

Hidráulica

CALEFFI
Hydronic Solutions

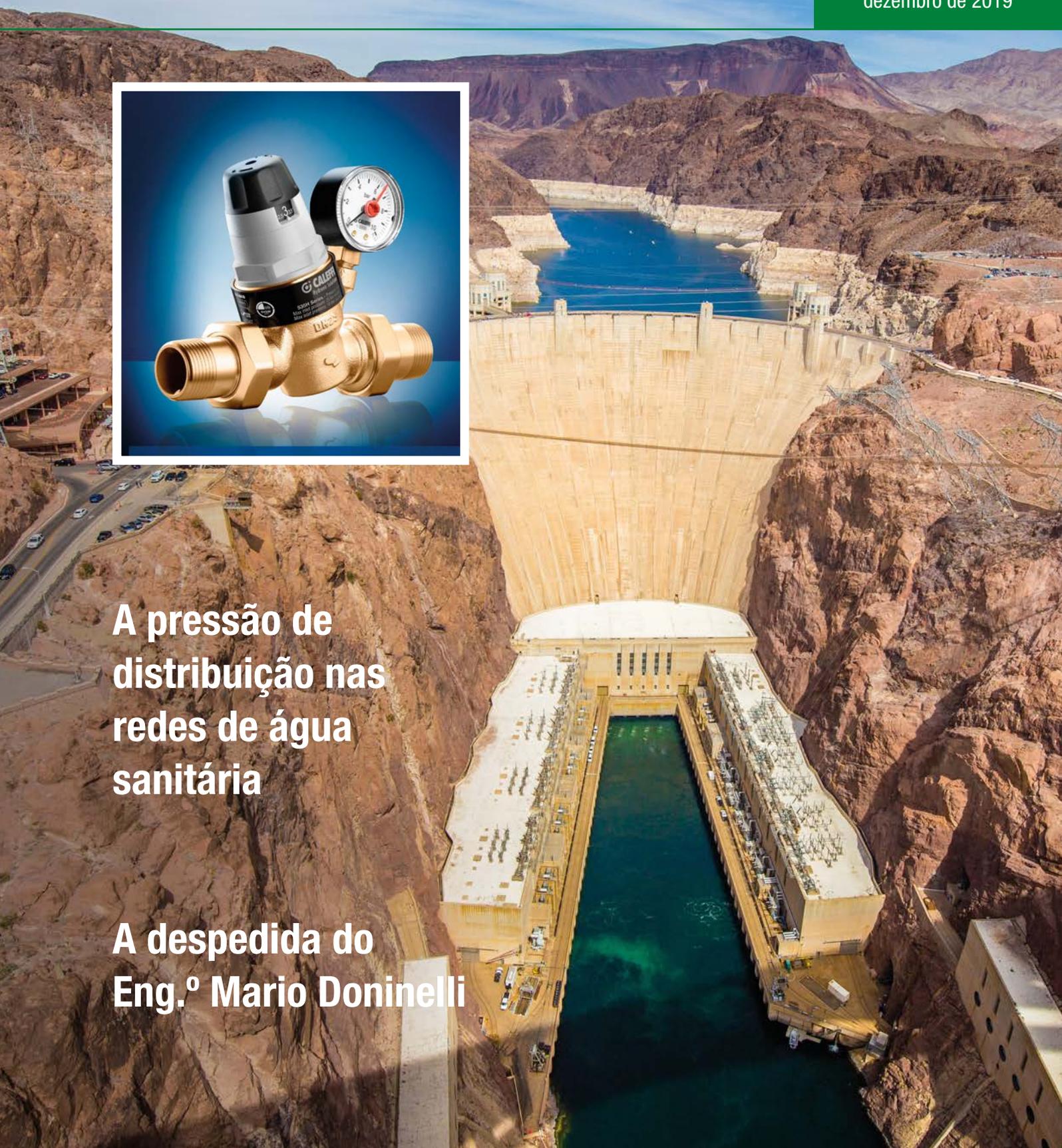
37

dezembro de 2019



A pressão de
distribuição nas
redes de água
sanitária

A despedida do
Eng.º Mario Doninelli



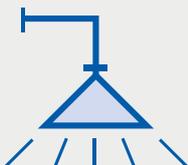


Hidrossanitário

O cuidado com as instalações

COMPONENTES PARA SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS

A redução e a estabilização da pressão - sempre demasiado elevada e variável para instalações domésticas - na entrada da rede pública, a proteção desta mesma rede contra um eventual retorno de águas contaminadas, a proteção contra bactérias potencialmente perigosas, como a Legionella, são aspetos fundamentais em sistemas realizados em conformidade com as normas em vigor. A gama da Caleffi para fazer face a estas problemáticas é uma das mais amplas no mercado: redutoras e estabilizadoras de pressão, amortecedores de golpe de aríete, misturadoras termostáticas, misturadoras eletrónicas e antiequimadura e desconectores.



Hidrossanitário

Proteger a instalação para proteger a água

www.caleffi.com

CALEFFI
Hydronic Solutions

EDITORIAL

Este editorial apresenta o texto que o Eng.º Mario Doninelli, fundador da revista *Hidráulica*, escreveu para se despedir dos seus leitores. A primeira edição, em italiano, foi lançada em 1991 e, desde aí, o Eng.º Doninelli esteve sempre envolvido em todos os 54 números subsequentes. Ao longo de todos estes anos, foram criadas verdadeiras obras técnicas de grande rigor e, simultaneamente, de uma enorme praticidade que ainda hoje são úteis não só aos profissionais do setor, mas também ao mundo académico.

Deixo-vos com as suas últimas linhas escritas que resumem a história desta publicação, que continua a ser uma referência no setor.

Rui Pedro Torres



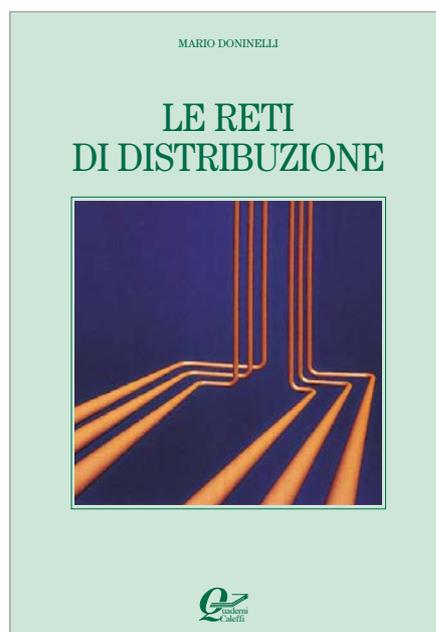
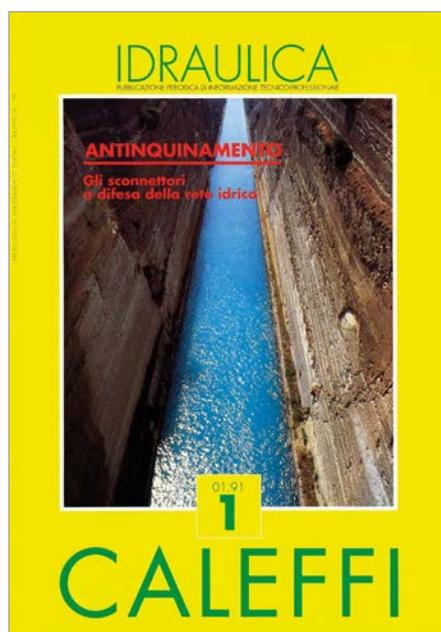
A despedida do Eng.º Mario Doninelli

Neste meu último texto, gostaria de relembrar como e porquê nasceu a *Hidráulica* e quais foram as principais escolhas que a guiaram e caracterizaram.

A primeira recordação que tenho a respeito é uma pergunta que, há mais de 30 anos, me foi colocada pelo presidente Francesco Caleffi, fundador da Caleffi: **“O que poderei fazer, como empreendedor, para apoiar projetistas e instaladores, isto é, apoiar aqueles que considero os meus colaboradores externos?”**

Tive, depois, outras reuniões com o presidente, e juntos tentámos dar uma resposta válida e bem definida à sua questão.

Finalmente, em março de 1988, a pedido do presidente, escrevi um breve relatório para organizar e resumir as nossas observações e considerações várias, que foi subdividido essencialmente em três partes.



Diretrizes

- Escolher temas que sejam de interesse geral e não se limitar apenas a apresentar, muito menos a publicitar, produtos.
- Confiar o desenvolvimento dos temas escolhidos apenas a quem possuir não só conhecimentos teóricos, mas também práticos, adquiridos diretamente no terreno.
- Ter sempre presente que o verdadeiro valor de uma publicação está na quantidade e qualidade de informações úteis transmitidas aos leitores e não no número de páginas.
- Ir ao cerne dos problemas e nunca fugir às respetivas dificuldades, tanto por respeito para com os leitores, como para fornecer respostas válidas e convincentes.
- Escrever numa linguagem simples, acessível a todos e sem demasiados anglicismos, especialmente quando forem desnecessários.
- Desenhar cuidadosamente os gráficos, diagramas e tabelas para tornar a sua leitura mais fácil e, portanto, menos sujeita a erros.
- Utilizar desenhos, sobretudo quando estes são capazes de explicar, melhor do que o texto escrito, aquilo que se pretende dizer.

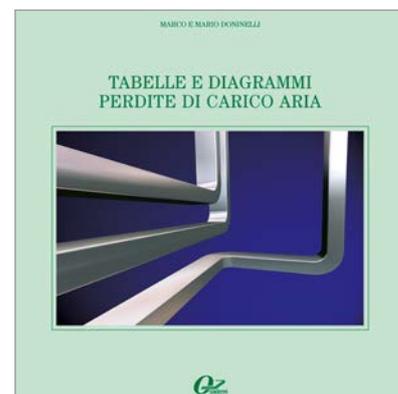
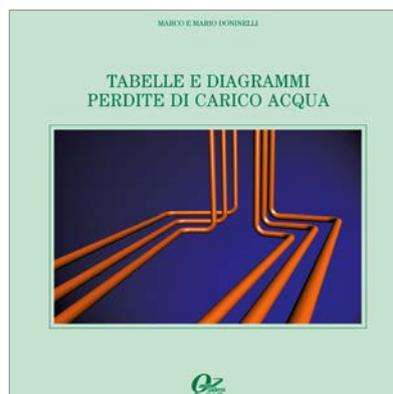
Na primeira parte foram expostas as razões pelas quais considerávamos que uma documentação técnica especificamente desenvolvida deveria ser um apoio não só para projetistas e instaladores, mas também para o mundo académico. Aos projetistas e instaladores poderia, de facto, ser uma ajuda para acompanhar melhor a evolução contínua da tecnologia das instalações, o que iria requerer uma bagagem de conhecimentos cada vez mais vasta e um trabalho profissional cada vez mais qualificado. Por sua vez, poderia ser útil ao mundo académico para reduzir a diferença que, geralmente, subsiste entre o ensino teórico e realidade operacional.

Na segunda parte foram analisados os motivos que nos levaram a propor a nova documentação, quer sob a forma de manuais quer de revistas. Aos manuais (depois chamados *Caderno Caleffi*) foi atribuída a função de relembrar os princípios e as leis fundamentais dos sistemas de AVAC e de constituir o suporte teórico de base que se poderia ter sempre como referência. Às revistas (às quais foi, depois, dado o nome de *Hidráulica*) foi, por sua vez, atribuído o objetivo de acompanhar a evolução do mercado das instalações impelida, sobretudo, como já se podia prever, pela exigência de maior conforto térmico e pela necessidade de reduzir consideravelmente, por motivos económicos e ambientais, o consumo de combustíveis fósseis.

Na terceira parte, por fim, foram apresentadas as regras ou diretrizes cuja finalidade era garantir o respeito pelos objetivos de base e assegurar um nível qualitativo adequado das novas publicações.

Acreditávamos, ou melhor, esperávamos, que estas regras também nos ajudassem a transmitir aos nossos leitores que, para ser útil para eles, o nosso trabalho era feito sem poupar tempo nem esforço, evitando tratar os temas habituais e escrever sobre assuntos sobejamente conhecidos, isto é, sem seguir o caminho mais fácil, óbvio e previsível. Por outro lado, também estávamos bem cientes de que não seria fácil obter a atenção e o interesse suficientes para justificar o esforço previsto, especialmente porque, no nosso setor, já se encontrava disponível informação/documentação técnica abundante.

Foi com base nestas considerações, observações e dúvidas que o presidente decidiu publicar o primeiro *Caderno Caleffi* e os primeiros números da *Hidráulica*. Com base nos resultados muito positivos obtidos, decidi então completar a série prevista dos *Caderno Caleffi* e continuar a publicar a *Hidráulica*. No âmbito desta iniciativa, foram ainda publicados três dossiers: o primeiro com fórmulas, tabelas e diagramas para determinar as perdas de carga da tubagem que transporta água e das condutas de ar; o segundo e o terceiro com esquemas funcionais e desenhos de soluções para instalações retiradas da *Hidráulica* e dos *Caderno Caleffi*.



Principais temas e tópicos tratados

• Instalações de chão radiante

O primeiro número italiano da *Hidráulica* dedicado a este tema saiu em janeiro de 1996. A intenção era dissipar os receios e dúvidas que ainda dificultavam significativamente a expansão destas instalações. Em números seguintes, abordámos os problemas relativos à fase de projeto, à execução e regulação.

• Instalações hidrossanitárias

O n.º 21 (outubro 2003) e o n.º 34 (julho 2017) da *Hidráulica*, em português, foram dedicados a este tema, ambos com foco no cálculo dos caudais de projeto. Valores incorretos destes caudais podem conduzir a graves erros no dimensionamento quer das redes de distribuição quer dos sistemas de acumulação, pressurização e de produção de água quente.

• Instalações com energias alternativas

A partir do n.º 29 italiano (dezembro 2005), dedicámos a este tema diferentes números da *Hidráulica*, considerando não apenas os benefícios que podem oferecer, como os vários inconvenientes e perigos associados ao seu uso indevido. Por ex.: a possível poluição dos lençóis freáticos (com bombas geotérmicas).

• Balanceamento das instalações

Também a este tema, pela sua importância, dedicámos vários números da *Hidráulica*, considerando em primeiro lugar o balanceamento das instalações tradicionais com caudal constante e, depois, (com a implementação das válvulas termostáticas), o caso muito mais complexo - especialmente em intervenções de requalificação - dos sistemas com caudal variável.

• Requalificação de instalações existentes

Nos últimos anos, temos abordado muitas vezes os principais aspetos (regulamentares, técnicos e operacionais) relativos a estas intervenções que, se realizadas corretamente, podem proporcionar aumentos significativos de conforto e uma redução significativa dos consumos energéticos.

• Outros temas

Dizem respeito, essencialmente: (1) ao possível perigo de queimaduras e patologias graves causadas pela *Legionella* nas instalações hidrossanitárias; (2) à eliminação das bolhas e microbolhas de ar nas instalações; (3) à limpeza e tratamento da água, necessários especialmente em instalações com válvulas termostáticas e eletrobombas de alta eficiência; (4) à contabilização direta e indireta de energia.

No quadro ao lado, recordamos sumariamente os principais temas e tópicos tratados na *Hidráulica*.

Por tudo o que foi exposto, percebe-se então que a *Hidráulica* nunca foi uma revista técnica convencional, mas sim uma revista especificamente projetada e concebida para ser capaz de dar vida à ideia do seu fundador, ou seja, **“poder ser útil a projetistas e instaladores”**. Uma ideia à qual permaneci sempre fiel, porque nunca sequer vislumbrei possíveis alternativas ou melhorias; e uma ideia, ainda, que sempre compartilhei e admirei pela simplicidade e clareza com que foi formulada, e também porque nela reconheço a personalidade e o modo de agir de quem, há muitos anos, me falou dela e me envolveu, depois, na sua realização.

Recordo a sua grande capacidade humana e empreendedora: a sua atenção e respeito pelos colaboradores, aos quais era capaz de transmitir a sua força vital e o seu entusiasmo; a sua capacidade de ir diretamente ao cerne do problema; o seu pragmatismo - não gostava de discursos opacos; a sua aptidão de ver mais à frente no tempo; a sua coragem para enfrentar novos desafios; a sua capacidade de compreender e apreciar o valor do trabalho bem feito; a sua generosidade e bondade inatas.

E é com esta recordação que desejo encerrar o meu texto de despedida.

Por fim, gostaria de expressar o meu apreço e gratidão ao atual presidente, Marco, e a toda a família Caleffi que sempre confiaram em mim, me apoiaram, criando uma amizade que me honra e que está entre as coisas mais belas que a vida me deu.

Gostaria ainda de agradecer e saudar os leitores da *Hidráulica* por nos terem encorajado com as suas opiniões e nos terem orientado com as suas constatações. Aos colegas projetistas e instaladores, que foram os meus verdadeiros e insubstituíveis mentores no campo, faço votos de bom trabalho; um trabalho - o nosso - que considero um privilégio, também porque o duro e constante confronto com a realidade prática nos ajuda a amadurecer e crescer: aprendemos mais com os nossos erros do que com os nossos sucessos.

Agradeço aos colegas e técnicos da Caleffi e, em particular, a Fabrizio Guidetti e Renzo Planca que me deram uma ajuda inestimável quer em termos da parte gráfica da revista, quer na seleção das fotografias e desenvolvimento de gráficos e desenhos. Um merecido agradecimento a Marco Doninelli pelo seu profundo conhecimento teórico e prático dos temas tratados e, com quem, desde janeiro de 1997, escrevi todos os números da *Hidráulica*.

Mario Doninelli

CALEFFI Lda
Hydronic Solutions

Rua Poça das Rãs, 42
Milheirós
Apartado 1214
4471-909 Maia
Tel: 229 619 410
Fax: 229 619 420

Talaíde Park, Edif. A1 e A2
Estrada Octávio Pato
2785-723 São Domingos de
Rana
Tel: 214 227 190
Fax: 214 227 199

info.pt@caleffi.com
www.caleffi.com

© Copyright 2019 Caleffi
Todos os direitos reservados.
É proibida a reprodução ou
publicação de qualquer
parte do documento sem o
consentimento expresso por
escrito do Editor.

