caudais das utilizações de um apartamento vezes o número de apartamentos.

Na prática verifica-se que apenas uma parte das utilizações é utilizada ao mesmo tempo.

O fator de contemporaneidade (Fc) permite definir o caudal máximo efetivo que pode ser solicitado pelas utilizações.

Referimos de seguida as fórmulas de cálculo do fator Fc, expresso em função do número total de utilizações Ut (utilizações de 1 apartamento pelo número de apartamentos).

$$F_c = \frac{1}{\sqrt{0,85 \times U_t}}$$

Apartamentos com 1 casa de banho, sanita com caixa de autoclismo

$$F_c = \frac{1}{\sqrt{0,7 \times U_t}}$$

Apartamentos com 1 casa de banho, sanita de descarga rápida

$$F_c = \frac{1}{\sqrt{1,1 \times U_t}}$$

Apartamentos com 2 casas de banho, sanita com caixa de autoclismo

$$F_c = \frac{1}{\sqrt{0,83 \times U_t}}$$

Apartamentos com 2 casas de banho, sanita de descarga rápida

O diagrama A fornece os valores do caudal efetivo, em função do número de apartamentos, considerando 7 utilizações no caso de apartamentos com uma casa de banho e 10 utilizações no caso de apartamentos com 2 casas de banho.

Edifícios não residenciais

Para o cálculo das necessidades, tomemos em consideração os seguintes edifícios:

- Gabinetes
- Centros comerciais
- Instalações hospitalares
- Hóteis

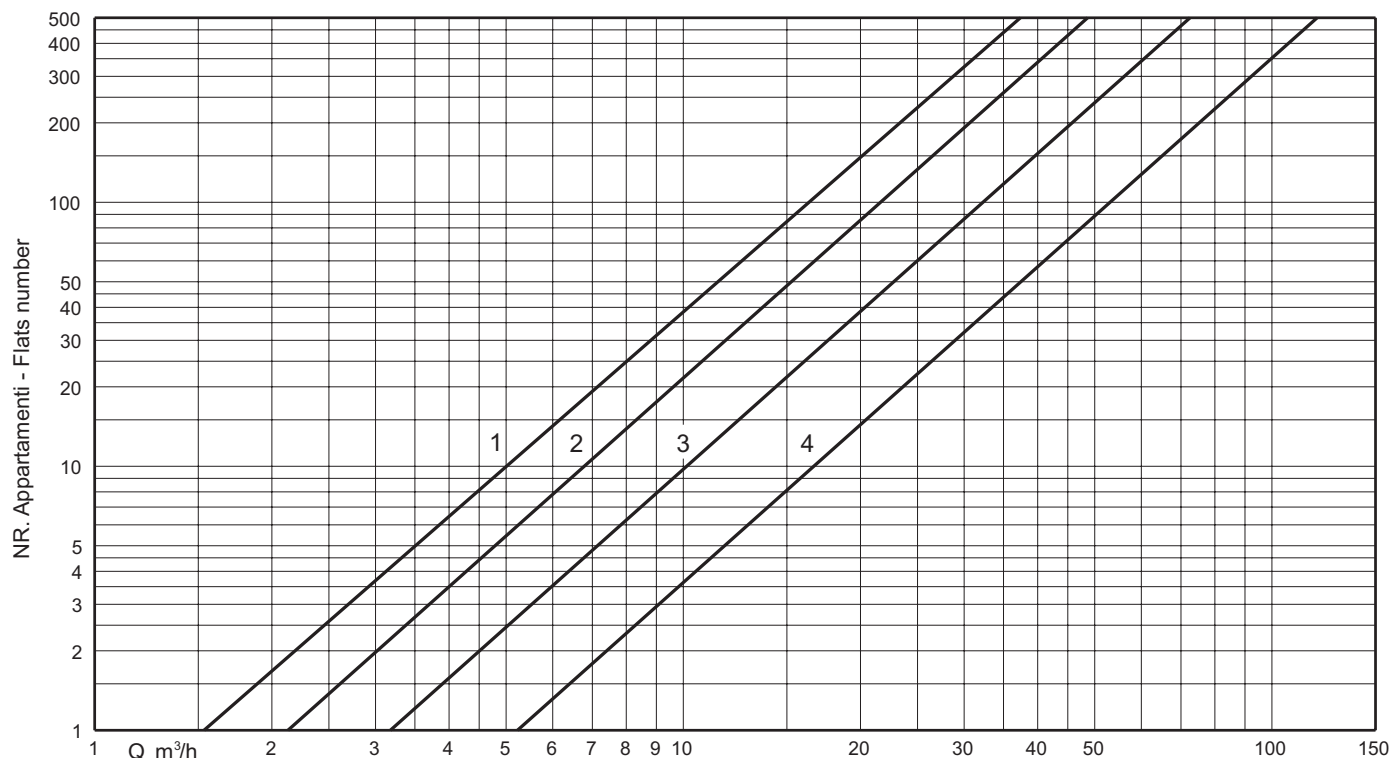
Estas estruturas requerem maiores quantidades de água do que as habitações de utilização civil.

O diagrama B fornece os valores do caudal efetivo para os principais tipos de estrutura, considerados em função do número de pessoas presentes nesses edifícios.

Os valores são indicativos e podem variar em função das solicitações específicas do projeto.