ÍNDICE

- 3** A DESPEDIDA DO ENG.º MARIO DONINELLI
- 7** A PRESSÃO DE DISTRIBUIÇÃO NAS REDES DE ÁGUA SANITÁRIA
- 8** UM POUCO DE HISTÓRIA
- 9** O CAMPO IDEAL PARA A DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO
- 10** SISTEMAS DE SOBRE-ELEVAÇÃO DA PRESSÃO
- 12** - Autoclaves sem membrana
- 15** - Autoclaves com membrana
- 17** - Considerações sobre o dimensionamento dos autoclaves
- 19** - Grupos de pressurização com eletrobombas e inverter
- 20** SISTEMAS DE REDUÇÃO DA PRESSÃO
- 20** - Redutoras de pressão com membrana
- 21** - Redutoras de pressão com pistão
- 22** - Redutoras de pressão comandadas
- 23** CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS
- 25** DIMENSIONAMENTO
- 26** RELAÇÃO DE REDUÇÃO E CAVITAÇÃO
- 27** TIPOLOGIAS DE INSTALAÇÃO
- 27** - Redutoras em paralelo
- 29** - Redutoras em série
- 30** PROTEÇÃO CONTRA A SOBREPRESSÃO A JUSANTE DA REDUTORA
- 31** CAUDAL DA REDE DEMASIADO BAIXO
- 31** - Método analítico simplificado
- 32** - Método gráfico
- 33** REDE DE RECIRCULAÇÃO E REDUTORAS DE PRESSÃO
- 34** ESQUEMAS DE INSTALAÇÃO
- 34** - Aplicações domésticas
- 35** - Edifícios de vários pisos
- 39** - Distribuição de água quente sanitária
- 43** POUPANÇA DE ÁGUA
- 47** SOFTWARE DE APOIO À FASE DE PROJETO

A PRESSÃO DE DISTRIBUIÇÃO NAS REDES DE ÁGUA SANITÁRIA

Eng.^{os} Mattia Tomasoni e Alessia Soldarini

As redes de distribuição de água sanitária devem garantir a distribuição correta de água quente e fria em cada ponto de utilização (lavatórios, chuveiros, etc.). Uma correta fase de projeto destas instalações passa por diversas fases, como a avaliação das necessidades específicas, o dimensionamento da rede de tubagem, o controlo e a **regulação da pressão**. Nesta edição da *Hidráulica*, concentrar-nos-emos neste último aspeto, analisando a sua importância sob vários pontos de vista.

Primeiramente, iremos abordar os métodos para **elegar o valor da pressão** quando este se revela insuficiente. Para este fim, são normalmente utilizados **sistemas** específicos, chamados de **sobre-elevação**, cujas características técnicas e principais parâmetros de dimensionamento serão analisados. Depois, focar-nos-emos na condição oposta, ou seja, aquela em que **a pressão disponível é excessiva** e poderá facilmente provocar avarias, ruído e desperdício. Nestas situações, recorre-se à aplicação de **reduzoras de pressão**,

dispositivos capazes de regular adequadamente e manter estável a pressão dentro das redes de distribuição de água sanitária. Será dada especial atenção às suas características principais, tanto do ponto de vista do funcionamento e dos aspetos técnicos, como do ponto de vista da instalação correta em diferentes configurações possíveis.

Na última parte deste número, serão apresentados alguns **esquemas de instalação** aplicados a diferentes tipos de edifícios, com destaque para as escolhas de projeto capazes de garantir um bom funcionamento.

Por fim, iremos analisar o tema da **poupança de água**, cada vez mais atual e ligado à perspetiva da poupança energética e da preservação dos recursos naturais.

Com este objetivo, serão tratados, com recurso a casos exemplificativos, eventuais **desperdícios de água** derivados de uma regulação incorreta da pressão nas instalações sanitárias.



UM POUCO DE HISTÓRIA

Desde a antiguidade, o homem sempre sentiu a necessidade de transportar água de um lugar para outro e, sobretudo, de a recolher de rios, riachos ou do subsolo para irrigar os campos ou dar de beber aos animais.

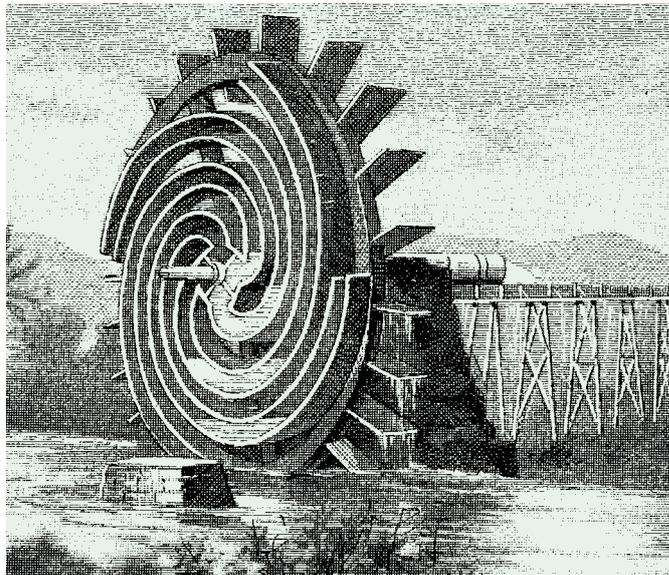
Assim, não demorou muito até que fossem desenvolvidos sistemas e dispositivos para recolher a água que se encontrava a uma altura inferior à de utilização.

Num intervalo de tempo muito amplo, a partir do III milénio a.C. até à revolução industrial, foram estudados e desenvolvidos sistemas cada vez mais engenhosos para elevar a água.

Os primeiros mecanismos eram dispositivos rudimentares acionados pelo homem e constituídos por uma trave, um balde e um contrapeso (geralmente uma pedra). Exemplo disto é o “shaduf” utilizado na Mesopotâmia no III milénio a.C. para fins de irrigação e pelo povo egípcio no II milénio a.C. para elevar a água dos lagos e rios a fim de alimentar canais posicionados a uma altura superior. É, provavelmente, um dos mais antigos sistemas conhecidos que permitia a um só homem elevar grandes volumes de água graças ao princípio da alavanca e do contrapeso.

Em certas partes do mundo, ainda hoje é possível ver o uso de baldes de madeira ou recipientes de barro fixados a cordas para elevar grandes quantidades de água.

Pouco a pouco, estes modelos transformaram-se em mecanismos sofisticados, primeiramente acionados pela força dos animais e, depois, pela da natureza como cursos de água, vento ou marés.



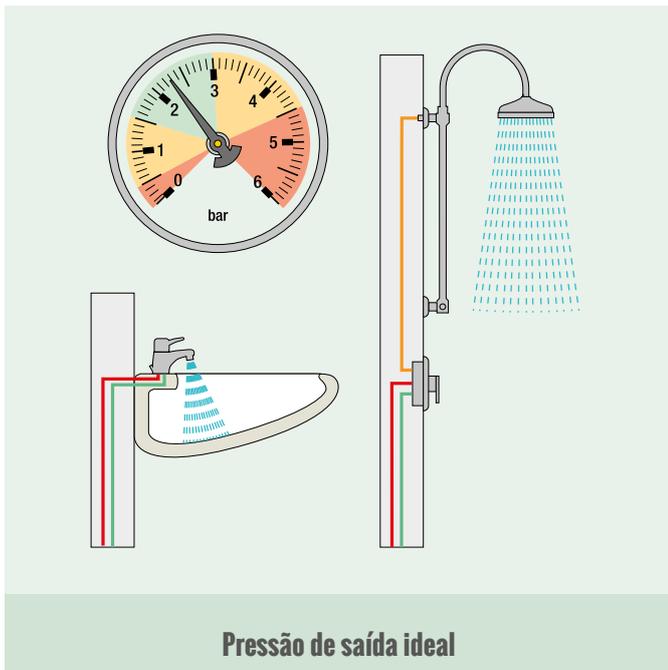
Com o tempo, foram introduzidas rodas, engrenagens, roldanas e rodas dentadas que deram origem a máquinas cada vez mais complexas - basta pensarmos nas inúmeras obras de Leonardo da Vinci.

A evolução conduziu aos sistemas de elevação eletrónicos sofisticados que temos atualmente, porém, em alguns países em vias desenvolvimento, ainda é possível encontrar em funcionamento rodas, alavancas ou parafusos em espiral.

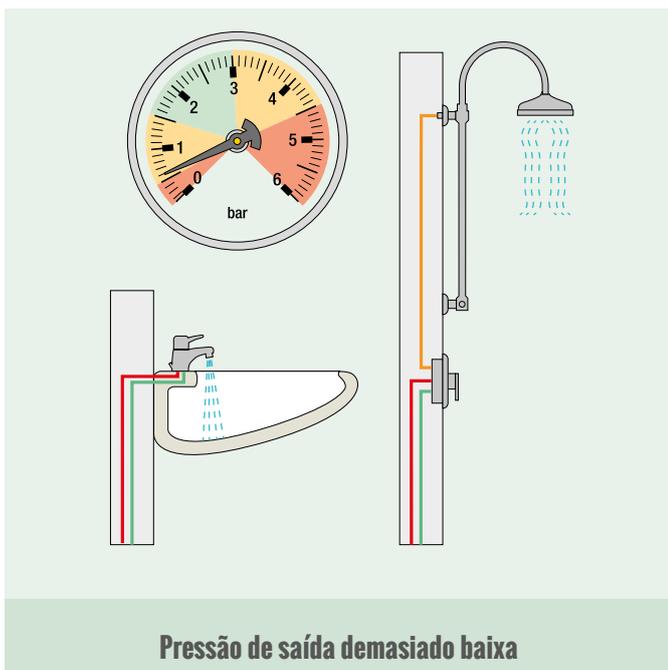


O CAMPO IDEAL PARA A DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO

O dimensionamento correto de uma rede hídrica deve assegurar o caudal nominal previsto em cada ponto de consumo de água, independentemente das exigências dos utilizadores e das condições de funcionamento. Por este motivo, convém manter e assegurar uma **pressão, no ponto de utilização, compreendida entre 1,5 e 3 bar**.



Caso a pressão de saída seja demasiado baixa, não é garantido o caudal necessário a cada ponto de utilização.



Por outro lado, caso a pressão de saída seja demasiado alta, podem ocorrer ruídos e danos nos dispositivos de utilização e na rede de distribuição.



A fim de garantir uma distribuição correta nos pontos de utilização, a rede de abastecimento de água sanitária deve ser dimensionada de forma a assegurar, em toda a sua extensão, a pressão e o caudal de projeto.

Pressão de projeto

É a pressão mínima de funcionamento prevista nos diversos pontos de utilização e com base na qual deve ser dimensionada a tubagem das redes de distribuição.

O dimensionamento deve ainda ter em conta a pressão disponível da rede pública e o tipo e extensão da rede de distribuição.

Como tal:

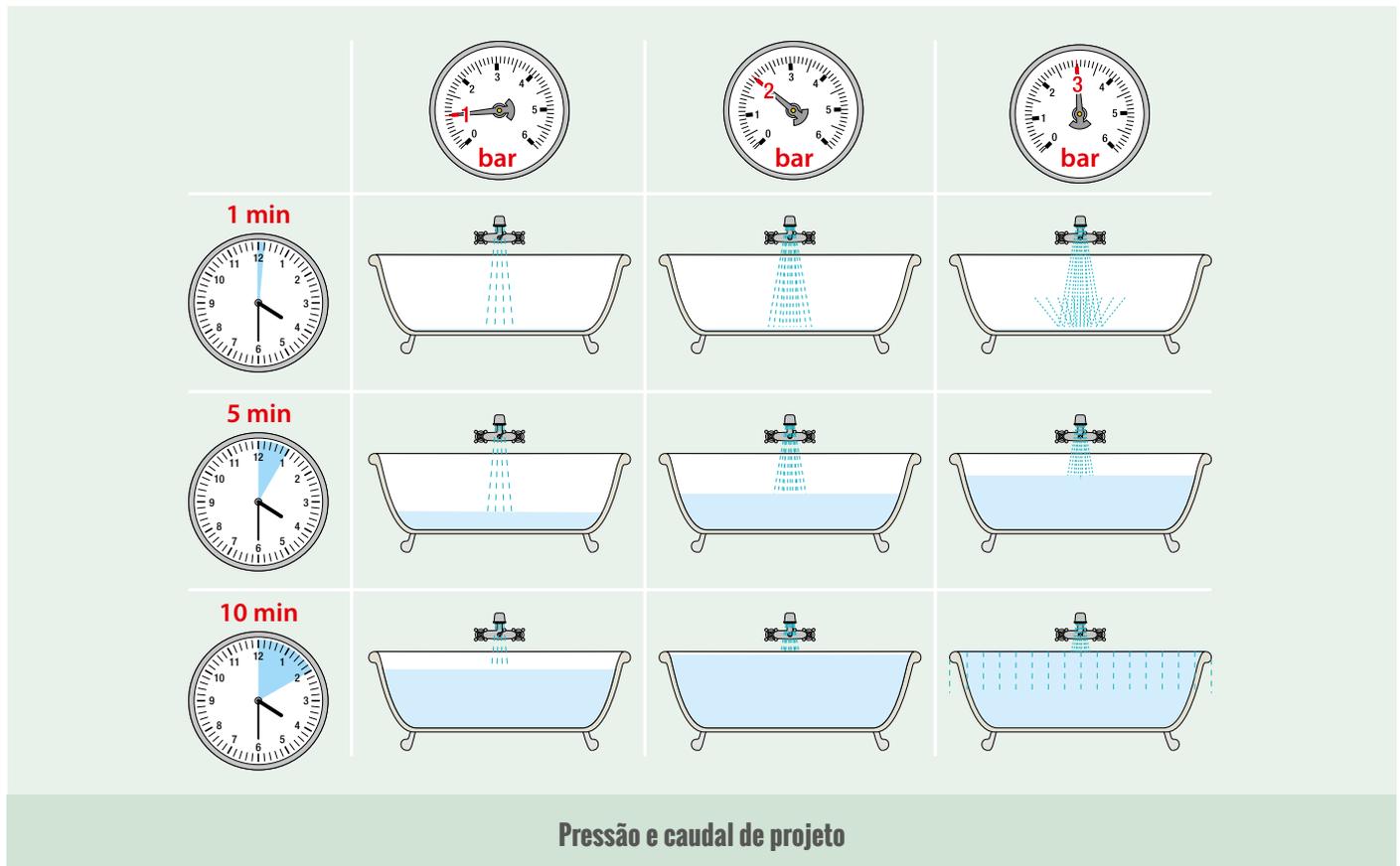
- se a pressão disponível da rede pública não permitir obter a pressão de projeto no ponto de utilização, serão necessários sistemas de pressurização para "aumentar" o respetivo valor;
- se, porém, a pressão disponível da rede pública for demasiado elevada, será necessário instalar dispositivos adequados, ou seja, redutoras de pressão, de forma a reconduzi-la aos valores de projeto.

Caudal de projeto

O caudal a considerar no dimensionamento da rede de distribuição da água sanitária é o caudal de projeto, que não coincide com o caudal total, dado que o fornecimento simultâneo a todos os pontos de utilização é uma situação improvável. O caudal total é, de facto, a soma dos caudais nominais de cada aparelho sanitário, enquanto o caudal de projeto deve ser calculado através da introdução de um coeficiente de redução apropriado.

Este coeficiente é o fator de simultaneidade que considera a probabilidade de uso simultâneo dos pontos de consumo.

SISTEMAS DE SOBRE-ELEVAÇÃO DA PRESSÃO



Os sistemas de sobre-elevação da pressão (ou grupos de pressurização) têm a função de:

- elevar a pressão até a um valor capaz de assegurar uma distribuição correta de água aos pontos de utilização;
- garantir o caudal correto nos pontos de utilização, mesmo quando há variação das necessidades.

Tipicamente, estes sistemas são usados quando:

- a pressão de alimentação da rede pública é insuficiente;
- é necessário distribuir a água contida nos reservatórios;
- é necessário recolher água de um poço.

O aumento da pressão obtém-se com eletrobombas de um ou mais estados, que devem ser escolhidas de acordo com as seguintes características:

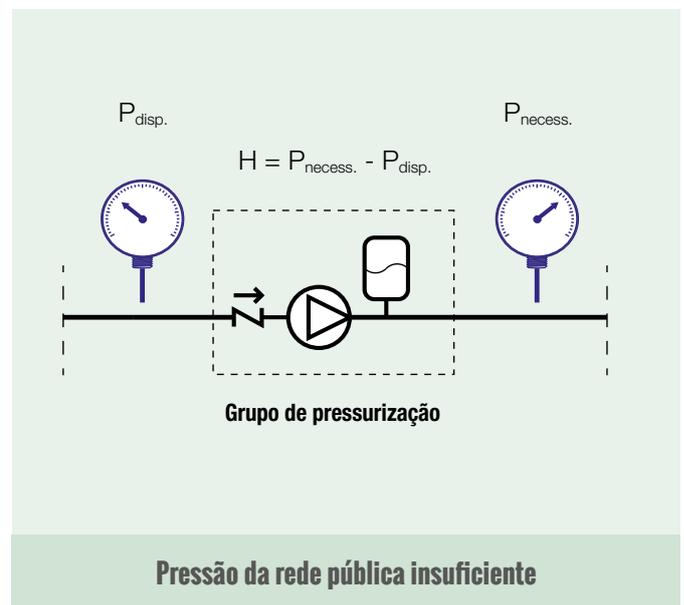
- G = caudal de projeto
- H = diferença entre a pressão máxima necessária e a pressão a montante do grupo de pressurização.

A altura manométrica da eletrobomba (H) é assim calculada com base na tipologia específica de instalação do grupo de pressurização. Os casos mais comuns de instalação são descritos em seguida.

1. Pressão de alimentação da rede insuficiente

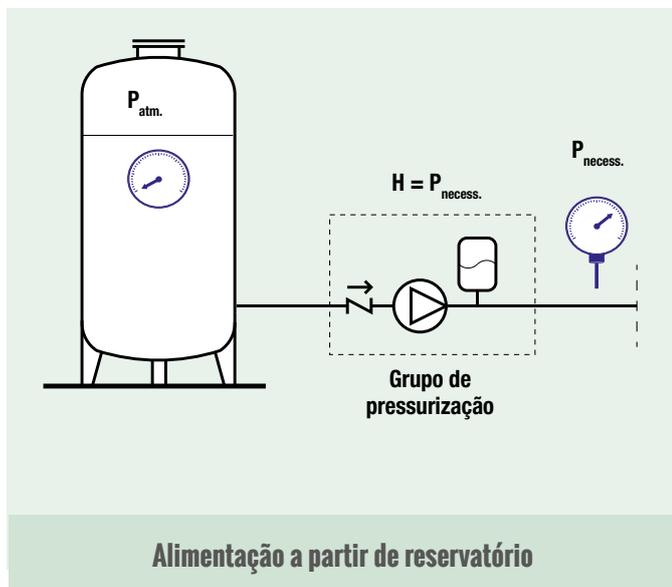
A altura manométrica do grupo de pressurização deve ser igual à diferença entre a pressão necessária ($P_{necess.}$) e a disponível na rede ($P_{disp.}$).

Dimensionar o grupo de pressurização com a altura manométrica igual à necessária poderá comportar problemas de pressão excessiva e custos operacionais mais elevados.



2. Alimentação a partir de reservatório

A altura manométrica do grupo de pressurização deve ser igual à necessária ($P_{necess.}$), já que os reservatórios geralmente acumulam água à pressão atmosférica.



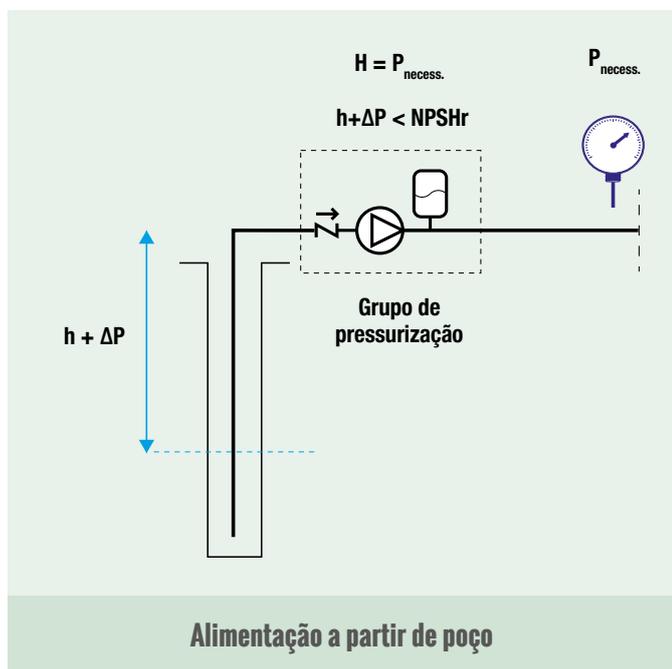
3. Alimentação a partir de poço

A altura manométrica do grupo de pressurização deve ser igual à necessária, mas é muito importante verificar a capacidade de aspiração da eletrobomba.