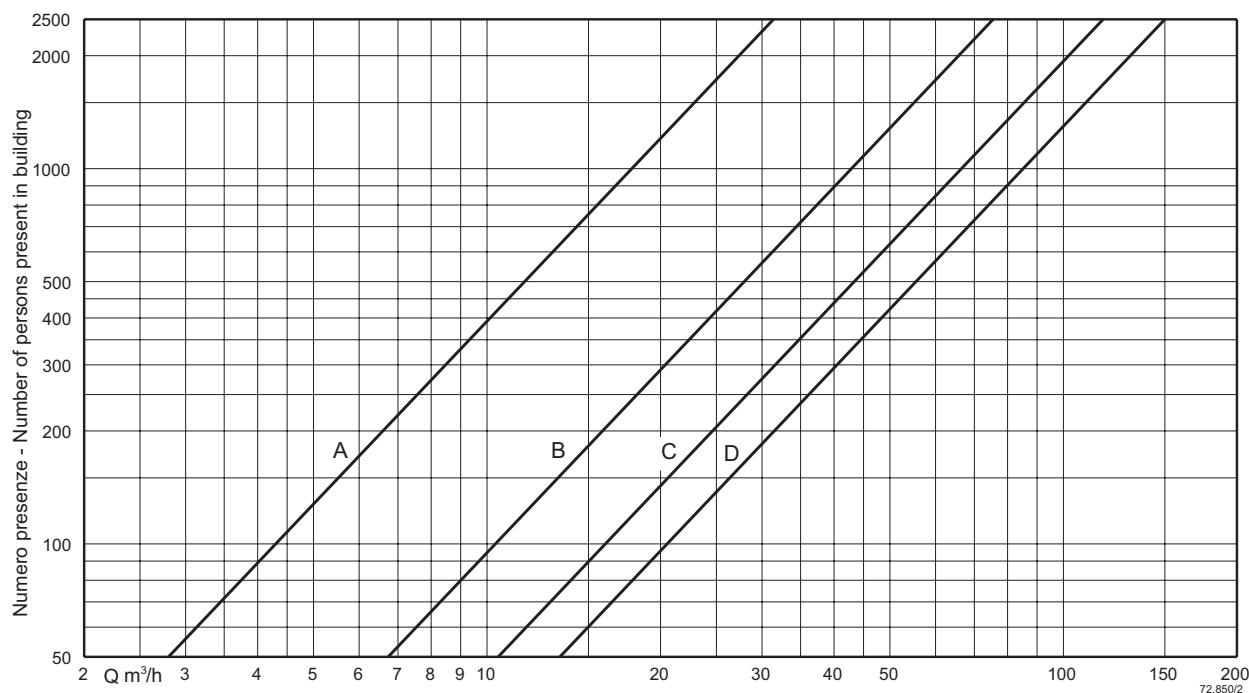
Escolha da unidade de fonte de alimentação

Diagrama A: consumo para edifícios residenciais



- 3 Apartamentos com 1 casa de banho, sanita com caixa de autoclismo
 4 Apartamentos com 2 casas de banho, sanita com caixa de autoclismo
 5 Apartamentos com 1 casa de banho, sanita de descarga rápida
 6 Apartamentos com 2 casas de banho, sanita de descarga rápida

Diagrama B: consumo para edifícios não residenciais



- A Gabinetes
 B Centros comerciais
 C Instalações hospitalares
 D Hotéis

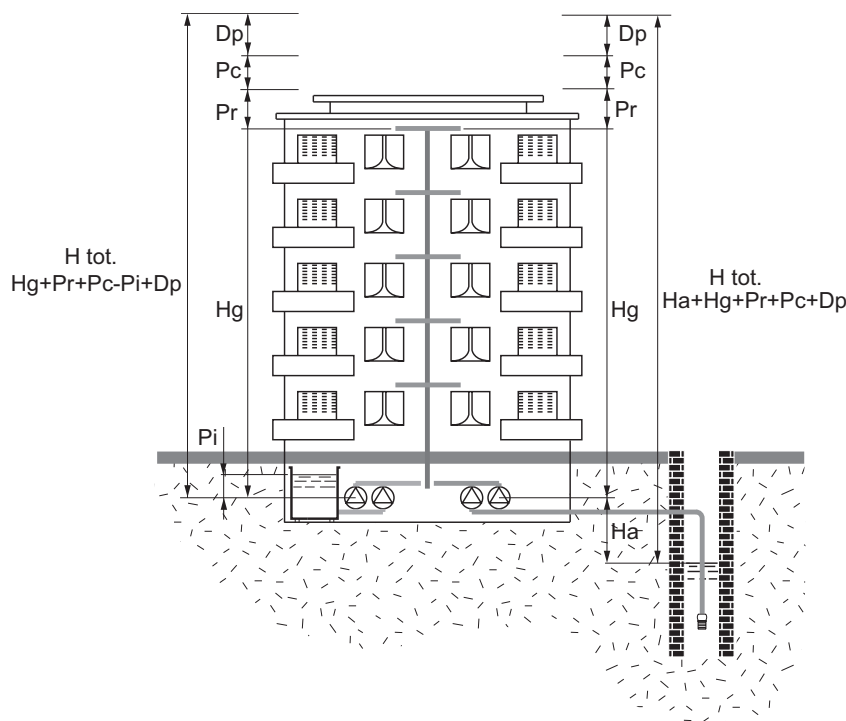
Escolha da unidade de fonte de alimentação

Altura manométrica da unidade

A pressão nas utilizações necessária ao funcionamento correto dos equipamentos (eletrodomésticos) não deve ser inferior a 1,5 bares e não superior a 4-5 bares. Quando a pressão é insuficiente ao ponto de comprometer o funcionamento do equipamento, é necessária a instalação de uma unidade de pressurização para garantir a pressão adequada mesmo para as utilizações mais desfavorecidas.

Os elementos a considerar para o cálculo da pressão são:

- **H_g** altura geodésica entre a unidade de pressurização e a utilização mais alta.
- **H_a** altura de sucção.
- **P_i** pressão inicial (ou cabeça de sucção positiva).
- **P_r** pressão residual mínima na utilização mais elevada (normalmente 1,5 bares).
- **P_c** perdas de carga do sistema.
- **Δp** diferença de pressão entre o arranque e a paragem das bombas.



Quando as bombas fazem a sucção a partir de um poço, é aconselhável que o desnível dinâmico (H_a), com as bombas a funcionar, não ultrapasse os 4 m. Uma altura de sucção superior ou um dimensionamento incorreto do tubo de sucção podem causar maus funcionamentos das bombas, como a cavitação e o desferrar.

As bombas são instaladas sob cabeça de sucção positiva quando estão ligadas a um depósito sobrelevado ou a um depósito de recolha primária sob pressão. As bombas estão, assim, com uma pressão inicial na boca de sucção que pode variar de 0,1 bar com sucção de um tanque de recolha até 2-3 bares com sucção de um depósito de recolha primária sob pressão. O valor positivo da pressão inicial P_i no momento da escolha da unidade deve ser considerado como valor a subtrair à altura H_g .