Geralmente, este valor é fornecido pelos fabricantes através dos valores de NPSHr (sigla em inglês que indica *Net Positive Suction Head required*).

É ainda necessário verificar que a soma da altura da coluna de água na aspiração (h) e das perdas de carga (ΔP) da conduta de aspiração é inferior (geralmente em 15-20 %) ao valor de NPSHr indicado pelo fabricante.

Caso seja necessária uma pressão de aspiração mais elevada do que o valor de NPSHr, é possível recorrer a eletrobombas submersas instaladas em poços.



Em qualquer dos três casos, o grupo de pressurização, que é utilizado para assegurar o caudal necessário (muito variável e descontínuo nas redes de distribuição de água sanitária) é composto por:

- uma ou mais eletrobombas de serviço;
- eventual eletrobomba de reserva caso seja necessário garantir um fornecimento permanente (por exemplo, nos hospitais);
- um ou mais reservatórios de água sob pressão;
- coletores de aspiração e ida, sensores de pressão, manômetros, acessórios hidráulicos de ligação e componentes vários para a fixação e quadros elétricos.

A função do reservatório de água sob pressão, também chamado autoclave, é limitar o número de arranques por hora das eletrobombas graças à reserva hídrica de água contida no seu interior. Esta reserva pode ser mantida sob pressão através do ar ou de um diafragma em material elástico (membrana).

Assim, com base na tipologia de eletrobombas e de reservatório utilizados, os grupos de pressurização são do tipo:

1. com uma ou mais eletrobombas de velocidade constante e autoclave sem membrana;
2. com uma ou mais eletrobombas de velocidade constante e autoclave com membrana;
3. com uma ou mais eletrobombas de velocidade variável.

Os primeiros dois sistemas são também denominados sistemas de **pressão variável**, já que a ativação e desativação das eletrobombas é comandada por um pressóstato com níveis de pressão fixos.

No momento em que é detetado o valor de pressão mínima, o pressóstato comanda a ativação das eletrobombas. Estas permanecem ativas até que seja atingido o nível de pressão máxima definido. A pressão no interior da rede varia assim entre estes dois níveis e, geralmente, esta diferença mantém-se entre 0,5 e 1 bar de modo a não serem geradas grandes diferenças de saída durante a utilização.

O terceiro sistema, por outro lado, é denominado sistema de **pressão constante**, já que a ativação das eletrobombas e a sua regulação é atribuída a um regulador eletrónico ligado a um sensor de pressão.

O regulador adapta o desempenho das eletrobombas, aumentando ou diminuindo a sua prestação consoante as variações de pressão detetadas, garantindo uma pressão de saída quase constante.

AUTOCLAVES SEM MEMBRANA

É o sistema de sobre-elevação tradicional composto por:

- **Reservatório autoclave**

Serve para conter a reserva hídrica necessária. O seu volume pode ser determinado com a seguinte fórmula:

$$V = 30 \cdot \frac{G_{pr} \cdot 60}{a} \cdot \left(\frac{P_{m\acute{a}x} + 1}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}} \right)$$

em que:

- V = Volume do autoclave, [l]
- G_{pr} = Caudal de projeto, [l/s]
- $P_{m\acute{i}n}$ = Pressão mín. de sobre-elevação [bar]
- $P_{m\acute{a}x}$ = Pressão máx. de sobre-elevação [bar]
- a = Número máximo de arranques por hora da eletrobomba [h-1]

Em média, pode considerar-se:

- a = 30 para potência da eletrobomba <3 kW
 - a = 25 para potência da eletrobomba 3÷5 kW
 - a = 20 para potência da eletrobomba 5÷7 kW
 - a = 15 para potência da eletrobomba 7÷10 kW
 - a = 10 para potência da eletrobomba > 10 kW
- A potência da eletrobomba pode ser calculada com a fórmula indicada no 1.º *Caderno Caleffi* na rubrica: ELETROBOMBAS.

- **Eletrobomba**

Serve para aumentar a pressão da água proveniente da rede pública.

Deve ser dimensionada de acordo com os critérios apresentados nas páginas 10 e 11.

- **Pressóstato de exercício**

Serve para ativar a eletrobomba quando a pressão é demasiado baixa ou para a desativar quando é demasiado alta relativamente aos valores estabelecidos.

- **Dispositivo de bloqueio**

Serve para impedir o funcionamento da eletrobomba quando existe o risco de funcionamento a seco (ou seja, na ausência de líquido bombeado).

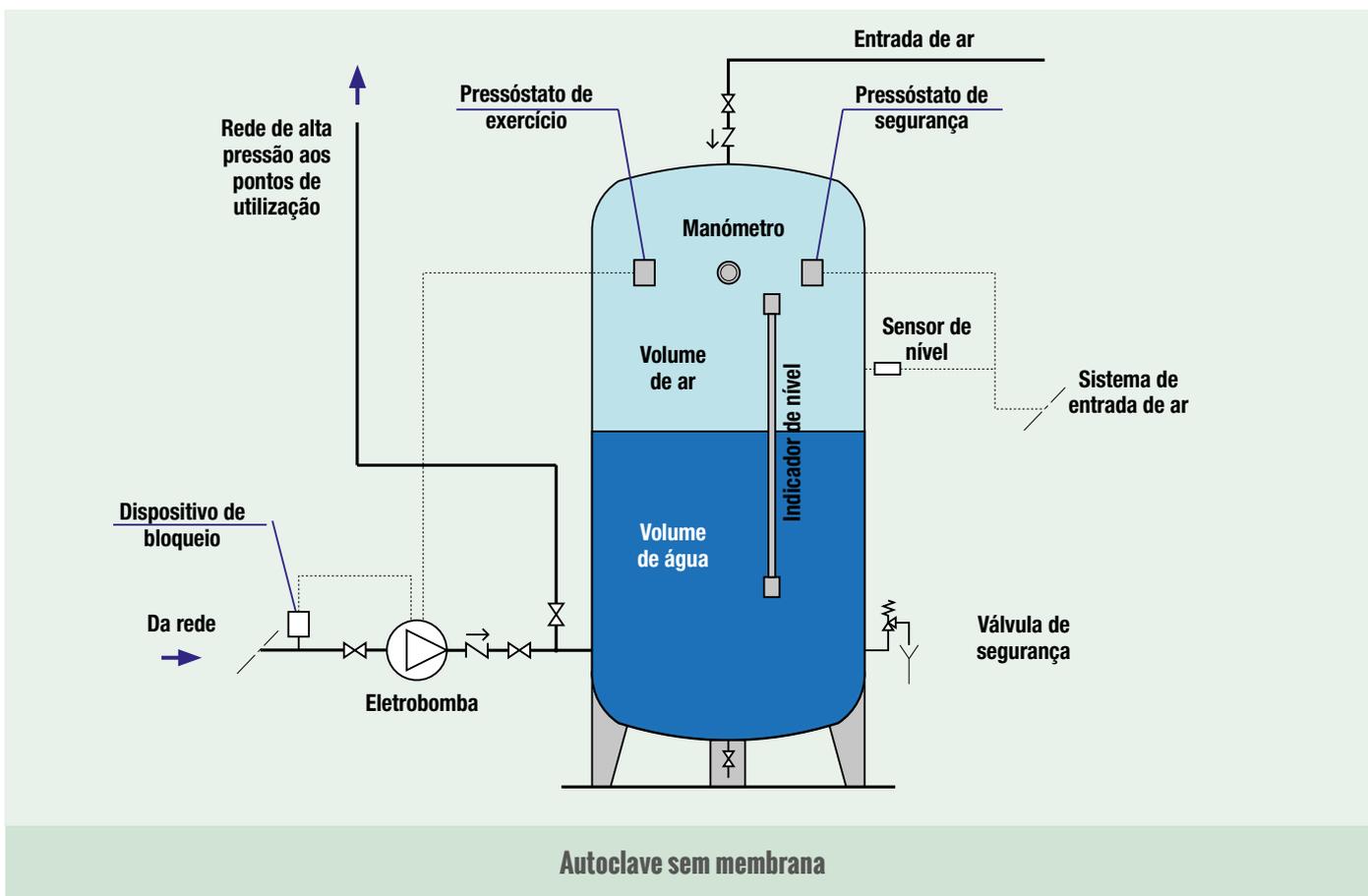
Se a eletrobomba aspirar diretamente da rede pública ou de um reservatório fechado, o sistema de bloqueio pode ser constituído por um pressóstato regulado a baixa pressão (por exemplo, a 1 bar); se a eletrobomba aspirar de um reservatório aberto, o sistema de bloqueio pode ser composto por um sensor de nível.

- **Sistema de entrada do ar**

Introduz ar a partir do exterior para manter a almofada de ar na parte superior do reservatório e evitar que esta seja lentamente absorvida pela água.

A entrada de ar pode ocorrer:

1. por meio de um alimentador automático de ar;
2. por meio de um compressor;
3. da rede de ar comprimido.

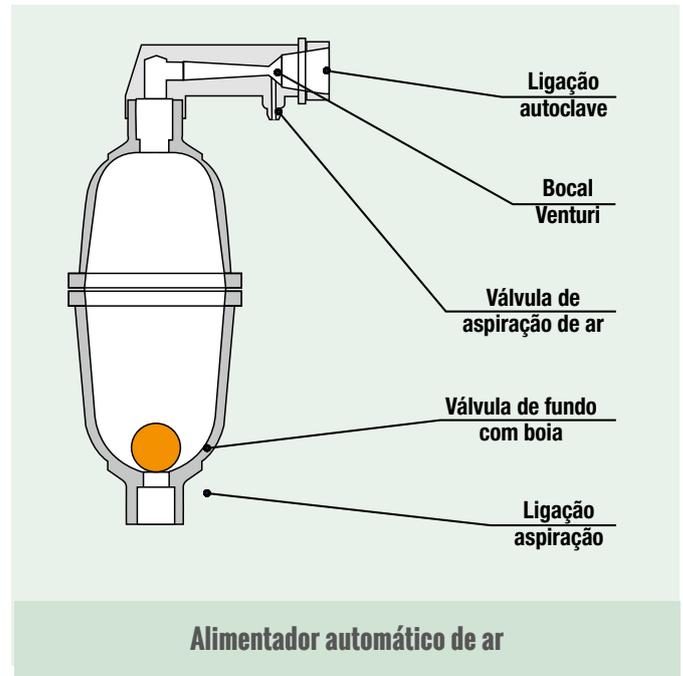


Entrada de ar por meio de alimentador automático de ar

O sistema consiste essencialmente num dispositivo constituído por pequeno recipiente equipado com uma válvula de fundo com boia e uma válvula de aspiração de ar. Esta última, se atravessada por um fluxo de água, é capaz de aspirar o ar do exterior por efeito Venturi. Este dispositivo deve ser instalado em correspondência com o nível de manutenção da almofada de ar e o seu funcionamento é esquematizado nas imagens seguintes.

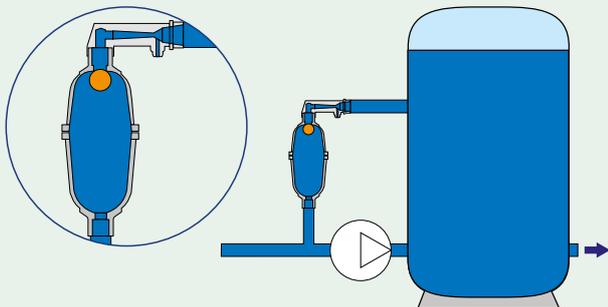
O alimentador automático de ar é indicado para instalações nas quais está previsto um funcionamento regular das eletrobombas, uma vez que beneficia dos arranques para desempenhar a sua função. O seu funcionamento correto é garantido quando existe uma aspiração negativa da eletrobomba; em caso de aspiração positiva, por sua vez, convém que esta não exceda 5 m c.a..

Não pode ser utilizado juntamente com eletrobombas submersas onde é fisicamente impossível a sua ligação com a aspiração das mesmas.



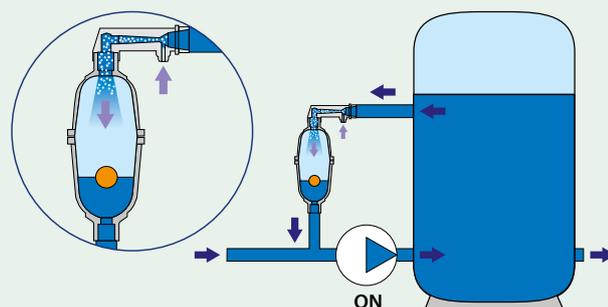
1. Condição inicial

A eletrobomba está parada. O nível de água contido no autoclave é superior ao limite mínimo, e por conseguinte, o alimentador está cheio de água.



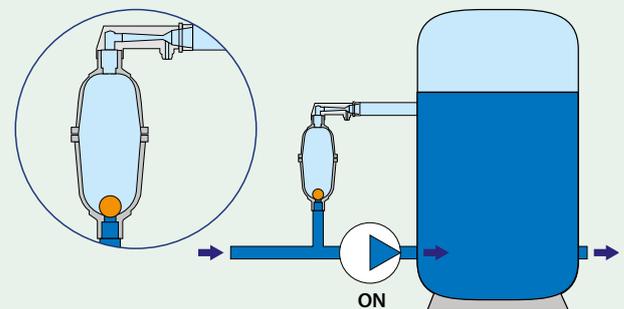
2. Arranque da eletrobomba

A depressão gerada pelo arranque da eletrobomba permite conduzir a água do autoclave para a boca de aspiração da própria eletrobomba. Deste modo, no interior do circulador, cria-se um fluxo que, ao atravessar o bocal Venturi, aciona a válvula de aspiração. Por conseguinte, o ar aspirado enche progressivamente o alimentador.



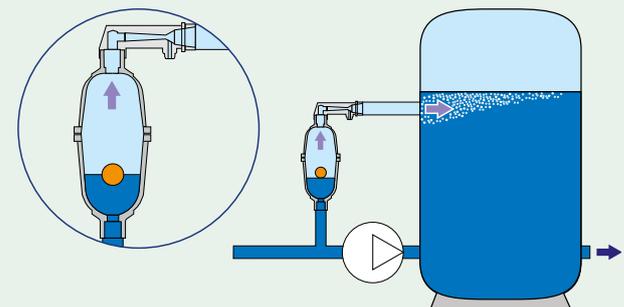
3. Funcionamento normal da eletrobomba

Quando o alimentador estiver cheio de ar, a boia existente no seu interior posiciona-se no fundo do dispositivo, de modo a fechar a ligação com a eletrobomba, evitando assim a entrada de ar nesta última.



4. Desativação da eletrobomba

Quando a eletrobomba está parada, graças ao princípio dos vasos comunicantes, o ar contido no alimentador, sendo mais leve do que a água, volta a subir e enche a parte superior do autoclave. O alimentador está assim pronto para um novo ciclo.



Entrada de ar por meio de compressor

O sistema é essencialmente composto por:

- **Compressor**

Serve para aumentar a pressão do ar e conduzi-lo para o interior do autoclave.

Recomenda-se instalar um compressor isento de lubrificação e com os filtros de ar adequados.

- **Sensor de nível**

Serve para manter sob controlo o nível da almofada de ar, ativando o compressor (quando o nível da água for superior ao de controlo do sensor de nível) e parando-o (quando o nível da água se situar abaixo deste limite).

- **Pressóstato de segurança**

Serve para impedir o arranque do compressor (ou para o parar, se já tiver arrancado) quando, no reservatório, for ultrapassada a pressão máxima de sobre-elevação.

A utilização do compressor é recomendada em todos os casos onde não estejam garantidos arranques e paragens frequentes das eletrobombas, por exemplo, instalações para uso muito esporádico ou com consumo constante de água. Sendo um sistema caracterizado por uma elevada fiabilidade, é amplamente utilizado onde exista este requisito, como para pressurização em grandes complexos residenciais, hospitais ou processos de produção.

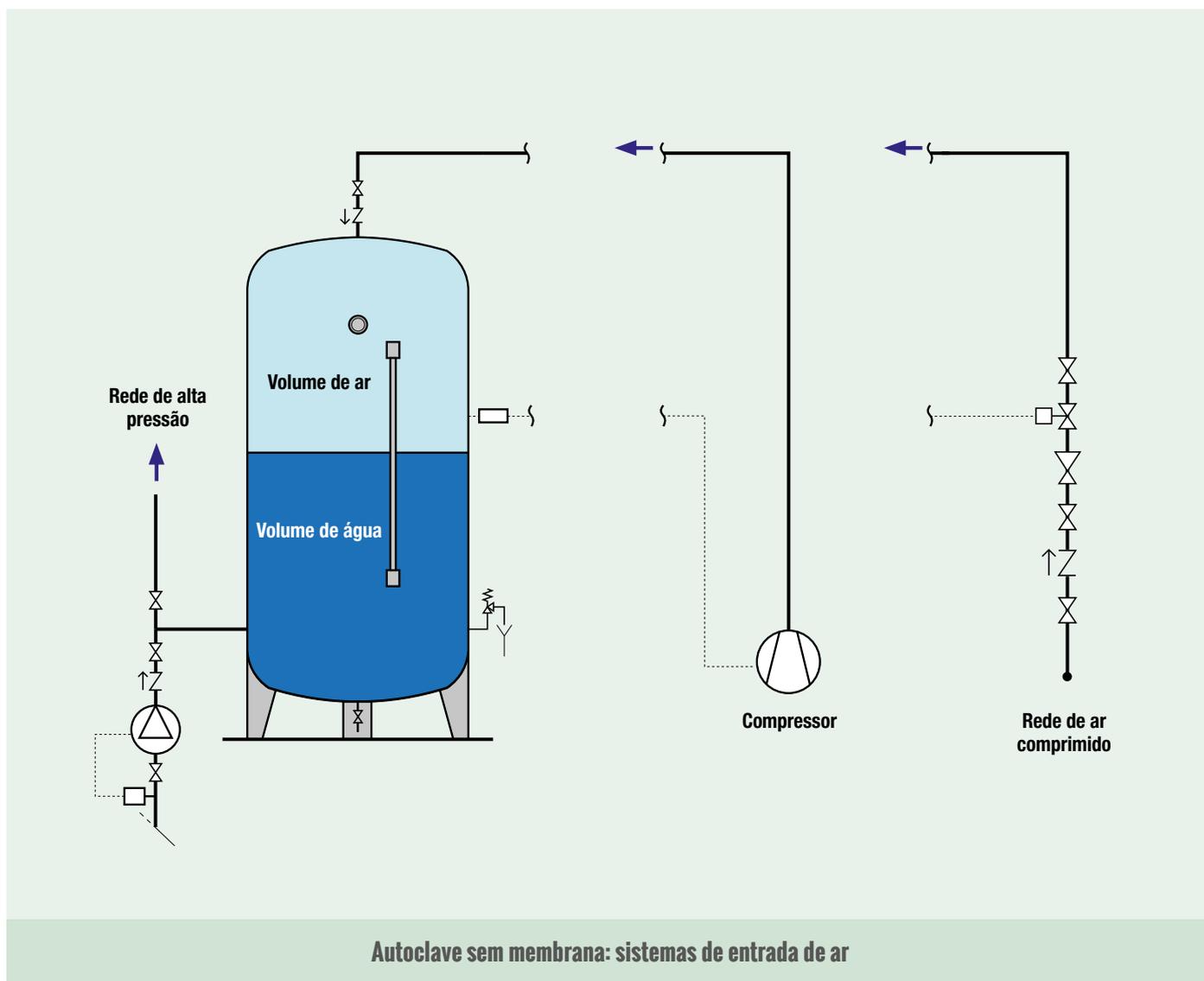
Entrada de ar por meio de rede de ar comprimido

Trata-se de um sistema conceptualmente semelhante àquele com compressor mas, no lugar deste último, utiliza-se uma eletroválvula para permitir a entrada de ar a partir de uma rede de ar comprimido.

A utilização destes sistemas é geralmente aplicada a nível industrial, onde já estão presentes redes de ar comprimido por exigências de produção.

Em geral, se as pressões de distribuição do ar comprimido forem elevadas, é aconselhável a utilização de uma redutora de pressão, antes da eletroválvula.

É ainda imprescindível a utilização de um bom sistema de retenção, uma vez que uma possível despressurização da rede pode drenar a água contida no autoclave para dentro da rede de ar comprimido.



AUTOCLAVES COM MEMBRANA

Este sistema de sobre-elevação é composto por:

- **reservatório com membrana,**
- **eletrobomba,**
- **pressóstato de exercício,**
- **dispositivo de bloqueio.**

É um sistema semelhante aos autoclaves sem membrana, mas, ao contrário destes, em que o ar está constantemente em contacto com a água, são usados reservatórios com membranas de borracha natural ou artificial.

Esta solução permite prescindir do sistema de entrada de ar. Os reservatórios são previamente carregados com azoto para evitar fenómenos de oxidação das suas superfícies internas. A pressão inicial do gás carregado, também denominada pressão de pré-carga, deve ser ligeiramente inferior à pressão mínima de sobre-elevação mas, ao mesmo tempo, superior à pressão hidrostática da instalação, a fim de evitar depressurizações.

$$P_{\text{hidrostática}} < P_{\text{pré-carga}} < P_{\text{sobre-elevação}}$$

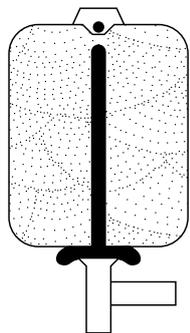
Se a pressão de pré-carga for inferior à pressão hidrostática, além de manter a membrana constantemente expandida, pode haver o risco de esvaziamento da coluna de água a jusante.

Se, por sua vez, a pressão de pré-carga for maior do que a pressão de sobre-elevação, não é possível beneficiar da expansão da membrana do autoclave e existe o risco de aumento excessivo da pressão na instalação.

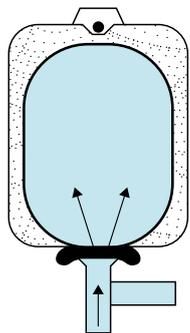
Com o arranque das eletrobombas, a água comprime o gás até à obtenção da pressão máxima prevista. À medida que existe necessidade nos pontos de utilização, a pressão “armazenada” retorna gradualmente à instalação no período que decorre entre a desativação e ativação das eletrobombas. Com o objetivo de proteger as eletrobombas do perigo de funcionamento a seco, convém considerar (para integração nos equipamentos normalmente usados) um dispositivo de bloqueio. Este pode ser um sensor de nível para eletrobombas que efetuam a aspiração a partir de um reservatório aberto, ou um pressóstato (regulado a baixa pressão) para eletrobombas que aspiram da rede pública ou de um reservatório sob pressão (pré-autoclave).

O dimensionamento dos autoclaves com membrana é semelhante ao dos autoclaves sem membrana e pode ser calculado com a fórmula apresentada na página seguinte.

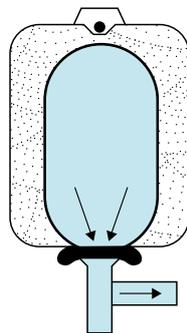
Funcionamento normal do autoclave com membrana



O reservatório é cheio com azoto à pressão de pré-carga.

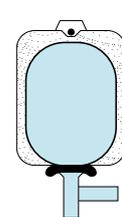


A pressão crescente da água comprime a almofada de azoto e dilata a membrana até à pressão predefinida.

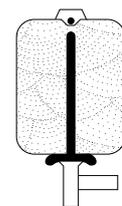


A pressão decrescente da água é compensada pelo reservatório com membrana.

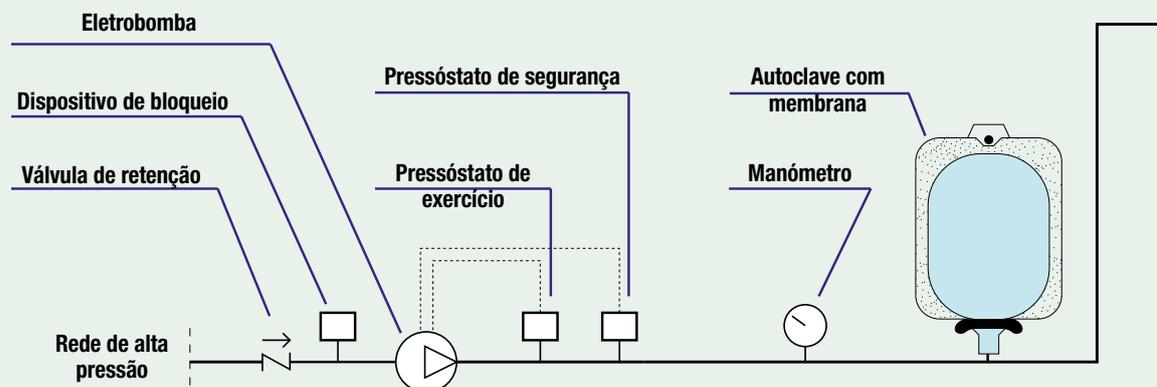
Pressão de pré-carga errada



$P_{\text{pré-carga}} < P_{\text{hidrostática}}$
A pressão hidrostática mantém a membrana em constante expansão.



$P_{\text{pré-carga}} > P_{\text{sobre-elevação}}$
A pressão de pré-carga não permite que a membrana se expanda.



Autoclave com membrana

$$V = 6 \cdot \frac{G_{pr} \cdot 60}{a} \cdot \left(\frac{P_{m\acute{a}x} + 1}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}} \right)$$

em que:

- V = Volume do autoclave, [l]
- G_{pr} = Caudal de projeto, [l/s]
- P_{mín} = Pressão mínima de sobre-elevação [bar]
- P_{máx} = Pressão máxima de sobre-elevação [bar]
- a = Número máximo de arranques por hora da eletrobomba [h⁻¹]

Em média, pode considerar-se:

- a = 30 para a potência da eletrobomba <3 kW
 - a = 25 para a potência da eletrobomba 3÷5 kW
 - a = 20 para a potência da eletrobomba 5÷7 kW
 - a = 15 para a potência da eletrobomba 7÷10 kW
 - a = 10 para a potência da eletrobomba > 10 kW
- A potência da eletrobomba pode ser calculada com a fórmula indicada no 1.º *Caderno Caleffi* na rubrica: ELETROBOMBAS.

O uso de autoclaves com membrana conduz assim a uma redução considerável do volume dos reservatórios em comparação com os autoclaves sem membrana, com o mesmo desempenho. Nos reservatórios com membrana, efetivamente, todo o volume interno é utilizado para expansão e compressão do ar.

Em relação àquele sem membrana, o sistema de autoclave com membrana tem as seguintes vantagens:

- apresenta dimensões mais reduzidas;
- não requer um sistema de entrada de ar;
- permite um controlo e intervenções para uma manutenção mais simples.

Exemplo de dimensionamento

Dimensionar um **autoclave sem membrana** para um edifício residencial com 50 apartamentos.

Cada apartamento está equipado com:

- 1 sanita
- 1 lavatório
- 1 chuveiro
- 1 bidé
- 1 lava-loiças de cozinha

A água é recolhida de um reservatório sob pressão atmosférica e deverá ser pressurizada até 6 bar.

Calcula-se o caudal total da instalação pela soma dos caudais de projeto para cada ponto de utilização:

- 1 sanita = 0,1 l/s
- 1 lavatório = 0,1 l/s
- 1 chuveiro = 0,2 l/s
- 1 bidé = 0,1 l/s
- 1 lava-loiças de cozinha = 0,2 l/s

Caudal total por cada habitação:

$$G_{\text{habitação}} = 0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,1 + 0,2 = 0,7 \text{ [l/s]}$$

Caudal total para 50 habitações:

$$G_{\text{total}} = 50 \cdot 0,7 = 35 \text{ [l/s]}$$

Caudal de projeto:

o caudal de projeto é calculado utilizando o coeficiente de simultaneidade (f) determinado com base nos gráficos ou tabelas indicados nas normas. A este respeito, consultar a *Hidráulica* n.º 34.

$$f = 5,3 \%$$

$$G_{\text{projeto}} = G_{\text{total}} \cdot f$$

$$G_{\text{projeto}} = 35 \cdot f = 1,85 \text{ [l/s]}$$

Se considerarmos uma eletrobomba do grupo de pressurização com caudal de reintegração igual a G_{projeto} e, portanto, potência inferior a 3 kW, obtêm-se cerca de 30 arranques por hora.

Além disso, considerando os seguintes valores de pressão:

$$P_{\text{mín}} = 5 \text{ bar}$$

$$P_{\text{máx}} = 6 \text{ bar}$$

é possível calcular o volume do autoclave, como se segue.

$$V = 30 \cdot \frac{1,85 \cdot 60}{30} \cdot \left(\frac{6 + 1}{6 - 5} \right) = 777 \text{ [l]}$$

Deve-se, assim, escolher um autoclave sem membrana de 800 litros.

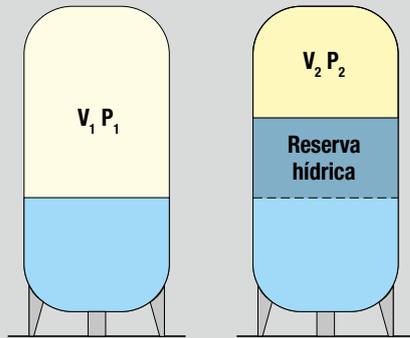
Caso, para a mesma instalação, seja necessário instalar um **autoclave com membrana**, obter-se-ia um volume igual a:

$$V = 6 \cdot \frac{1,85 \cdot 60}{30} \cdot \left(\frac{6 + 1}{6 - 5} \right) = 155 \text{ [l]}$$

Deve-se, assim, escolher um autoclave com membrana de 200 litros.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIMENSIONAMENTO DOS AUTOCLAVES

A pressurização da água é obtida recorrendo à ação elástica do ar aprisionado na parte superior do autoclave.



Para o ar, é válida a fórmula:

$$P \cdot V = \text{const}$$

$$V_2 \cdot P_2 = V_1 \cdot P_1$$

O volume V_2 é o volume de ar à pressão máxima ($P_{\text{máx}}$) enquanto o volume V_1 corresponde à almofada de ar à pressão mínima ($P_{\text{mín}}$).

A reserva hídrica (R) é igual à diferença entre V_1 e V_2 .

$$R = V_1 - V_2$$

$$R = V_1 \cdot \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$R = V_1 \cdot \left(1 - \frac{P_1}{P_2}\right) = V_1 \cdot \left(\frac{P_2 - P_1}{P_2}\right)$$

Se utilizarmos a pressão relativa podemos definir P_2 e P_1 como:

$$P_2 = P_{\text{máx}} + P_{\text{atm}}$$

$$P_1 = P_{\text{mín}} + P_{\text{atm}}$$

Assim:

$$R = V_1 \cdot \left(\frac{P_{\text{máx}} + P_{\text{atm}} - P_{\text{mín}} - P_{\text{atm}}}{P_{\text{máx}} + P_{\text{atm}}}\right)$$

$$R = V_1 \cdot \left(\frac{P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}}}{P_{\text{máx}} + P_{\text{atm}}}\right)$$

Expressando o volume da almofada de ar ($V_1 = V_{\text{ar}}$) em função da reserva hídrica, obtém-se:

$$V_{\text{ar}} = R \cdot \left(\frac{P_{\text{máx}} + P_{\text{atm}}}{P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}}}\right)$$

A reserva hídrica garante um número contido de arranques por hora da(s) eletrobomba(s) para evitar sobreaquecimentos.

Considerando uma eletrobomba a velocidade constante, o número de arranques depende do caudal por hora da eletrobomba G_h e do caudal necessário ($G_{\text{utilização}}$).

O caudal necessário varia bastante em função do ponto de utilização (ver gráficos na página seguinte). O caso em que se verificam os maiores arranques da eletrobomba ocorre quando o caudal necessário é metade do da eletrobomba. Assim, na pior das hipóteses, os arranques por hora da eletrobomba serão:

$$a = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_h}{R}$$

em que:

G_h = Caudal da eletrobomba [l/h]

R = Reserva hídrica [l]

Em todos os outros casos, teremos:

$$a = F \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{G_h}{R}$$

Onde F é um fator de redução que varia de 0 a 1. Assim:

$$R = F \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{G_h}{a}$$

Geralmente, utiliza-se um fator de redução de 20 %, pois é muito raro que o caudal necessário seja exatamente igual ao de projeto e que esse caudal permaneça constante por um período de uma hora. Se considerarmos um fator $F = 0,2$ e expressarmos o caudal de projeto (G) em l/s, teremos:

$$R = 6 \cdot \frac{G \cdot 60}{a}$$

Introduzindo o valor calculado na fórmula e expressando a pressão em bar, teremos:

$$V_{\text{ar}} = 6 \cdot \frac{G \cdot 60}{a} \cdot \left(\frac{P_{\text{máx}} + 1}{P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}}}\right)$$

Nos **autoclaves com membrana**, o volume de ar pode ocupar todo o volume do reservatório, portanto, podemos assumir:

$$V_{\text{autoclave}} = V_{\text{ar}}$$

Pelo contrário, nos **autoclaves sem membrana**, o volume de ar é apenas uma parte do total, já que é necessário garantir uma quantidade mínima de água (reserva hídrica). Portanto:

$$V_{\text{autoclave}} = \alpha \cdot V_{\text{ar}}$$

Geralmente, podemos supor que:

$$\alpha = 5$$

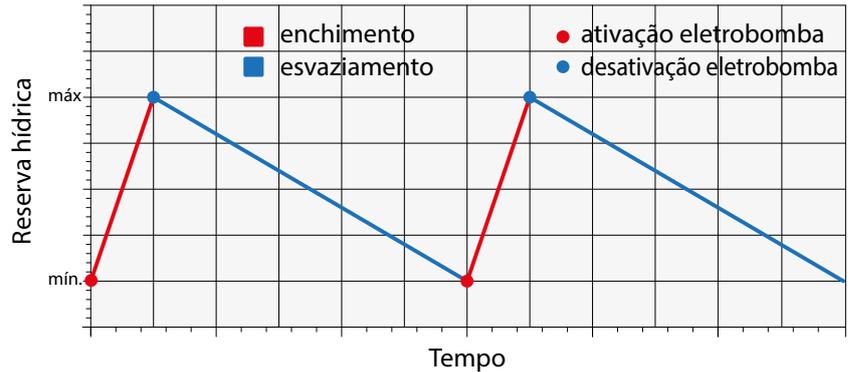
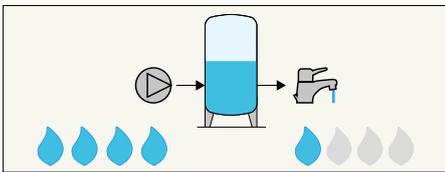
OS ARRANQUES POR HORA DAS ELETROBOMBAS

A título de exemplo, é apresentada em seguida a evolução, ao longo do tempo, dos ciclos de enchimento e esvaziamento do reservatório alimentado por uma eletrobomba de caudal constante. Sempre que a reserva hídrica atinge o seu valor mínimo, a eletrobomba arranca e desliga-se quando é alcançado o nível máximo.

Para simplificar, considera-se um caudal de consumo constante a partir do reservatório em três situações diferentes.

Caso 1: assume-se que o caudal médio necessário aos pontos de utilização ($G_{\text{utilização}}$) é menor que o reintegrado no autoclave pela eletrobomba ($G_{\text{eletrobomba}}$). Consequentemente, o tempo médio de enchimento é inferior ao tempo de esvaziamento e o número de arranques por hora permanece limitado.

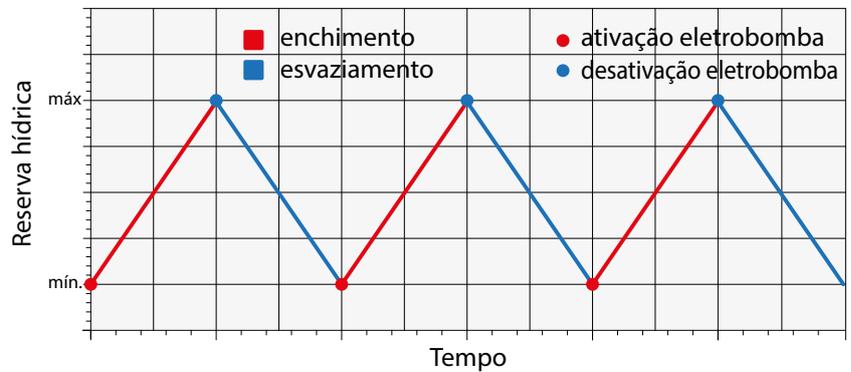
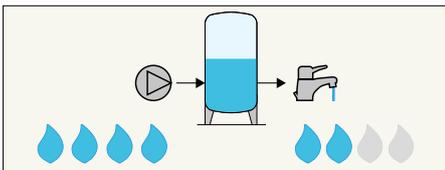
$$G_{\text{eletrobomba}} \gg G_{\text{utilização}}$$



Caso 2: assume-se a situação que exige o número máximo de arranques por hora. Isto ocorre quando o caudal médio necessário aos pontos de utilização ($G_{\text{utilização}}$) é igual à metade do caudal reintegrado no autoclave pela eletrobomba ($G_{\text{eletrobomba}}$).