As perdas de carga do sistema (P_c) são dadas pela soma das perdas nas tubagens (incluindo a de sucção) mais as perdas por válvulas de comporta, válvulas antirretorno, purificadores de água, contadores, filtros, curvas etc.

As perdas de carga nas tubagens, devidas ao atrito da água nas paredes dos tubos, podem ser quantificadas em 0,5 m por andar com sistemas novos e 1 m por andar com sistemas antigos.

No caso de edifícios com uma altura superior a 30 m (aproximadamente 10 andares), para evitar que uma pressão superior a 4-5 bares atinja as utilizações mais baixas, devem ser instalados redutores de pressão nos ramais dos andares inferiores ou preparados duas unidades de pressurização: uma para os andares inferiores e outra para os andares superiores.

Escolha da unidade de fonte de alimentação

Depósitos de autoclaves

Os depósitos de autoclaves têm como função acumular uma certa quantidade de água sob pressão, para evitar os arranques contínuos da bomba a cada solicitação de água pelas utilizações.

O dimensionamento do depósito deve ser feito em função do caudal da bomba, da pressão e do número de arranques permitidos pelo motor elétrico.

Nas unidades de bombagem com várias bombas, o dimensionamento do depósito é feito considerando os dados respeitantes a uma só bomba.

• Os depósitos de autoclaves podem ser:

- a) Autoclaves com almofada de ar
- b) Autoclaves de membrana

Autoclaves com almofada de ar

Neste tipo de depósitos de pressão, o ar e a água estão em contacto entre si e por isso há uma diminuição constante da quantidade de ar no interior do depósito devida à mistura com a água.

Portanto, esta aplicação necessita de um sistema automático de entrada de ar (tipo “ARIAMAT” ou através de um compressor ou de uma eletroválvula ligada a uma rede de ar comprimido existente).

As autoclaves com almofada de ar são normalmente fabricadas em chapa de aço e galvanizadas a quente, com pressões nominais de 6 a 12 bares e capacidades de 100 a 5000 litros, completas com válvula de segurança, manómetro e indicador de nível.

Cálculo da autoclave com almofada de ar.

$$V_t = \frac{1,25 \times Q_m \times (P_1 + 10)}{4 \times Z \times (P_1 - P_2)}$$

onde:

V_t = Volume total da autoclave de almofada de ar em m³

Q_m = Caudal médio da bomba em m³/h

P_1 = Pressão máxima de calibração do pressostato (m)

P_2 = Pressão mínima de calibração do pressostato (m)

Z = Número máximo de arranques horários permitidos pelo motor (veja a tabela na página seguinte).

Q_m é a média entre o caudal à pressão de arranque ($Q_{\min}$) e o caudal à pressão de paragem ($Q_{\max}$):

$$Q_m = \frac{Q_{\min} + Q_{\max}}{2}$$

exemplo: Bomba MXV 40-809

$P_1 = 70$ m

$P_2 = 50$ m

$Q_m = 9,45$ m³/h

$Z = 25$ arranques hora

$$V_t = \frac{Q_m}{4 \times Z} \times \frac{1}{1 - \frac{(P_2 - 2)}{P_1}}$$

Do cálculo resulta num depósito de 500 litros.

Autoclaves de membrana

Estes depósitos de pressão estão munidos com uma membrana interna na qual conflui a água bombeada.

No momento da colocação em funcionamento devem ser pré-inflados até uma determinada pressão, dependendo do valor de calibração do pressostato.

Cálculo da autoclave de membrana.

$$V_t = \frac{1,25 \times 9,45 \times (70 + 10)}{4 \times 23 \times (70 - 50)} = 0,514 \text{ m}^3$$

onde:

V_t = Volume total da autoclave de almofada de ar em m³

Q_m = Caudal médio da bomba em m³/h

P_1 = Pressão máxima de calibração do pressostato (m)

P_2 = Pressão mínima de calibração do pressostato (m)

Z = Número máximo de arranques horários permitidos pelo motor (veja a tabela na página seguinte).

exemplo: Bomba MXV 40-809

$P_1 = 70$ m

$P_2 = 50$ m

$Q_m = 9,45$ m³/h

$Z = 25$ arranques hora

$$V_t = \frac{9,45}{4 \times 23} \times \frac{1}{1 - \frac{(50 - 2)}{70}} = 0,327 \text{ m}^3$$

Dever-se-á adotar uma autoclave de membrana de 300 litros.

Dados gerais

Número de arranques/hora permitidos para motores elétricos Calpeda

Potência nominal do motor kW	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	9,2	11	15	18,5	22	30	37	45
Número de arranques/hora máx.Z	59	51	44	38	35	30	25	23	20	18	16	15	14	12	11	10	9	9	8

O número de arranques/hora apresentado na tabela é indicativo.
Os arranques/hora permitidos pela bomba dependem do tipo e estão referidos nas instruções de utilização originais.

Tabela n.º 1: Perdas de carga nos tubos de aço

Tubo	Tubo	Q m3/h	1	3	6	9	12	18	24	30	36	42	48	60	90	120	180	240	300	360	420	500	600
G	Ø mm	Q l/min	16	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8333	10000
G 1/2	DN 15	HL m/100m	29.9																				
		v m/s	1.6																				
G 1/4	DN 200	HL m/100m	7.4	56.3																			
		v m/s	0.9	2.7																			
G 1	DN 25	HL m/100m	0.7	19	68.6																		
		v m/s	0.3	1.7	3.4																		
G 1 1/4	DN 32	HL m/100m	0.3	5.7	20.6	43.6	74.4																
		v m/s	0.2	1	2.1	3.1	4.1																
G 1 1/2	DN 40	HL m/100m		1.9	6.9	14.7	25.1	53.1	90.5														
		v m/s		0.7	1.3	2	2.7	4	5.3														
G 2	DN 50	HL m/100m		0.6	2.3	5	8.5	17.9	30.5	46.2	64.7	86.1											
		v m/s		0.4	0.8	1.3	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9											
G 2 1/2	DN 65	HL m/100m		0.2	0.7	1.4	2.4	5	8.5	12.9	18	24	30.7	46.4									
		v m/s		0.3	0.5	0.8	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5									
	DN 80	HL m/100m				0.5	0.9	1.8	3.1	4.7	6.6	8.7	11.2	16.9	35.8	60.9							
		v m/s				0.5	0.7	1	1.3	1.7	2	2.3	2.7	3.3	5	6.6							
	DN 100	HL m/100m						0.6	1	1.6	2.2	2.9	3.8	5.7	12.1	20.6	43.6	74.2					
		v m/s						0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	3.2	4.2	6.4	8.5					
	DN 125	HL m/100m									0.7	1	1.3	1.9	4.1	6.9	14.7	25	37.8	53	70.5		
		v m/s									0.8	1	1.1	1.4	2	2.7	4.1	5.4	6.8	8.1	9.5		
	DN 150	HL m/100m											0.5	0.8	1.7	2.9	6	10.3	15.6	21.8	29	40.1	56.2
		v m/s											0.8	0.9	1.4	1.9	2.8	3.8	4.7	5.7	6.6	7.9	9.4
	DN 200	HL m/100m												0.2	0.4	0.7	1.5	2.5	3.8	5.4	7.1	9.9	13.8
		v m/s												0.5	0.8	1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	3.7	4.4	5.3
	DN 250	HL m/100m														0.2	0.5	0.9	1.3	1.8	2.4	3.3	4.7
		v m/s														0.7	1	1.4	1.7	2	2.4	2.8	3.4
	DN 300	HL m/100m															0.2	0.4	0.5	0.7	1	1.4	1.9
		v m/s															0.7	0.9	1.2	1.1	1.7	2	2.4

Q

HL

Caudal
Perda de altura em m a cada 100 m

V

velocidade máxima de 1,5 m/s na aspiração e 3 m/s na saída
“tabelas obtidas com a fórmula de Hazen-Williams”

Tabela n.º 2: Perdas de carga nas curvas, válvulas de comporta, válvulas de pé e válvulas de retenção em cm

Velocidade da água	Curvas de ângulo agudo α					Curvas de ângulo arredondado α = 90					Persianas normais	Válvulas de dundo	Válvulas de retenção
	α = 30	α = 40	α = 60	α = 80	α = 90	d/R = 0,4	d/R = 0,6	d/R = 0,8	d/R = 1	d/R = 1,5			
m/sec													
0,4	0,43	0,52	0,71	1,0	1,2	0,11	0,13	0,16	0,23	0,43	0,23	32	31
0,5	0,67	0,81	1,1	1,6	1,9	0,18	0,21	0,26	0,37	0,67	0,37	33	32
0,6	0,97	1,2	1,6	2,3	2,8	0,25	0,29	0,36	0,52	0,97	0,52	34	32
0,7	1,35	1,65	2,2	3,2	3,9	0,34	0,40	0,48	0,70	1,35	0,70	35	32
0,8	1,7	2,1	2,8	4,0	4,8	0,45	0,53	0,64	0,93	1,7	0,95	36	33
0,9	2,2	2,7	3,6	5,2	6,2	0,57	0,67	0,82	1,18	2,2	1,20	37	34
1,0	2,7	3,3	4,5	6,4	7,6	0,7	0,82	1,0	1,45	2,7	1,45	38	35
1,5	6,0	7,3	10	14	17	1,6	1,9	2,3	3,3	6	3,3	47	40
2,0	11	14	18	26	31	2,8	3,3	4,0	5,8	11	5,8	61	48
2,5	17	21	28	40	48	4,4	5,2	6,3	9,1	17	9,1	78	58
3,0	25	30	41	60	70	6,3	7,4	9	13	25	13	100	71
3,5	33	40	55	78	93	8,5	10	12	18	33	18	123	85
4,0	43	52	70	100	120	11	13	16	23	42	23	150	100
4,5	55	67	90	130	160	14	21	26	37	55	37	190	120
5,0	67	82	110	160	190	18	29	36	52	67	52	220	140