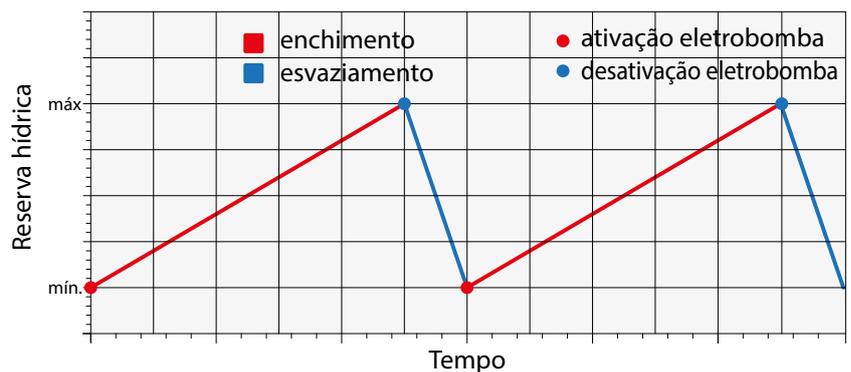
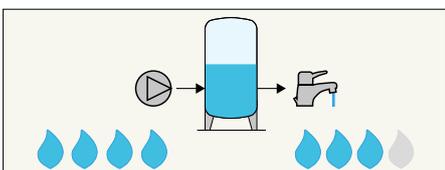
Nesta situação, efetivamente, o tempo médio de enchimento é igual ao de esvaziamento.

$$G_{\text{eletrobomba}} = 1/2 G_{\text{utilização}}$$



Caso 3: assume-se um caudal necessário aos pontos de utilização ($G_{\text{utilização}}$) ligeiramente inferior ao reintegrado no autoclave pela eletrobomba ($G_{\text{eletrobomba}}$). O tempo médio de enchimento é bastante dilatado, uma vez que o consumo é consistente.

$$G_{\text{eletrobomba}} \approx G_{\text{utilização}}$$



GRUPOS DE PRESSURIZAÇÃO COM ELETROBOMBAS E INVERTER

É um sistema essencialmente composto por:

- uma ou mais eletrobombas de velocidade variável,
- um detetor de pressão,
- um quadro de comando,
- um autoclave com membrana.

Este sistema é capaz de se autorregular e de pressurizar a água constantemente a uma pressão predefinida.

Normalmente, todo o grupo de sobre-elevação é fornecido como um conjunto monobloco, montado, calibrado e testado em fábrica.

Essencialmente, o sistema é constituído por uma ou mais eletrobombas de rotações variáveis, em paralelo, com desempenho idêntico. Apenas os grupos de alto desempenho, compostos por eletrobombas de elevada potência, estão equipados com uma eletrobomba mais pequena (denominada Jockey), capaz de satisfazer os baixos caudais sem que sejam acionadas as principais.

Intervindo na ativação das eletrobombas e na modulação da sua velocidade de rotação, estes grupos são capazes de fornecer caudais dentro de um intervalo muito amplo.

O caudal máximo, dado pela ativação de todas as eletrobombas com a maior velocidade de rotação, deve ser igual ao caudal de projeto.

Por outro lado, o caudal mínimo fornecido é igual ao da eletrobomba mais pequena no funcionamento mínimo de rotação.

Para assegurar também caudais inferiores ao mínimo (fugas de água ou pequenos consumos), os grupos são normalmente fornecidos com um autoclave com membrana. O dimensionamento deste último é geralmente realizado pelo fabricante de acordo com regras semelhantes às descritas nas páginas anteriores, mas também tendo em conta o caudal mínimo que o grupo deve ser capaz de assegurar. Por esta razão, os autoclaves dos grupos de pressurização são muito pequenos.

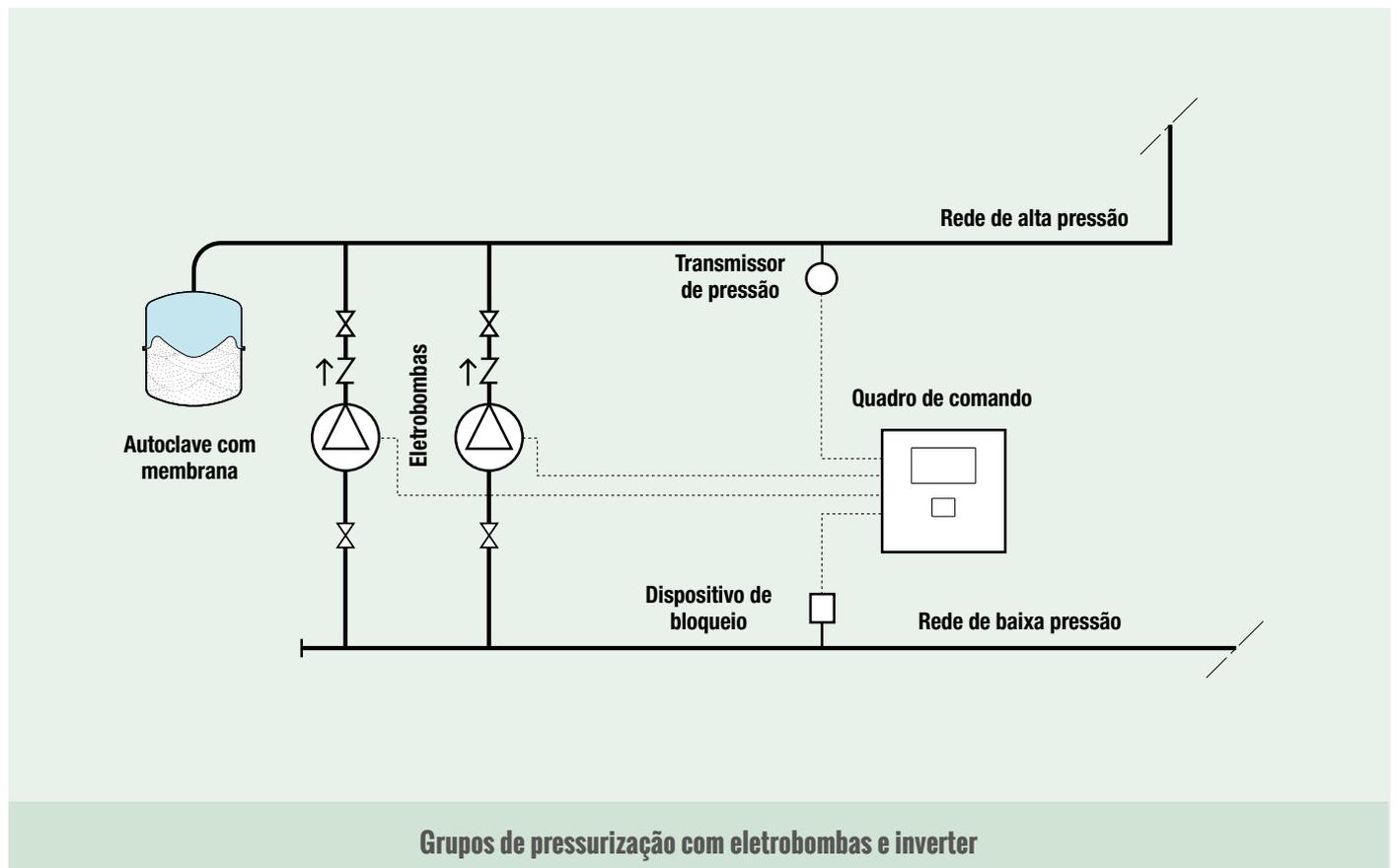
São, além disso, capazes de atenuar variações bruscas de pressão.

Também para os grupos de bombagem com inverter convém tomar medidas contra o risco de funcionamento a seco, considerando a aplicação de um dispositivo de bloqueio.

No caso de eletrobombas que efetuam a aspiração a partir de reservatório aberto, é possível utilizar um sensor de nível, ao passo que para aquelas que aspiram a partir da rede pública ou de um reservatório sob pressão, pode aplicar-se um pressóstato regulado a baixa pressão.

As vantagens deste tipo de sistemas são:

- manutenção da pressão em valores quase constantes;
- compacidade do sistema, isto é, dimensões muito reduzidas.



SISTEMAS DE REDUÇÃO DA PRESSÃO

A distribuição da água é, por vezes, efetuada a pressões elevadas e, frequentemente, descontínuas. Por esta razão, é necessário reduzir e estabilizar a pressão em valores ideais predefinidos antes da distribuição aos pontos de utilização da rede privada, recorrendo a dispositivos denominados redutoras de pressão. Estas podem ser divididas essencialmente em:

- redutoras de pressão de ação direta que, por sua vez, podem ter membrana ou pistão;
 - redutoras e estabilizadoras de pressão com circuito piloto.
- As **redutoras de ação direta** são habitualmente utilizadas em instalações domésticas e em instalações industriais de pequena e média dimensão.

Como veremos mais detalhadamente, estes dispositivos recorrem à ação de uma membrana (ou de um pistão) e de uma mola ligados a um obturador.

As **redutoras e estabilizadoras de pressão com circuito piloto** oferecem um controlo mais preciso da pressão (especialmente com grandes capacidades e caudais elevados), mas são utilizadas principalmente em aplicações industriais, devido às suas dimensões, complexidade e custos.

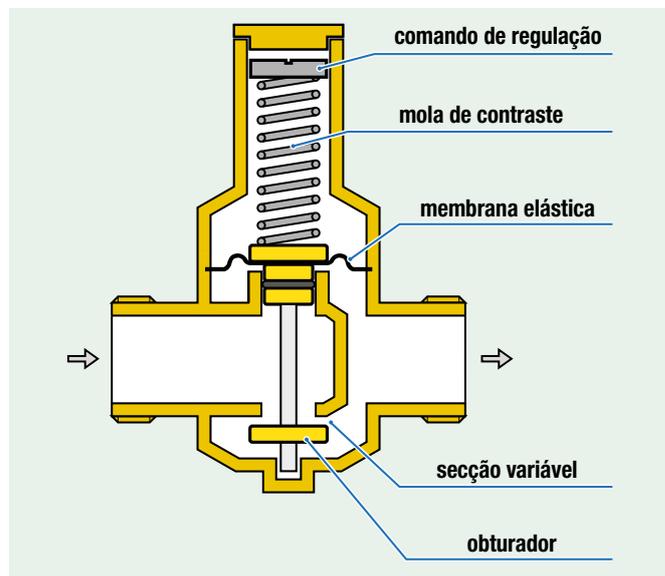
REDUTORAS DE PRESSÃO COM MEMBRANA

Como já referido, as redutoras de pressão têm a função de reduzir a pressão na entrada, nas redes de distribuição, para um valor que pode ser regulado manualmente através do próprio dispositivo. A sua ação também permite a eliminação de flutuações de pressão que possam ocorrer no interior da tubagem; estas variações ocorrem normalmente entre as horas diurnas e noturnas devido à menor necessidade de água.

A possibilidade de fornecer os pontos de utilização com pressões quase constantes garante a manutenção da eficiência dos componentes ao longo do tempo, previne o ruído e permite ainda uma poupança considerável de água. Sobre este último aspeto, consultar o exposto na pág. 43 e seguintes.

São essencialmente constituídas por:

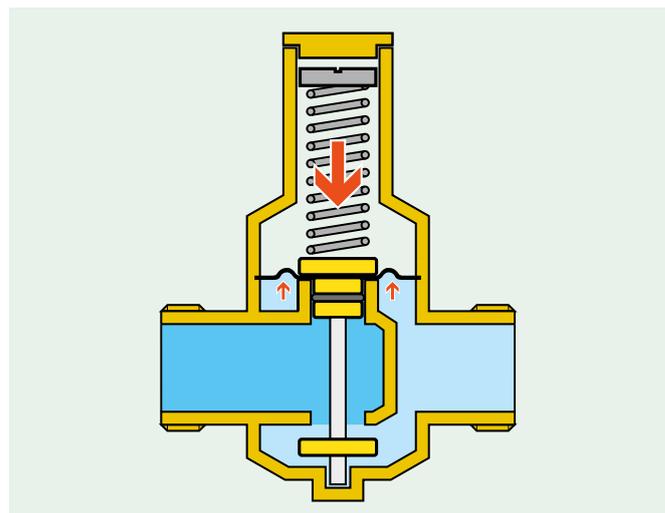
- um comando de regulação,
 - uma mola de contraste,
 - uma membrana elástica,
 - um obturador ligado à membrana através de uma haste.
- A membrana é sensível a variações de pressão e muito reativa na estabilização.



Princípio de funcionamento

O **princípio de funcionamento** da redutora baseia-se no equilíbrio entre duas forças opostas.

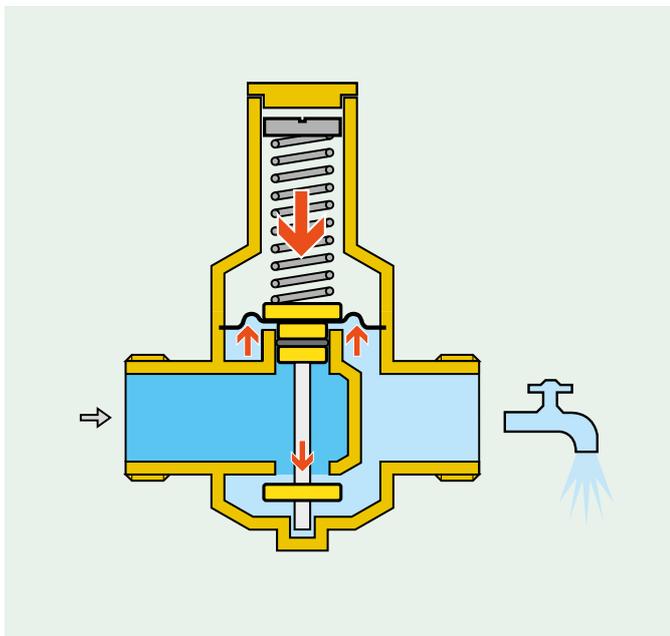
A mola empurra o obturador para baixo, na direção de abertura da redutora. Por seu turno, a pressão a jusante, que atua sobre a membrana, cria uma força oposta que tende a empurrar o obturador para cima, na direção de fecho.



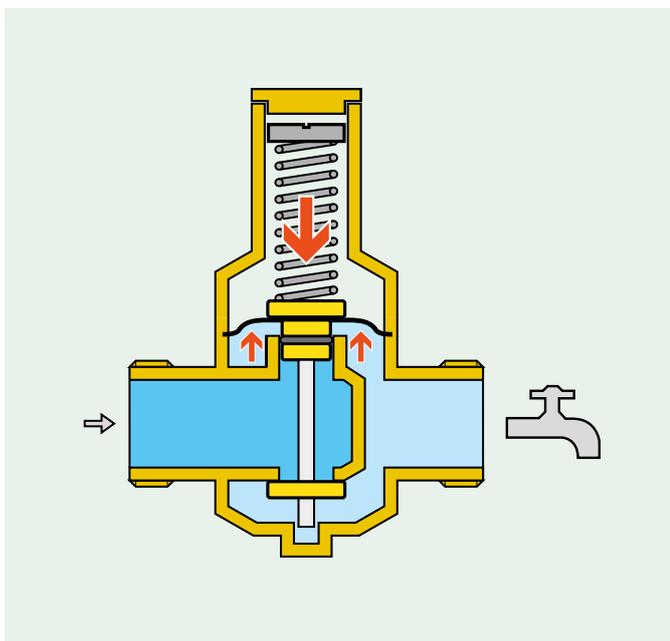
A redutora funciona tanto durante o consumo, como quando as torneiras estão fechadas.

Através do parafuso de regulação, é possível alterar a compressão inicial da mola (ou seja, alterar a sua pré-regulação) e determinar uma força de impulso diferente. Esta particularidade de construção permite, assim, efetuar a regulação da redutora no valor de pressão desejado.

Abrindo uma torneira na linha a jusante da redutora, verifica-se uma diminuição de pressão sob a membrana. A força da mola prevalece sobre a exercida pela água sob a membrana; a mola empurra o obturador para baixo permitindo a passagem da água. A abertura do obturador é tanto mais ampla quanto maior for o número de torneiras abertas, ou seja, quanto maior for a diminuição da pressão sob a membrana.

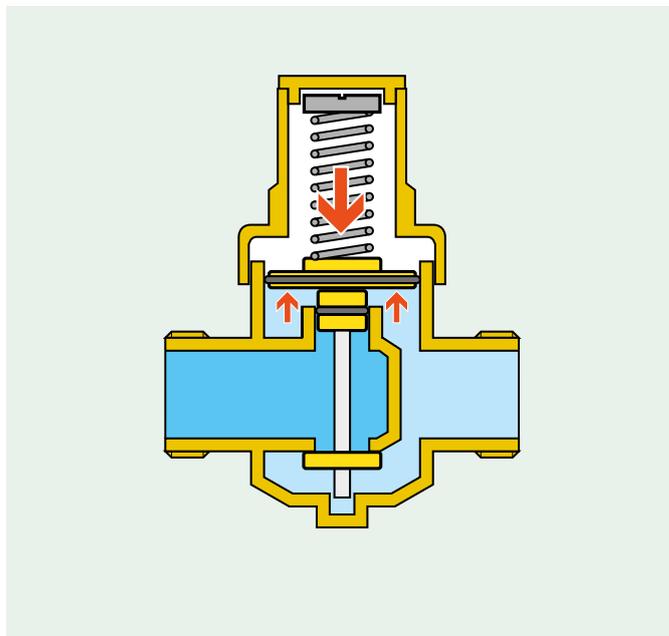


Fechando todas as torneiras a jusante da redutora, a pressão por baixo da membrana aumenta até equilibrar o impulso (regulação) da mola. O obturador fecha-se mantendo a jusante um valor de pressão igual ao de regulação.

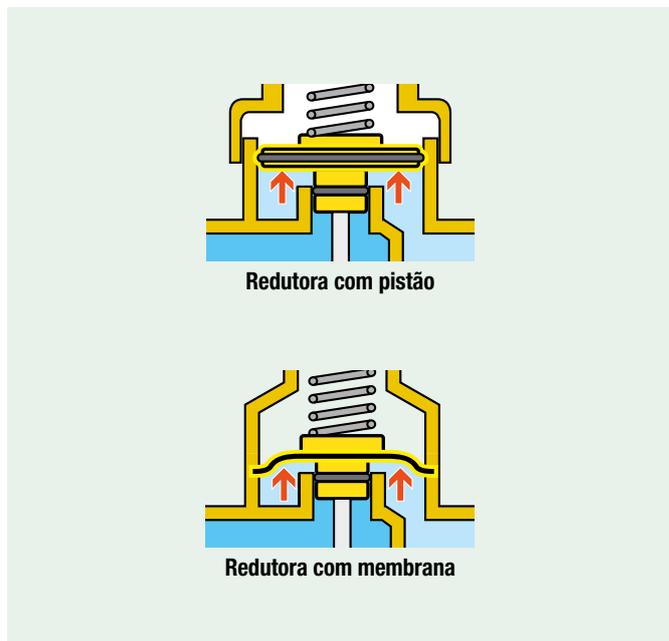


REDUTORAS DE PRESSÃO COM PISTÃO

O funcionamento das redutoras de pressão com pistão é muito semelhante ao das redutoras com membrana. Nestes dispositivos, o impulso da pressão a jusante, que atua sobre a superfície de um pistão, é contrastado e equilibrado pelo impulso da mola cuja pré-regulação foi definida consoante as exigências.



A presença do pistão garante maior resistência às tensões decorrentes de oscilações repentinas de pressão e de eventuais golpes de aríete. Contudo, o pistão é menos sensível às variações de pressão e, portanto, menos "reativo" na ação de estabilização da mesma; o tempo de reação é maior do que o da membrana. Por esta razão, estes dispositivos raramente são utilizados como estabilizadores finais de pressão.



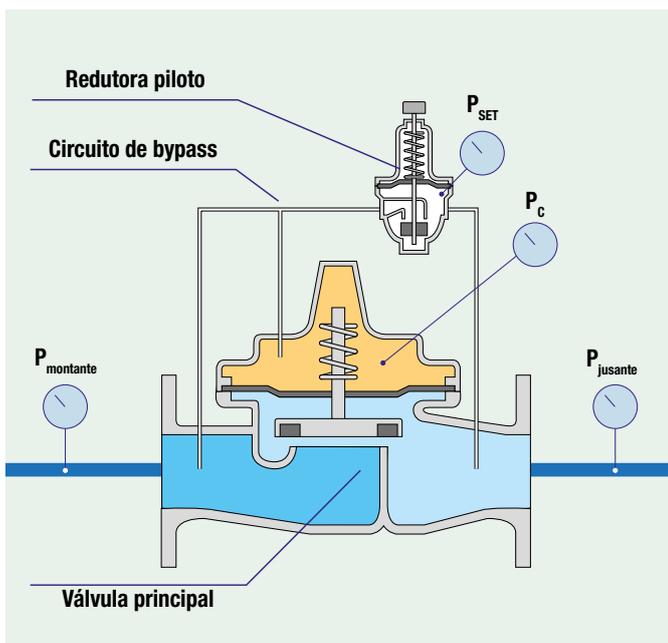
REDUTORAS DE PRESSÃO COMANDADAS

Numa redutora de pressão comum, quando aumenta o caudal necessário, a pressão a jusante diminui em relação à pressão de regulação. Isto acontece porque a perda de carga interna aumenta dentro do dispositivo. Basicamente, quanto maior for o caudal necessário, maior será a diferença entre a pressão de regulação e aquela efetivamente regulada a jusante.

Para contrariar este fenómeno, é possível utilizar as chamadas redutoras de pressão comandadas (ou redutoras e estabilizadoras de pressão) cuja particularidade construtiva permite manter a pressão a jusante num valor constante, de forma independente quer de variações de caudal, quer de variações da pressão a montante.

Estes dispositivos são aplicados nas grandes instalações de distribuição e são compostos por:

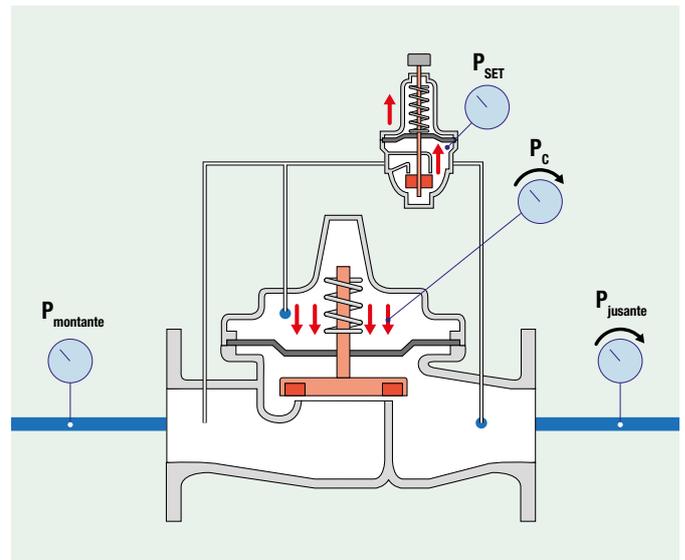
1. **válvula principal**, no interior da qual se encontra um obturador ligado a uma membrana por meio de uma haste;
 2. **circuito de bypass**;
 3. **redutora de pressão piloto**, ou seja, uma redutora de pressão de ação direta instalada no circuito de bypass.
- O funcionamento é comandado pela redutora de pressão piloto, enquanto a válvula principal atua como “multiplicador” daquilo que ocorre na primeira.



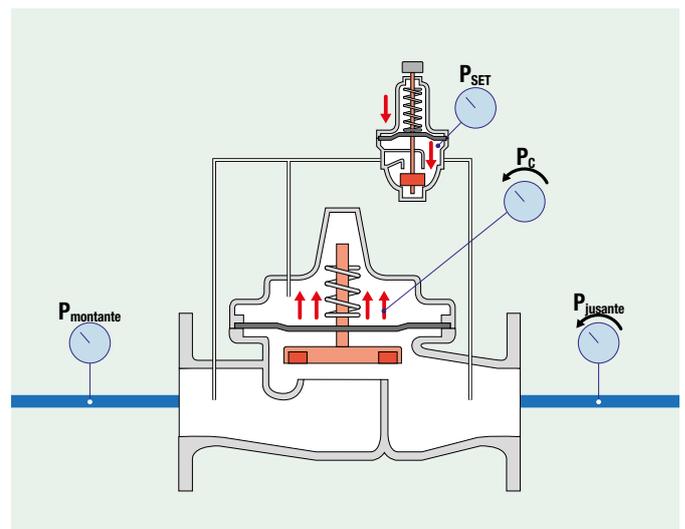
A válvula principal está equipada com uma câmara superior que possui uma tomada de pressão e que a liga ao circuito de bypass. Assim, na parte superior da membrana, atua a pressão a montante da redutora piloto que, para simplificar, designaremos pressão de controlo (P_c). Na parte inferior da membrana, pelo contrário, intervém a pressão a jusante. Por este motivo, o movimento do obturador da válvula principal depende da diferença entre as pressões P_c e $P_{jusante}$.

Na redutora de pressão piloto, instalada no circuito de bypass, é possível efetuar a regulação da pressão a jusante pretendida (P_{SET}). O seu funcionamento é semelhante ao de uma redutora tradicional, mas tem o efeito adicional de “pilotar” a válvula principal.

Quando **a pressão a jusante aumenta**, dentro da redutora piloto o obturador move-se para a posição de fecho (como numa redutora de pressão convencional). Por conseguinte, o caudal dentro do circuito de bypass diminui e a pressão de controlo (P_c) tende assim a aumentar, criando uma força sobre a membrana da válvula principal que conduz o respetivo obturador para baixo, em direção à posição de fecho.



No entanto, quando a **pressão a jusante diminui**, obtém-se o comportamento oposto: a redutora de pressão piloto abre-se mais, o caudal dentro do circuito de bypass aumenta e, conseqüentemente, reduz-se a pressão de controlo (P_c) que intervém sobre a parte superior da membrana principal. Por este motivo, o obturador da válvula principal é “pilotado” para cima, na direção da abertura.



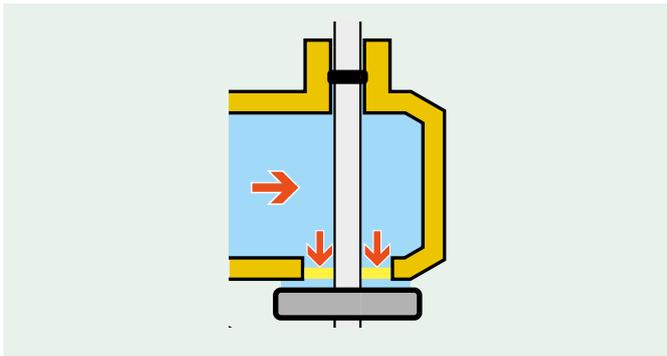
São precisamente estas regulações contínuas que permitem controlar a pressão a jusante, mantendo-a dentro dos limites estabelecidos.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Como já referido, o funcionamento de uma redutora de pressão e as suas características principais são os mesmos independentemente de possuírem pistão ou membrana. Iremos então abordar mais detalhadamente a redutora de pressão com membrana pela melhor regulação que esta possibilita, explicando nos parágrafos seguintes não só as suas características principais, mas também o dimensionamento e a tipologia de instalações.

Sede normal

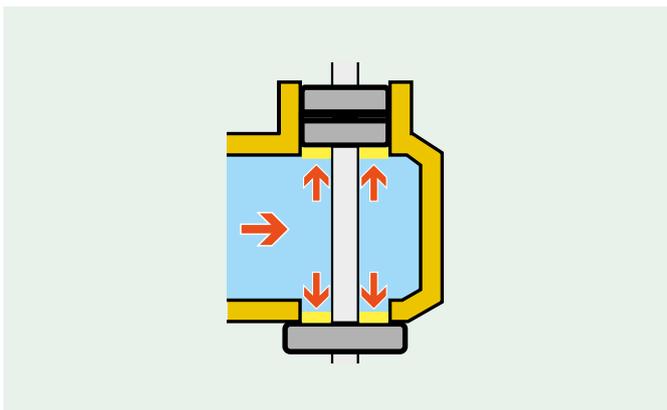
O impulso da pressão a montante atua apenas no obturador. À medida que a pressão a montante aumenta, aumenta também o impulso da mola que atua sobre o obturador que, assim, se desloca para baixo abrindo a passagem. O movimento do obturador é, por conseguinte, influenciado pela pressão a montante.



Sede compensada

A sede do obturador é construída de forma a ter a mesma superfície de impulso, quer para cima quer para baixo. Deste modo, o impulso da pressão a montante que atua sobre o obturador “anula-se”.

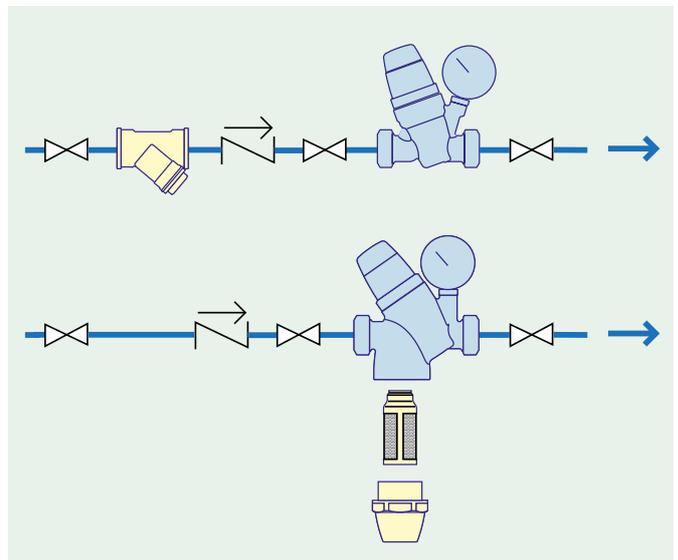
A redutora de sede compensada permite um melhor desempenho, especialmente no que diz respeito à precisão e estabilidade de funcionamento, uma vez que o movimento do obturador não é influenciado pela pressão a montante.



Filtro

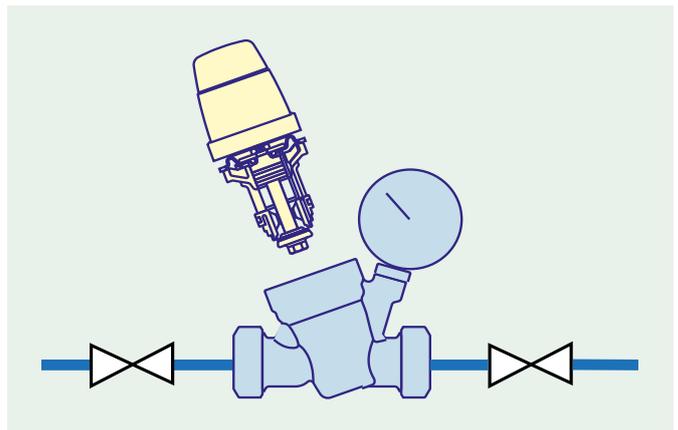
A presença de um **filtro a montante** da redutora pode evitar problemas de funcionamento que, muitas vezes, são incorretamente atribuídos à redutora de pressão. De facto, por vezes, pode parecer que a redutora não mantém a regulação predefinida. Na maioria dos casos, este problema deve-se à presença de impurezas que se depositam na sede de vedação, provocando fugas de água e o consequente aumento da pressão a jusante.

Por vezes, é possível encontrar um **filtro inspecionável incorporado na redutora**, normalmente posicionado num contentor transparente. Deste modo, garante-se uma alta proteção da redutora e da instalação contra eventuais impurezas presentes na água de alimentação.



Cartucho extraível e substituível

O cartucho que contém a membrana, filtro, sede, obturador e o pistão de compensação é, geralmente, fornecido pré-montado num monobloco, sendo extraível para facilitar as operações de inspeção e manutenção.



Regulação da redutora

A redutora pode ser:

- regulável,
- pré-regulável.

A **redutora regulável** deve ser regulada após a sua montagem na instalação. É necessário intervir sobre o parafuso de regulação: rodando no sentido dos ponteiros do relógio aumenta-se o valor de regulação, no sentido contrário diminui-se este valor.

É sempre necessário instalar um manómetro a jusante para verificar o valor de regulação.

A **redutora pré-regulável** pode, por sua vez, ser regulada na pressão desejada antes da aplicação na instalação, por meio de um manípulo específico com indicador do valor de regulação. Para aumentar a regulação basta rodar o manípulo no sentido dos ponteiros do relógio. Após a montagem, a pressão da instalação é automaticamente conduzida até ao valor regulado.

Resistência a altas pressões

Em algumas aplicações, é necessária uma elevada resistência dos componentes devido a pressões de entrada muito elevadas.

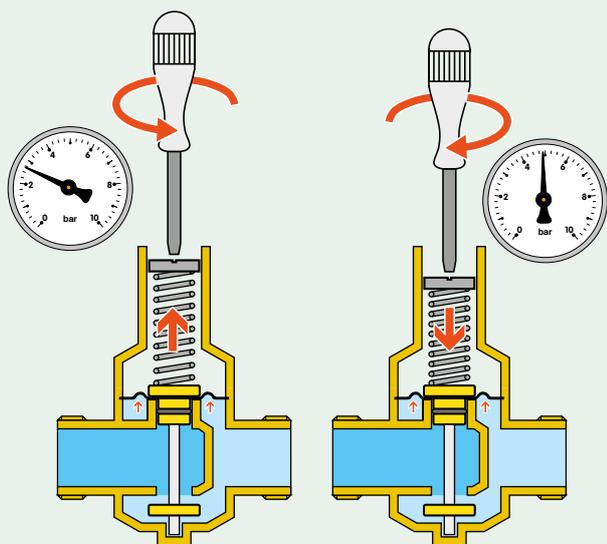
Em tais situações, no interior da redutora, a área exposta à pressão a montante deve ser projetada de modo a ser capaz de funcionar mesmo com pressões elevadas, evitando assim possíveis avarias ou ruturas do dispositivo.

Este tipo de redutoras pode ser usado, em funcionamento contínuo, com pressões a montante até 40 bar.

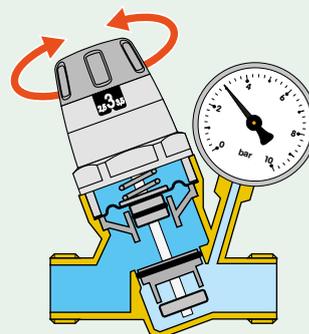
Resistência a altas temperaturas

As redutoras de pressão também podem ser usadas em redes de distribuição de água quente sanitária, onde podem ser submetidas a temperaturas mais elevadas do que as normais.

Para tais aplicações, estão presentes no mercado produtos fabricados especificamente com componentes capazes de suportar temperaturas até 80 °C.



Redutora regulável



Redutora pré-regulável

DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento das redutoras de pressão prevê essencialmente os passos seguintes:

- **cálculo do caudal de projeto.** O caudal efetivamente necessário nos pontos de utilização varia muito em função do número de aparelhos e, particularmente, do tipo de edifício. Assim sendo, é necessário avaliar cuidadosamente este valor para um dimensionamento correto.
- **cálculo da velocidade.** Com base no caudal de projeto estimado, é conveniente que a velocidade da água se mantenha dentro dos valores ideais (como veremos em seguida), para garantir um funcionamento preciso e silencioso da redutora.

Cálculo do caudal de projeto

O caudal de projeto, como já mencionado, deve ser obtido a partir do caudal total, com um fator de simultaneidade adequado. Não existem ainda normas ou critérios específicos para o dimensionamento das redutoras de pressão, no entanto, recomenda-se considerar um coeficiente de simultaneidade também para estes dispositivos, a fim de evitar sobredimensionamentos e garantir um funcionamento otimizado.

A escolha do coeficiente de simultaneidade depende de vários fatores, tais como:

- a tipologia do ponto de utilização;
- o número e tipo de aparelhos.

Sendo os critérios de simultaneidade baseados em probabilidades, é evidente que podem existir diferenças entre os vários métodos e que estes podem revelar-se mais ou menos precisos ou cautelosos, dependendo do caso específico. A adoção do critério de simultaneidade continua a ser, portanto, uma escolha do projetista.

Com base na tipologia de aparelho e no caudal unitário (ver tabela), obtém-se o caudal total:

$$G_{\text{total}} = n \cdot G_{\text{lava-loiças}} + n \cdot G_{\text{bidé}} + \dots$$

onde n é o número de aparelhos por cada tipologia.

Tipo aparelho	Caudal unit. (l/min)	Tipo aparelho	Caudal unit. (l/min)
lava-loiças	12	banheira	24
lavatório	6	sanita com autoclismo	6
bidé	6	máquina de lavar roupa	12
chuveiro	12	máquina de lavar loiça	12

Caudal unitário dos aparelhos

O caudal de projeto, conhecido o fator de simultaneidade, é calculado assim:

$$G_{\text{projeto}} = F_{\text{simultaneidade}} \cdot G_{\text{total}}$$

Normalmente, conhecido o valor do caudal total, o caudal de projeto obtém-se a partir de gráficos ou tabelas que constam na literatura técnica ou indicados pelas normas. A este respeito, consultar a *Hidráulica* n.º 34.

Cálculo da velocidade

Para evitar fenómenos de ruído e o desgaste rápido dos aparelhos de distribuição, recomenda-se que **a velocidade de fluxo nas tubagens não exceda o valor limite de 2 m/s**. Como é sabido, o valor da velocidade do fluxo depende do caudal de passagem e da secção da tubagem, de acordo com a relação:

$$V = \frac{10^3 \cdot 4}{60 \cdot \pi} \cdot \frac{G_{\text{projeto}}}{DN^2}$$

em que:

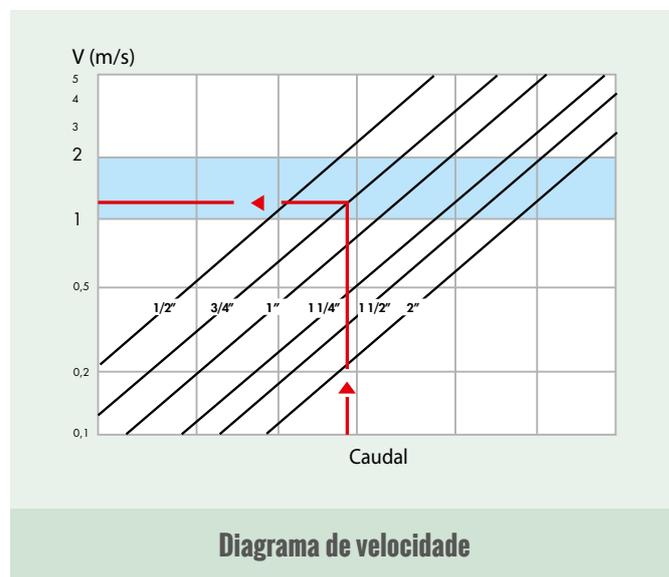
- v = Velocidade de fluxo [m/s]
- G_{PROJETO} = Caudal do fluido [l/min]
- DN = Diâmetro nominal [mm]

Um intervalo recomendado de velocidade de fluxo, salvo especificações de produto mais ou menos restritivas, pode ser:

$$1 \text{ m/s} < v < 2 \text{ m/s}$$

Deverá ser definida, por conseguinte, a dimensão da redutora de pressão de modo a obter uma velocidade de fluxo compreendida no intervalo indicado.