APÊNDICE TÉCNICO



Dados gerais

Tabelas n.º 1.1 Perdas de carga nos tubos de Polietileno PE 100 - PFA 16

Tubo	Tubo	Q m3/h	1	3	6	9	12	18	24	30	36	42	48	60	90	120	180	240	300	360	420	500	600	
Ø ext. mm	Ø int. mm	Q l/min	16	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8333	10000	
32	26	HL m/100m	1.4	10.4	37.5	79.4																		
		v m/s	0.5	1.6	3.1	4.7																		
40	32.6	HL m/100m	0.5	3.4	12.4	26.4	44.9																	
		v m/s	0.33	1	2	3	3.99																	
50	40.8	HL m/100m	0.2	1.2	4.2	8.8	15.1	31.9	54.4															
		v m/s	0.2	0.6	1.3	1.9	2.5	3.8	5.1															
63	51.4	HL m/100m		0.4	1.4	2.9	4.9	10.4	17.7	26.7	37.4	49.8	63.7											
		v m/s		0.4	0.8	1.2	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4											
75	61.4	HL m/100m		0.2	0.6	1.2	2.1	4.4	7.4	11.2	15.7	20.9	26.8	40.5										
		v m/s		0.3	0.6	0.8	1.1	1.7	2.3	2.8	3.4	3.9	4.5	5.6										
90	73.6	HL m/100m			0.2	0.5	0.9	1.8	3.1	4.6	6.5	8.7	11.1	16.8	35.5	60.5								
		v m/s			0.4	0.6	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.7	3.1	3.9	5.9	7.8								
110	90	HL m/100m				0.2	0.3	0.7	1.2	1.7	2.4	3.3	4.2	6.3	13.3	22.7	48.1							
		v m/s				0.4	0.5	0.8	1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.6	3.9	5.2	7.9							
125	102.2	HL m/100m				0.1	0.2	0.4	0.6	0.9	1.3	1.7	2.2	3.4	7.2	12.2	25.9	44.1						
		v m/s				0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	3	4.1	6.1	8.1						
140	114.6	HL m/100m				0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.8	1	1.3	1.9	4.1	7	14.8	25.3	38.2	53.5				
		v m/s				0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1	1.1	1.3	1.6	2.4	3.2	4.8	6.5	8.1	9.7				
160	130.8	HL m/100m					0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.2	3.7	7.8	13.3	20.1	28.1	37.4			
		v m/s					0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.2	1.9	2.5	3.7	5	6.2	7.4	8.7			
180	147.2	HL m/100m						0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	1.2	2.1	4.4	7.5	11.3	15.8	21	29.1	40.7	
		v m/s						0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.5	2	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	8.2	9.8	
200	163.6	HL m/100m							0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.7	1.2	2.6	4.5	6.7	9.5	12.6	17.4	24.4	
		v m/s							0.32	0.4	0.48	0.55	0.63	0.79	1.19	1.59	2.38	3.17	3.96	4.76	5.55	6.61	7.93	
225	184	HL m/100m								0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	1.5	2.5	3.8	5.3	7.1	9.8	13.7	
		v m/s								0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.9	1.3	1.9	2.5	3.1	3.8	4.4	5.2	6.3	
250	204.6	HL m/100m											0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.9	1.5	2.3	3.2	4.2	5.8	8.2
		v m/s											0.4	0.4	0.5	0.8	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4.2	5.1
280	229.2	HL m/100m													0.1	0.1	0.2	0.5	0.9	1.3	1.8	2.4	3.4	4.7
		v m/s													0.4	0.6	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.4	4
315	257.8	HL m/100m														0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	1	1.4	1.9	2.7
		v m/s														0.5	0.6	1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2
355	290.6	HL m/100m															0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.5
		v m/s															0.5	0.8	1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.5
400	327.4	HL m/100m															0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	
		v m/s																0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2
450	368.2	HL m/100m																0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5
		v m/s																0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6
500	409.2	HL m/100m																	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
		v m/s																	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3

Q Caudal
HL Perda de altura em m a cada 100 m

V velocidade máxima de 1,5 m/s na aspiração e 3 m/s na saída
"tabelas obtidas com a fórmula de Hazen-Williams"

Eletrobombas alimentadas através de conversor de frequência

A utilização de um conversor de frequência para alimentar uma eletrobomba oferece a possibilidade de operar em diferentes pontos de trabalho em função das necessidades do sistema e dos desempenhos, hidráulico ou mecânico, desejados. No entanto, esta possibilidade ocorre em detrimento da qualidade da tensão e consequentemente também da corrente que circula no motor. A Figura 1 mostra a sinusoide de corrente à saída do conversor que apresenta “ruído”, ou seja, sinusóides com ordens de frequência elevada, mas amplitude modesta.

As capacidades parasitas em alta frequência têm uma impedância muito baixa e por isso permitem a circulação das harmônicas de corrente na caixa e nos rolamentos do motor, comprometendo o seu funcionamento correto. Os métodos mais comuns para reduzir este fenómeno são principalmente:

- blindagem do cabo de alimentação com ligação à terra;
- utilização de um filtro dv/dt o sinusoidal na saída do conversor;
- adoção de um rolamento isolado (por ex., cerâmica).

Os filtros dv/dt são constituídos por indutores e condensadores, possuindo uma frequência de corte superior à frequência de comutação do conversor. Estes filtros diminuem o tempo de subida da tensão, tornando assim a corrente mais sinusoidal. A Figura 2 mostra que a sinusoide de corrente apresenta um conteúdo harmónico inferior à corrente circulante sem filtro dv/dt.

A norma CEI 60034-17 prescreve o valor do tempo de subida (dv/dt) que a tensão de alimentação deve ter com base nos valores de pico que a mesmas assume, para que a corrente não possa danificar os rolamentos (figura 3).# s#

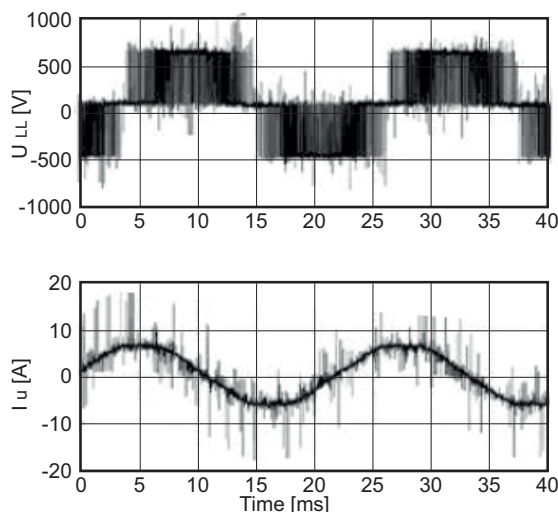


Figura 1 Tendência de tensão e corrente sem filtro dv/dt

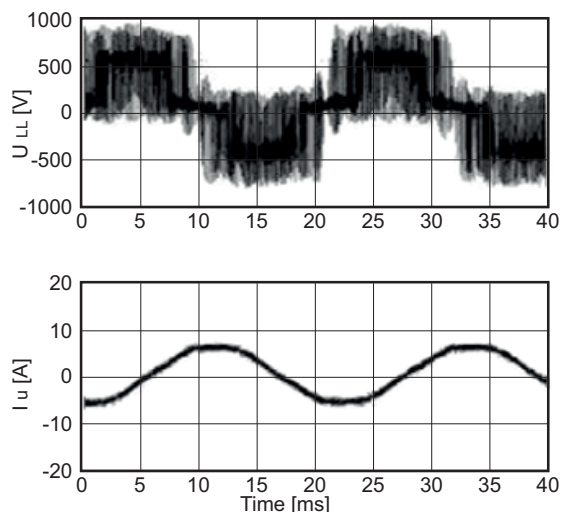
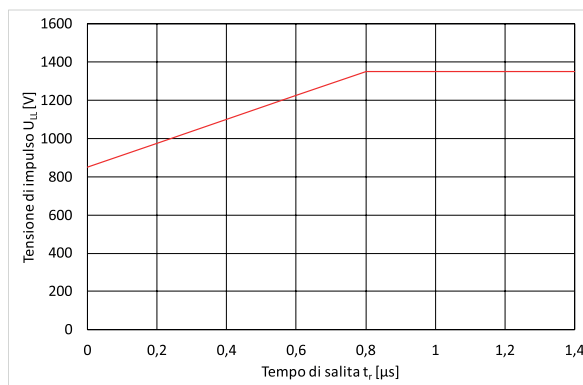