Como alternativa ao cálculo analítico, normalmente é possível utilizar diagramas do tipo apresentado abaixo.



RELAÇÃO DE REDUÇÃO E CAVITAÇÃO

Relação de redução

A relação de redução de uma redutora é definida como a relação entre a pressão a montante (P_M) e aquela a jusante (P_V) ou pressão reduzida.

Exemplo:

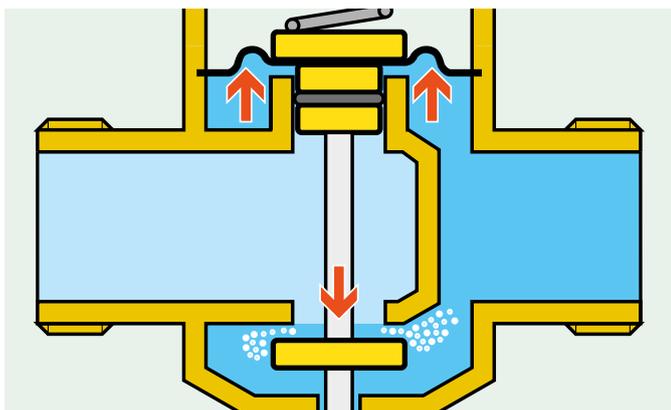
pressão a montante $P_M = 15$ bar

pressão a jusante $P_V = 3$ bar

a relação de redução é de $15:3 = 5:1$.

Cavitação

O fenómeno da cavitação, típico das instalações hidráulicas, manifesta-se devido à formação de pequenas bolhas de vapor cujo colapso brusco pode causar danos à tubagem e aos componentes.



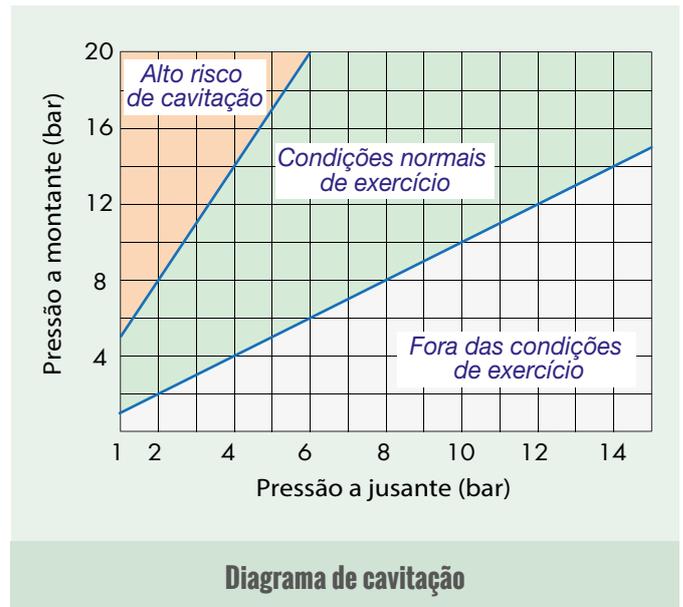
Se a **relação de redução** entre a pressão a montante (P_M) e a pressão reduzida (P_V) for **demasiado alta**, no interior da redutora entre o obturador e a respetiva sede, a água assume uma velocidade elevada que provoca uma diminuição local da pressão, até atingir-se a tensão de vapor do próprio líquido.

Esta condição causa uma alteração de fase do líquido, que passa diretamente para a fase gasosa, com a formação de bolhas (cavidades) que contêm vapor. Este fenómeno é agravado pela presença de ar dissolvido na água.

A rutura destas bolhas desencadeia flutuações de pressão carregadas de energia de impacto que, em conjunto com a alta velocidade da água entre a sede e o obturador, pode comprometer prematuramente os componentes internos da redutora de pressão.

Diagrama de cavitação

Para minimizar o risco de cavitação no interior da redutora, que poderá provocar o mau funcionamento com risco de erosão na zona de vedação, vibrações e ruído, recomenda-se vivamente consultar as condições de funcionamento apresentadas no diagrama de cavitação.



- **Área vermelha:** a relação de redução entre montante e jusante é demasiado elevada e, por isso, o surgimento do fenómeno de cavitação é muito provável.
- **Área verde:** a redutora trabalha com uma relação de redução correta e, assim, na ausência de fenómenos de cavitação.
- **Área cinzenta:** é a área onde o funcionamento da redutora não é possível, uma vez que a pressão a montante é mais baixa do que a pressão a jusante (reduzida).

Devido a inúmeros fatores e condições variáveis, tais como:

- pressão da instalação,
- temperatura,
- presença de ar,
- caudal e velocidade,

que podem influenciar o comportamento da redutora, é aconselhável que a relação entre a pressão a montante e a jusante se inclua, idealmente, entre os valores de 2:1 e 3:1 (**relação limite de redução**).

Exemplo:

pressão a montante $P_M = 10$ bar

pressão a jusante $P_V = 5$ bar

a relação de redução é de $10:5 = 2:1$.

Nestas condições, o risco de cavitação é reduzido ao mínimo.

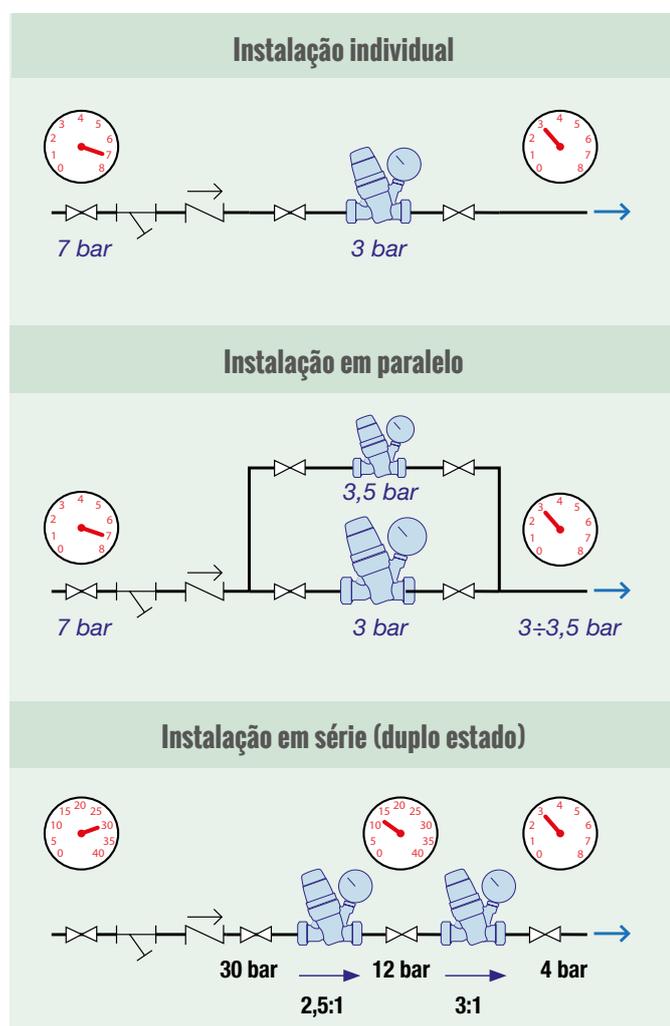
TIPOLOGIAS DE INSTALAÇÃO

As redutoras de pressão são, geralmente, instaladas na entrada da rede, para reduzir a pressão da água proveniente da rede pública, imediatamente a jusante do contador volumétrico do ponto de utilização.

Se a rede a alimentar for bastante extensa, não é suficiente apenas uma redutora na entrada, sendo necessário recorrer à inclusão de várias redutoras ao longo da distribuição de modo a garantir a pressão correta em todos os pontos de consumo.

As configurações mais comuns são:

- **instalação individual.** Utiliza-se quando a relação de redução é inferior a 3:1, condição recomendada para prevenir a ocorrência de problemas de cavitação.
- **instalação em paralelo.** Utiliza-se quando o caudal necessário aos pontos de utilização é muito variável e pode atingir valores muito mais baixos do que os de projeto; esta configuração permite assegurar um valor de pressão a jusante estável mesmo com caudais baixos.
- **instalação em série (duplo estado).** Utiliza-se quando a pressão inicial é elevada, quando a relação de redução é maior do que 3:1 ou quando a pressão na entrada flutua significativamente.



REDUTORAS EM PARALELO

O dimensionamento de uma redutora com base no seu caudal máximo, por vezes, pode comportar problemas de funcionamento em caso de uma necessidade reduzida de caudal.

Nesta situação, efetivamente, a redutora iria funcionar fora do campo de trabalho ideal, numa posição de fecho quase total do obturador e poderia não ser capaz de estabilizar adequadamente a pressão na saída, causando flutuações da mesma.

A fim de evitar este problema, é possível instalar duas redutoras de pressão em paralelo, segundo a seguinte lógica:

- uma redutora principal, dimensionada com base no caudal de projeto;
- uma redutora em bypass, regulada a cerca de 0,5 ÷ 0,7 bar acima do valor de regulação da redutora principal e dimensionada com base no caudal mínimo requerido pela rede.

Como mencionado anteriormente, para o cálculo do **caudal de projeto** é possível consultar a *Hidráulica* n.º 34, onde estão indicados os passos do cálculo e as respetivas normas de referência.

O **caudal mínimo necessário** pode ser razoavelmente assumido como igual a **20 ÷ 30 %** do caudal de projeto.

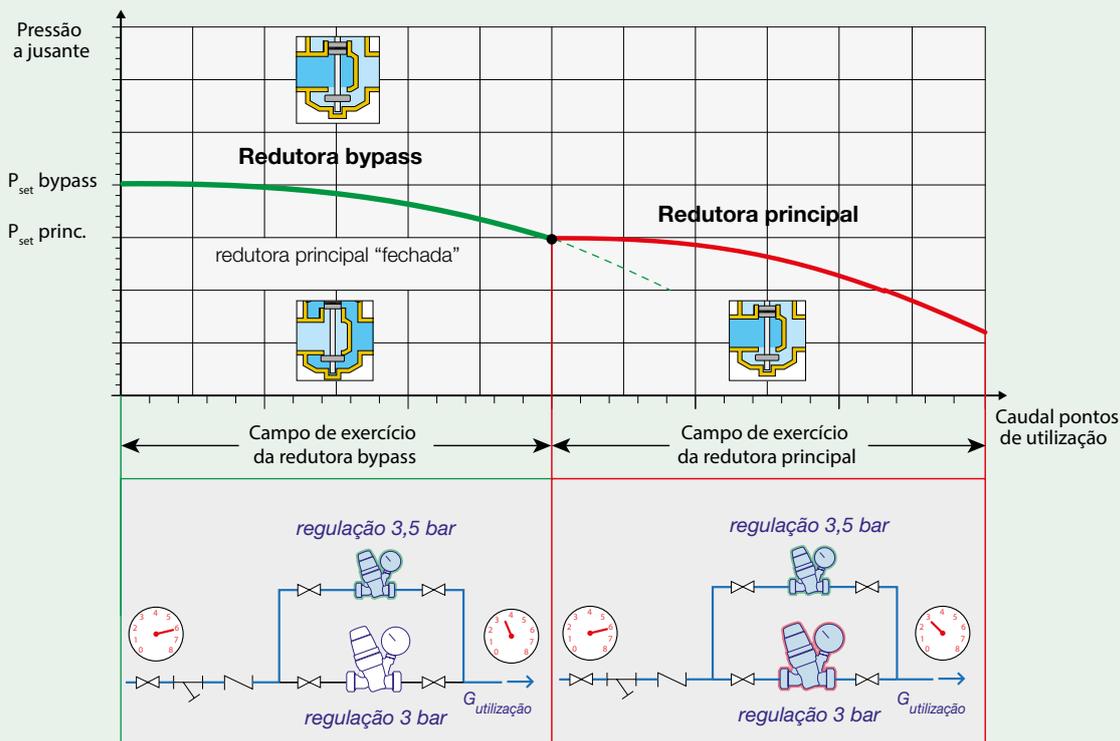
No esquema da página seguinte está representado o funcionamento de duas redutoras em paralelo.

Quando os pontos de utilização requerem **caudais baixos** apenas intervém a redutora em bypass, obtendo-se uma pressão de regulação mais elevada do que a da redutora principal.

Quando a **necessidade de caudal aumenta** acima de um determinado valor, intervém também a redutora principal, com base na seguinte lógica:

- conforme o caudal aumenta, a pressão a jusante diminui na sequência do aumento da perda de carga interna da redutora em bypass;
- a redutora principal começa a funcionar (ou seja, o obturador começa a abrir-se) quando a pressão a jusante atinge o seu valor de regulação.

Funcionamento de redutoras em paralelo



Exemplo de dimensionamento

Dimensionar uma redutora de pressão em cada piso com as seguintes características:

- deve alimentar 4 apartamentos (cujos pontos de utilização são especificados na tabela seguinte);
- a pressão de regulação requerida pelos pontos de utilização é de 3 bar.

Tipo de aparelho	n.º	Caudal unitário
lava-loiça de cozinha	4	12 l/min
lavatório	4	6 l/min
bidé	4	6 l/min
chuveiro	4	12 l/min
sanita com autoclismo	4	6 l/min
máquina de lavar roupa	4	12 l/min
máquina de lavar loiça	4	12 l/min
Caudal total		264 l/min
Caudal de projeto calculado segundo a UNI EN 806		44 l/min

Com o caudal de projeto obtido, calcula-se a velocidade do fluxo com base na fórmula indicada na pág. 25; para obter uma velocidade entre 1 e 2 m/s, a dimensão da redutora primária deve ser DN 25.

$$V = \frac{10^3 \cdot 4}{60 \cdot \pi} \cdot \frac{44,4}{25^2} = 1,5 \text{ m/s}$$

Nos casos de necessidade reduzida, é possível assumir que o caudal mínimo atinge valores iguais a 20÷30 % do caudal de projeto, portanto:

$$G_{\min} = 30\% \cdot G_{\text{projeto}} = 13,3 \text{ l/min}$$

Com este valor, é possível dimensionar a redutora em bypass com o mesmo procedimento; para obter uma velocidade entre 1 e 2 m/s, a dimensão da redutora deve ser DN 15.

$$V = \frac{10^3 \cdot 4}{60 \cdot \pi} \cdot \frac{13,3}{15^2} = 1,25 \text{ m/s}$$

Para assegurar o funcionamento da redutora em bypass, é conveniente regulá-la a uma pressão superior a 0,5÷0,7 bar relativamente à regulação da redutora principal.

$$P_{\text{set}} \text{ principal} = 3 \text{ bar}$$

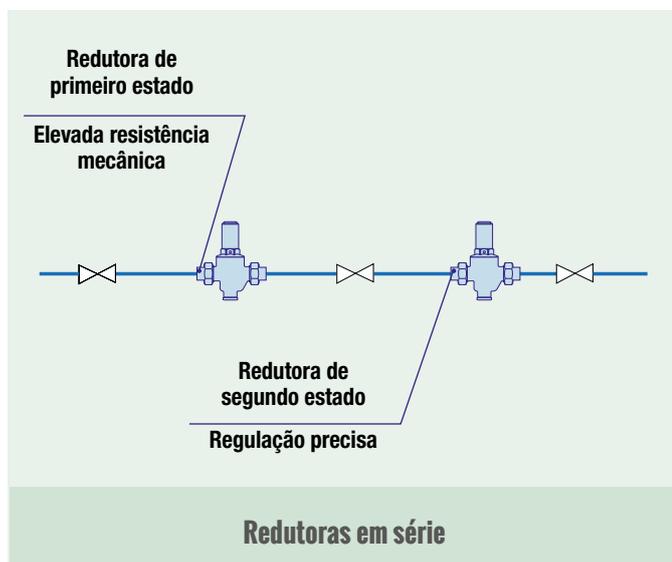
$$P_{\text{set}} \text{ bypass} = 3,5 \text{ bar}$$

REDUTORAS EM SÉRIE

Se a relação de redução exceder o limite aconselhado ou a pressão de projeto da instalação, recomenda-se avaliar a aplicação de:

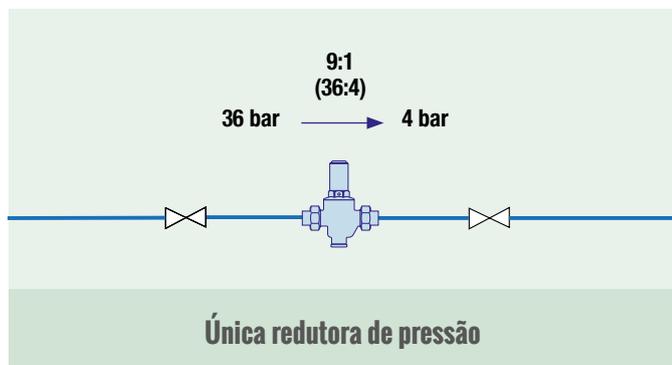
- uma **redutora de primeiro estado** para realizar uma primeira redução de pressão;
- uma **redutora de segundo estado**, instalada em série relativamente à primeira, para atingir a pressão desejada.

A redutora de primeiro estado pode, geralmente, ser um dispositivo menos sofisticado no que respeita à regulação, mas de elevada qualidade em termos de resistência mecânica, já que estará sujeita a picos e flutuações de pressão da rede. A redutora de segundo estado, pelo contrário, está menos sujeita a picos e oscilações de pressão, dado que o seu funcionamento é protegido pela redutora de primeiro estado, porém, deve ser capaz de assegurar uma regulação precisa nos pontos de utilização.

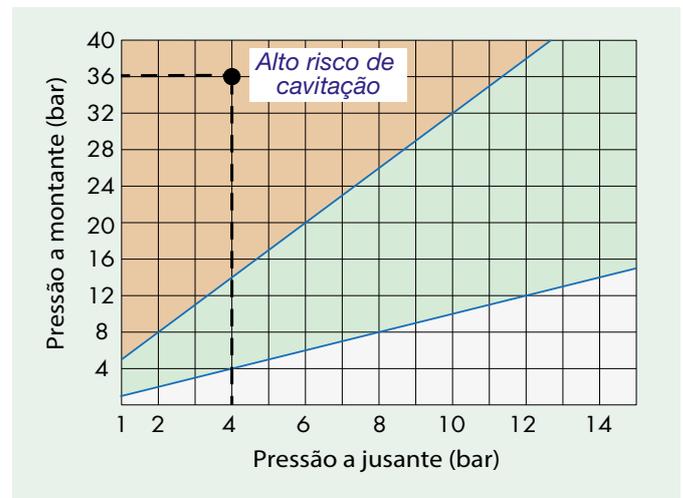


Exemplo de dimensionamento

Se a pressão disponível a montante for de 36 bar e houver necessidade de um fornecimento de água a uma pressão de 4 bar, a relação de redução consequente será, portanto, cerca de 9:1, muito acima do valor limite de 3:1.