Figura 2 Tendência de tensão e corrente com filtro dv/dt

ULL (V) = Tensão de impulso



tr (us) (V) = Tempo de subida

Figura 3: Curva limite admissível da tensão de impulso ULL nos terminais do motor em função do tempo de subida tr

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MOTORES

REGULAMENTO (UE) 2019/1781 DA COMISSÃO

O Parlamento Europeu, com a Diretiva 2009/125/CE, estabeleceu um quadro para o elaboração de especificações de conceção ecológicas aplicáveis aos produtos que consomem energia, especificando ao longo do tempo os níveis de rendimento que as máquinas vendidas no mercado europeu deverão atingir.

Este regulamento aplica-se aos seguintes produtos:

- a) motores elétricos de indução sem escovas, comutadores, coletores rotativos ou ligações elétricas ao rotor, previstos para funcionar a uma tensão sinusoidal de 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz, que:
 - i) possuem dois, quatro, seis ou oito polos;
 - ii) possuem uma tensão nominal (UN) superior a 50 V e até 1000 V inclusive;
 - iii) possuem uma potência nominal (PN) compreendida entre 0,12 kW e 1000 kW inclusive;
 - iv) possuem características baseadas no funcionamento contínuo; e
 - v) estão previstos para funcionar por arranque direto;
- b) variadores de velocidade com 3 fases de entrada que:
 - i) são concebidos para funcionar com um motor referido na alínea a), com um intervalo da potência nominal do motor compreendido entre 0,12 kW e 1000 kW;
 - ii) possuem uma tensão nominal superior a 100 V e até 1000 V incluídos na corrente alternada (CA);
 - iii) possuem apenas uma tensão de saída de CA.



Este regulamento não se aplica aos motores:

- a) motores completamente integrados num produto (por ex., numa caixa de velocidades, numa bomba, num ventilador ou num compressor) para os quais não é possível ensaiar o desempenho energético independentemente do produto, mesmo dispondo de uma blindagem e de rolamento dianteiro provisórios; o motor deve partilhar componentes comuns (à parte os conectores, como parafusos) com a unidade acionada (por exemplo, um veio ou uma alojamento) e não está concebido 50 de modo a poder ser totalmente separado da unidade acionada e funcionar de forma independente. O processo de separação torna o motor inoperacional;
- b) motores equipados com variador de velocidade integrado (variadores compactos) para os quais não é possível ensaiar o rendimento energético independentemente do variador de velocidade;
- c) motores com travão integrado que faz parte integrante do interior do motor e não pode ser removido ou alimentado por uma fonte de energia separada durante os ensaios de eficiência do motor;
- d) motores especificamente concebidos e designados para funcionar exclusivamente:
 - I) a mais de 4000 metros acima do nível do mar;
 - II) a temperaturas do ar ambiente superiores a 60 °C;
 - III) a uma temperatura máxima de exercício superior a 400 °C;
 - IV) a temperaturas do ar ambiente inferiores a -30 °C;
- ou
- V) a uma temperatura do refrigerante da água na entrada no produto inferior a 0 °C ou superior a 32 °C;
- e) motores especificamente concebidos e designados para funcionar completamente imersos num líquido;
- f) motores com características específicas para garantir a segurança dos sistemas nucleares referidos no artigo 3 da Diretiva 2009/71/Euratom do Conselho (8);
- g) motores com protegidos das explosões especificamente concebidos e certificados para trabalhos nas minas, tal como definidos no anexo I, ponto 1, da Diretiva 2014/34/UE do Parlamento Europeu e do Conselho (9);
- h) motores em equipamentos sem fios ou a bateria;
- i) motores em equipamentos portáteis cujo peso é suportado à mão durante o funcionamento;
- j) motores de equipamentos móveis conduzidos à mão transportados durante o funcionamento;
- k) motores equipados com comutadores mecânicos;
- l) motores completamente fechados e não ventilados (TENV, Totally Enclosed Non-Ventilated);
- m) motores colocados no mercado antes de 1 de julho de 2029 como substitutos de motores idênticos integrados em produtos colocados no mercado antes de 1 de julho de 2022 e comercializados especificamente como tal;
- n) motores de velocidades múltiplas, ou seja, motores com enrolamentos múltiplos ou com enrolamento comutável, que apresentam um número diferente de polos e velocidades;
- o) motores concebidos especificamente para os veículos de tração elétrica.

Este regulamento não se aplica aos variadores de velocidade:

- a) variadores de velocidade integrados num produto e cujo desempenho energético não pode ser ensaiado independentemente do produto, quer dizer que uma tentativa nesse sentido torna o variador de velocidade ou o produto inoperante;
- b) variadores de velocidade com características específicas para garantir a segurança dos sistemas nucleares referidos no artigo 3 da Diretiva 2009/71/Euratom do Conselho;
- c) variadores regenerativos;
- d) variadores de alimentação sinusoidal.

REGULAMENTO (UE) 2019/1781 DA COMISSÃO

Cada especificação de conceção ecológica aplica-se consoante o seguinte calendário:

1. ESPECIFICAÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MOTORES

As especificações de eficiência energética dos motores aplicam-se consoante o seguinte cronograma:

a) a partir de 1 de julho de 2021:

i) a eficiência energética dos motores trifásicos com uma potência nominal igual ou superior a 0,75 kW e igual ou inferior a 1000 kW, com 2, 4, 6 ou 8 polos, que não são motores de segurança aumentada Ex eb, corresponde, pelo menos, ao nível de eficiência IE3 referido na tabela 2 do regulamento 2019/1781;

ii) a eficiência energética dos motores trifásicos com uma potência nominal igual ou superior a 0,12 kW e inferior a 0,75 kW, de 2, 4, 6 ou 8 polos, que não sejam motores de segurança aumentada Ex eb, corresponde, pelo menos, ao nível de eficiência IE2 referido na tabela 1 do regulamento 2019/1781;

b) a partir de 1 de julho de 2023:

i) a eficiência energética dos motores de segurança aumentada Ex eb com uma potência nominal igual ou superior a 0,12 kW e igual ou inferior a 1000 kW, de 2, 4, 6 ou 8 polos, e motores monofásicos com uma potência nominal igual ou superior a 0,12 kW, corresponde, pelo menos, ao nível de eficiência IE2 referido na tabela 1 do Regulamento 2019/1781;

ii) a eficiência energética dos motores trifásicos que não sejam motores de travagem automática, motores de segurança aumentada Ex eb ou outros motores protegidos contra explosões, com uma potência nominal igual ou superior a 75 kW e igual ou inferior a 200 kW, com 2, 4 ou 6 polos, corresponde, pelo menos, ao nível de eficiência IE4 referido na tabela 3 do regulamento 2019/1781.

2. ESPECIFICAÇÕES DE EFICIÊNCIA DOS VARIADORES DE VELOCIDADE

As especificações de eficiência dos variadores de velocidade aplicam-se da seguinte forma:

a decorrer a partir de 1 de julho de 2021, as perdas de potência dos variadores de velocidade preparados para funcionar com motores com potência nominal igual ou superior a 0,12 kW e igual ou inferior a 1000 kW não devem exceder as perdas de potência máximas correspondentes ao nível de eficiência IE2.

A eficiência energética dos VSD, expressa em classes internacionais de eficiência energética (IE), é determinada com base nas perdas de potência da seguinte forma:

as perdas máximas de potência da classe IE2 são 25% inferiores em relação ao valor de referência constante da tabela 6 do Regulamento 2019/1781.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MOTORES

Tabela resumo dos níveis de eficiência do IE previstos na norma CEI 60034-30-3

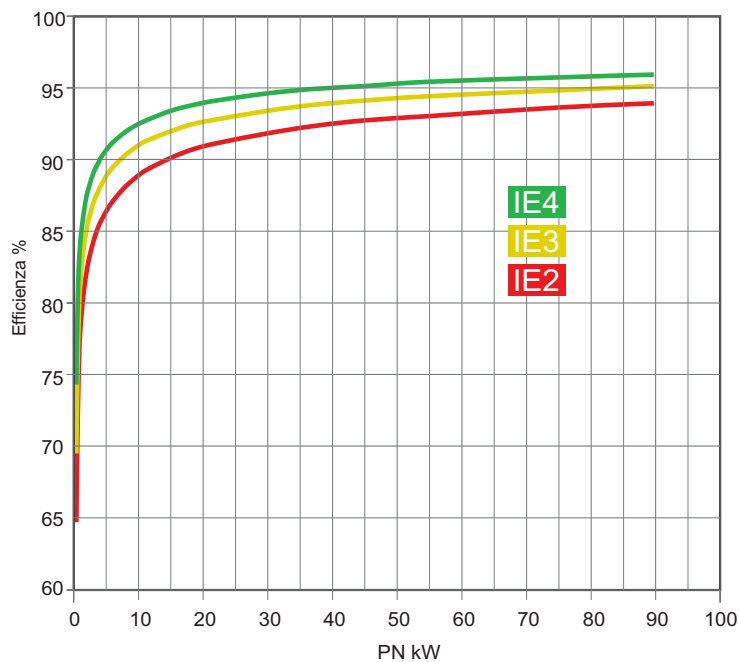
4 Polos

Potência nominal	eficiência %		
kW	IE3	IE3	IE4
0.25	64.8	69.7	74.3
0.3	67.1	71.6	76.1
0.33	68.2	72.6	77.1
0.37	69.5	73.8	78.1
0.45	71.7	75.8	79.9
0.55	74.1	77.8	81.5
0.75	77.4	80.7	83.5
1.1	79.6	82.7	85.2
1.5	81.3	84.2	86.5
1.8	82.2	85	87.3
2.2	83.2	85.9	88
3	84.6	87.1	89.1
3.7	85.5	87.8	89.7
4	85.8	88.1	90
5.5	87	89.2	90.9
7.5	88.1	90.1	91.7
9.2	88.8	90.7	92.2
11	89.4	91.2	92.6
15	90.3	91.9	93.3
18.5	90.9	92.4	93.7
22	91.3	92.7	94
30	92	93.3	94.5
37	92.5	93.7	94.8
45	92.9	94	95
55	93.2	94.3	95.3
75	93.8	94.7	95.6
90	94.1	95	95.8

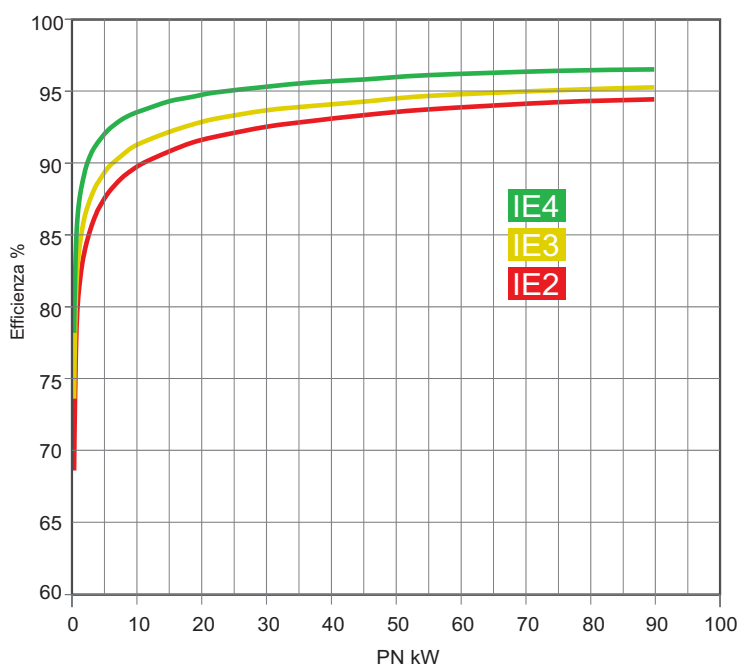
6 Polos

Potência nominal	eficiência %		
kW	IE2	IE3	IE4
0.25	68.5	73.5	77.9
0.3	70.5	75.3	79.5
0.33	71.5	76.2	80.3
0.37	72.7	77.3	81.1
0.45	74.8	79	82.5
0.55	77.1	80.8	83.9
0.75	79.6	82.5	85.7
1.1	81.4	84.1	87.2
1.5	82.8	85.3	88.2
1.8	83.5	86	88.8
2.2	84.3	86.7	89.5
3	85.5	87.7	90.4
3.7	86.3	88.4	90.9
4	86.6	88.6	91.1
5.5	87.7	89.6	91.9
7.5	88.7	90.4	92.6
9.2	89.3	91	93
11	89.8	91.4	93.3
15	90.6	92.1	93.9
18.5	91.2	92.6	94.2
22	91.6	93	94.5
30	92.3	93.6	94.9
37	92.7	93.9	95.2
45	93.1	94.2	95.4
55	93.5	94.6	95.7
75	94	95	96
90	94.2	95.2	96.1

2 poli



4 poli



O valor de eficiência (IE) dos motores Calpeda está disponível no endereço www.calpeda.com

APÊNDICE TÉCNICO



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS BOMBAS DE ÁGUA

Diretiva europeia UE regulamento (CE) n.º 547/2014

Com a Diretiva relativa à conceção ecológica dos produtos que utilizam energia (Diretiva EuP - Energy Using Products), a União Europeia quis avançar para a conceção de equipamentos que “consomem” energia (televisores, frigoríficos, máquinas de lavar, caldeiras, bombas, motores e muitos outros) marcada na sustentabilidade ambiental, de forma a prevenir as possíveis consequências ambientais negativas da produção, utilização e eliminação de produtos.

O objetivo da diretiva é obrigar os fabricantes e os importadores a produzir e distribuir apenas produtos de alta eficiência energética, ou seja, com baixo consumo de energia. Os critérios de conceção ecológica serão parte integrante da declaração de conformidade (marcação CE), que é um requisito necessário para que um produto possa ser vendido dentro da UE.



Este regulamento aplica-se:

O Regulamento n.º 547/2012 estabelece as especificações de conceção ecológicas para colocar no mercado bombas de água centrífugas para a bombagem de água limpa, mesmo integradas noutros produtos.

O regulamento prevê a introdução e o cálculo de um índice mínimo de eficiência (IEM).

As bombas afetadas pelo regulamento são:

- Bombas de sucção axial com suporte (ESOB) com pressões até 16 bares, potência no eixo de 150 kW, altura manométrica máxima de 90 metros à velocidade nominal de 1450 rpm ou altura manométrica máxima de 140 metros à velocidade nominal de 2900 rpm.
- Bombas de sucção axial, monobloco, horizontais (ESCC) com pressões até 16 bares, potência no eixo de 150 kW, altura manométrica máxima de 90 metros à velocidade nominal de 1450 rpm ou altura manométrica máxima de 140 metros à velocidade nominal de 2900 rpm.
- Bombas de sucção axial, monobloco, em linha (ESCCI) com pressões até 16 bares, potência no eixo de 150 kW, altura manométrica máxima de 90 metros à velocidade nominal de 1450 rpm ou altura manométrica máxima de 140 metros à velocidade nominal de 2900 rpm.
- Bombas verticais multiestádio (MS-V) concebidas para pressões até 25 bares, com velocidade nominal de 2900 rpm e caudal máximo de 100 m³/h.
- Bombas submersas multiestádio (MSS) com diâmetro exterior de 4” ou 6” concebidas para a utilização em poço a uma velocidade nominal de 2900 rpm e temperatura de funcionamento entre 0 °C e 90 °C.

Este regulamento não se aplica a:

- a) Bombas para água concebidas especificamente para a bombagem de água limpa a temperaturas inferiores a -10 °C ou superiores a 120 °C.
- b) Bombas para água concebidas exclusivamente para aplicações contra incêndio.
- c) Bombas para água, volumétricas
- d) Bombas para água, autoferrantes

As informações de referência sobre a eficiência estão disponíveis no endereço www.europump.org/efficiencycharts.

O valor MEI das bombas Calpeda está disponível no endereço www.calpeda.com.

REGULAMENTO (UE) N.º 547/2012

- O valor de referência para as bombas de água mais eficientes é MEI $\geq 0,70$;
- A eficiência de uma bomba com impulsor afinado é geralmente inferior à de uma bomba com impulsor de diâmetro total. A rotação do impulsor adapta a bomba a um ponto fixo de trabalho, resultando num menor consumo de energia. O índice de eficiência mínima (MEI) baseia-se no diâmetro máximo do impulsor;
- O funcionamento desta bomba de água com pontos de funcionamento variáveis pode ser mais eficiente e económico se controlado, por exemplo, através de um motor de velocidade variável que adequa o funcionamento da bomba ao sistema.

APÊNDICE TÉCNICO



Tolerâncias das dimensões por catálogo

Bombas

De 0mm a 30mm	acima de 30mm até 120mm	acima de 120mm até 140mm	acima de 400mm até 1000mm	acima de 1000mm até 2000mm	acima de 2000mm até 4000mm
±1mm	±1,5mm	±2,5mm	±4mm	±6mm	±8mm

Para as bombas NMS, NMS4, N, N4, MXV a cota fm e as cotas referentes ao motor estão sujeitas a variação em função do motor utilizado.

Unidades de pressão

De 0mm a 30mm	acima de 30mm até 120mm	acima de 120mm até 140mm	acima de 400mm até 1000mm	acima de 1000mm até 2000mm	acima de 2000mm até 4000mm
±5mm	±71,5mm	±12,5mm	±20mm	±30mm	±40mm