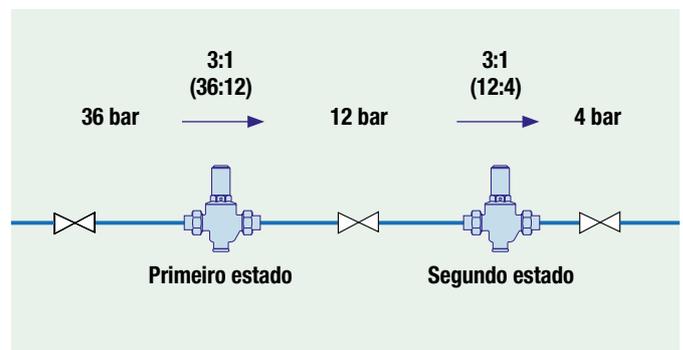


Como se pode observar no diagrama apresentado em seguida, a aplicação de uma única redutora de pressão regulada a 4 bar é inadequado, já que esta iria funcionar na zona vermelha e, portanto, em condições de cavitação.

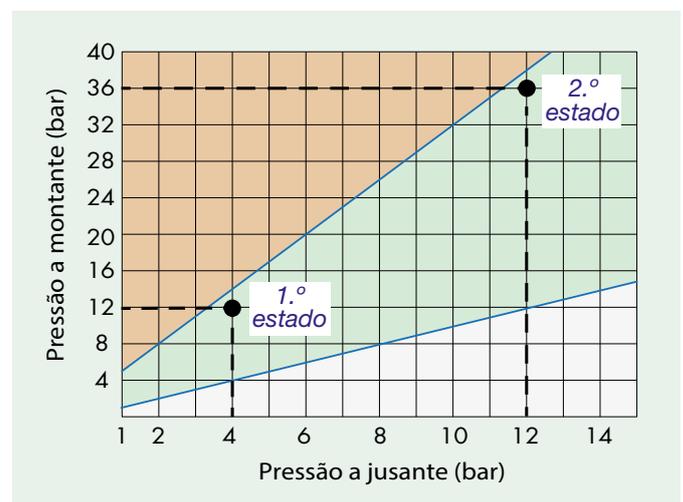


O dimensionamento correto prevê a utilização de duas redutoras de pressão em série.

A redutora de primeiro estado pode ser regulada a 12 bar com uma relação de redução de 3:1 (36:12). A redutora de segundo estado regulada a 4 bar, instalada em série relativamente à primeira, pode funcionar com uma relação de redução de 3:1 (12:4).

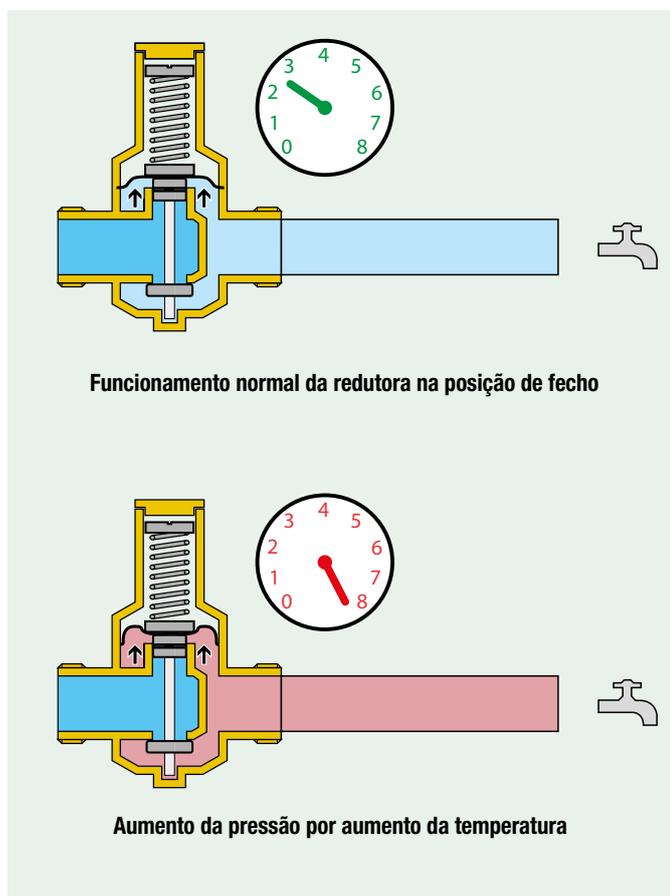


Deste modo, ambas as redutoras funcionam dentro do campo de trabalho ideal.



PROTEÇÃO CONTRA A SOBREPRESSÃO A JUSANTE DA REDUTORA

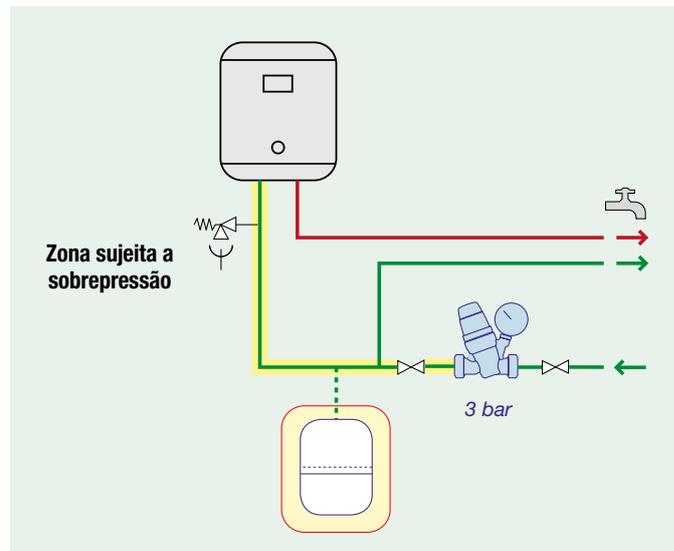
Caso a pressão a jusante da redutora aumente, este componente terá um funcionamento semelhante ao de uma válvula de retenção. Para compreender melhor este comportamento, é possível consultar a imagem abaixo, onde podemos ver que uma elevada pressão a jusante cria uma força sobre a membrana, provocando o fecho do obturador da redutora de pressão. Deste modo, a água entre a torneira de utilização e a redutora permanece perfeitamente intercetada. Portanto, eventuais aumentos do volume da água, provocados pela subida da temperatura, podem causar incrementos significativos da pressão, que, por sua vez, conduzem, não raras vezes, à rutura das membranas das próprias redutoras.



O aumento da pressão a jusante da redutora na presença de um termoacumulador, por exemplo em **pequenas instalações**, deve-se geralmente ao aquecimento da água provocado pelo próprio termoacumulador.

A pressão não é “descarregada” já que, na ausência de uma solicitação por parte dos pontos de utilização, a redutora encontra-se na posição de fecho.

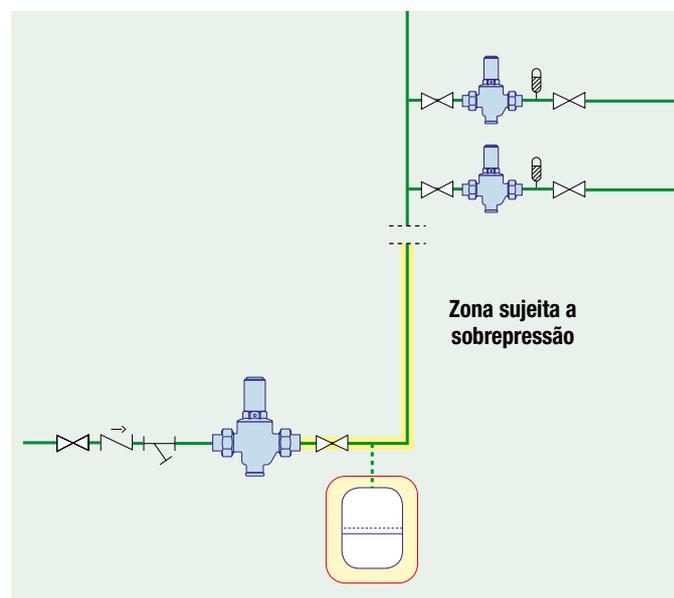
A solução consiste em instalar um vaso de expansão (entre a redutora e o termoacumulador) capaz de compensar o aumento da pressão.



Outra condição onde podem ocorrer aumentos de pressão é o caso de grandes instalações nas quais, geralmente, existem várias redutoras em série. Nesta situação, se duas redutoras estiverem próximas, ou seja, se o conteúdo de água na tubagem intermédia for reduzido, as dilatações podem ser absorvidas e contidas pela própria tubagem. Ao contrário, se a distância entre as duas redutoras for significativa (é o caso de grandes distribuições), as dilatações podem provocar a rutura das membranas.

Em **instalações de média e grande dimensão**, o aumento de pressão, para além de se verificar nas proximidades do gerador de calor, pode ocorrer também ao longo da rede, por efeito do aquecimento da água contida na tubagem. É o caso, por exemplo, de redes extensas equipadas com redutora dupla e com tubagens que podem sofrer o impacto do calor direto do sol ou outras fontes.

Tal como acontece nas pequenas instalações, este problema pode ser resolvido com a aplicação de vasos de expansão.



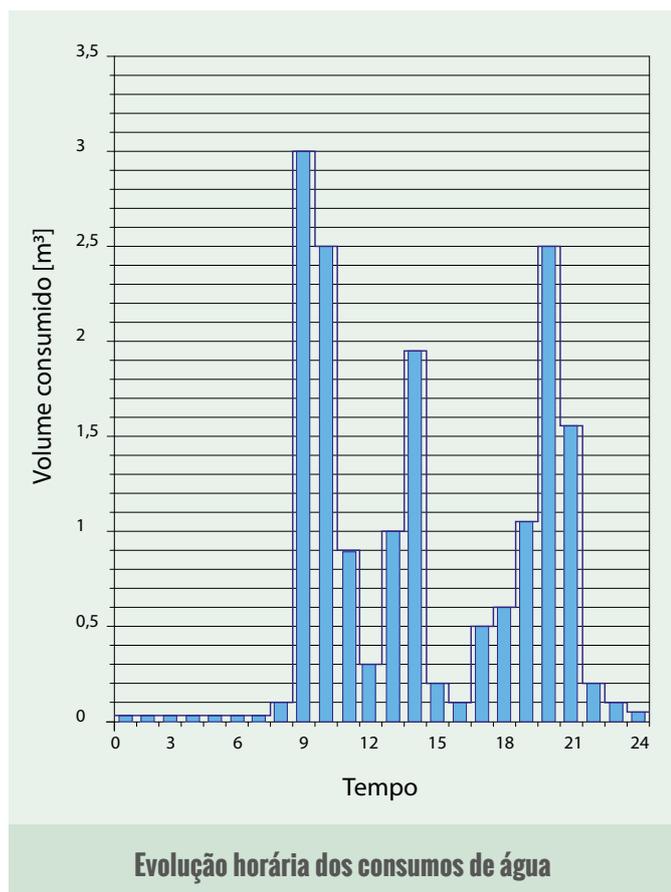
CAUDAL DA REDE DEMASIADO BAIXO

As redes de abastecimento de água não apresentam apenas anomalias associadas à pressurização; em alguns casos, as redes não são capazes de alcançar o desempenho de projeto devido a caudais insuficientes.

Estes problemas ocorrem principalmente devido a um subdimensionamento da rede de alimentação no ponto de consumo ou por diminuição dos recursos hídricos.

Em ambos os casos, é necessário considerar a aplicação de um reservatório de acumulação de água capaz de satisfazer a necessidade de caudal, mesmo quando o emitido pela rede de alimentação é insuficiente.

A função do **reservatório de acumulação ou reserva hídrica** é o armazenamento de água durante os períodos de baixo consumo para a disponibilizar nos períodos de pico. É possível realizar um cálculo preciso do sistema de acumulação a partir do estudo da evolução horária dos consumos de água (perfil de utilização). O diagrama abaixo apresenta um exemplo relativo a um edifício residencial.



Evolução horária dos consumos de água

No entanto, nem sempre é possível encontrar ou pressupor os dados relativos ao consumo real nos diferentes períodos do dia, e os cálculos são, por vezes, complexos ou específicos apenas para a situação analisada.

O dimensionamento do reservatório pode então ser efetuado através do:

- **método analítico simplificado**, quando não existem dados relativos ao perfil de utilização;
- **método gráfico**, quando existem dados sobre o perfil de utilização.

Método analítico simplificado

É um método de dimensionamento aproximado e baseia-se, essencialmente, em dois pressupostos:

- a necessidade máxima de caudal de projeto (G_{pr}) está concentrada num ou mais períodos de pico (t_p);
- os períodos de pico estão suficientemente distanciados do chamado tempo de recarga (t_{rec}) do reservatório de acumulação com o caudal disponível (G_{disp}).

Caso estas hipóteses se verifiquem, e tendo em conta que o caudal de projeto (G_{pr}) já considera a simultaneidade de utilização da água, o volume de acumulação pode ser calculado usando a fórmula:

$$V = t_p \cdot (G_{pr} - G_{disp})$$

Verificando que:

$$t_{rec} > \left(\frac{V}{G_{disp}} \right)$$

onde

- V = Volume teórico de acumulação (l)
- G_{pr} = Caudal de projeto (l/h)
- G_{disp} = Caudal disponível (l/h)
- t_p = Período de pico (h)
- t_{rec} = Tempo de recarga (h)

O volume teórico é geralmente acrescido de um fator de segurança (F_s), para poder satisfazer consumos ocasionalmente mais elevados.

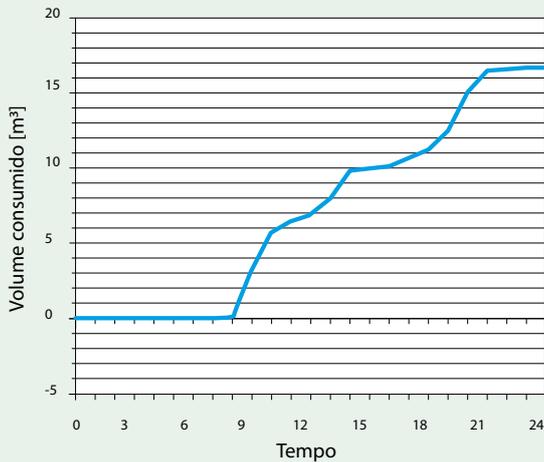
$$V_{reservatório} = F_s \cdot V$$

A jusante do reservatório de acumulação, é necessário voltar a pressurizar a rede de alimentação, como referido na pág. 10.

Método gráfico

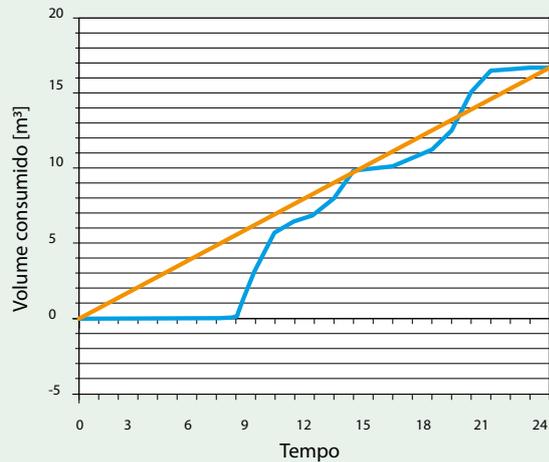
É um método de dimensionamento mais preciso, dado que considera os dados relativos ao perfil de utilização. A fim de evitar cálculos extensos e complexos, é possível traçar

a curva de utilização cumulativa ao longo do tempo e, a partir desta, obter graficamente o volume do reservatório de acumulação, como demonstrado a seguir.



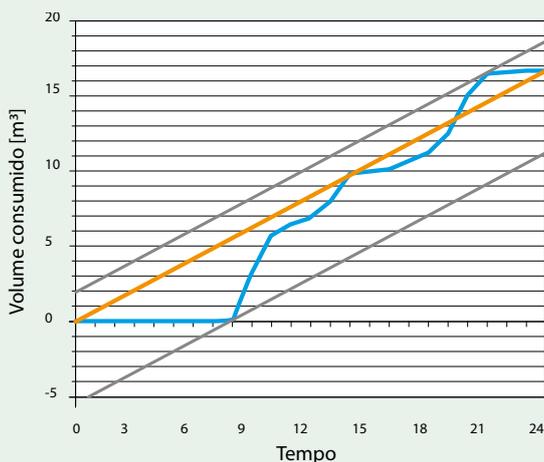
1. Curva de utilização cumulativa ao longo do tempo

A curva representa a evolução do volume total de água consumido ao longo de um dia. É obtida pela soma progressiva dos dados de evolução horária dos consumos de água.



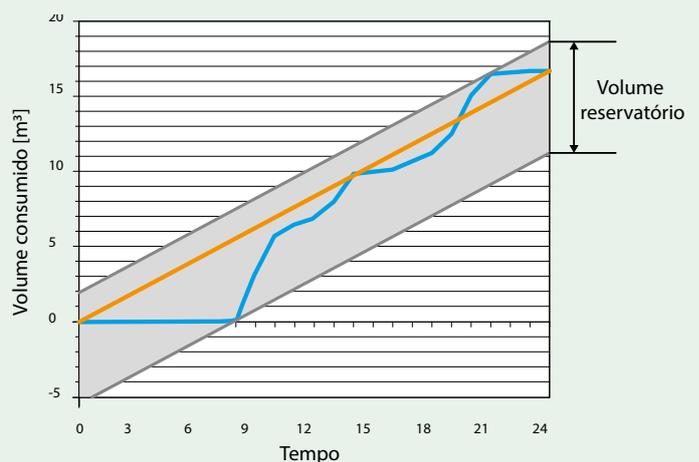
2. Retas de utilização média

A inclinação da reta, que une o ponto de partida (ponto 0) ao ponto de chegada da curva de utilização cumulativa, representa o caudal médio necessário nos pontos de utilização ao longo de um dia.



3. Retas de contenção

São as paralelas à reta de utilização média, que contêm completamente a curva de utilização.



4. Volume teórico do reservatório

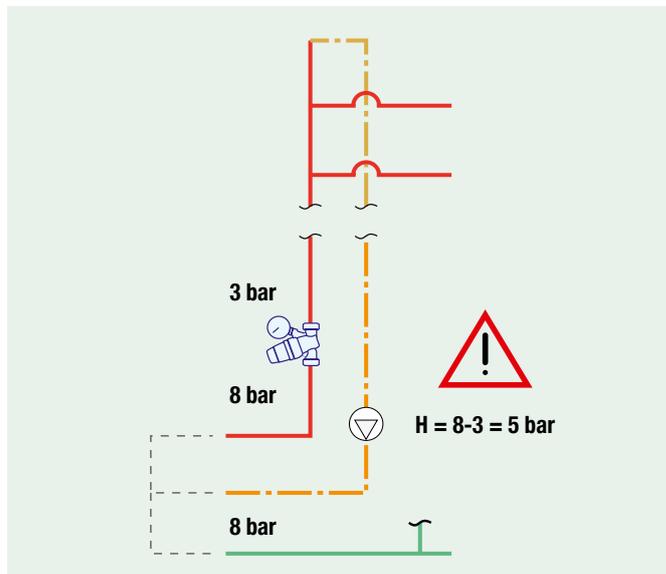
Pode ser obtido medindo a distância, no eixo do Y, entre as retas de contenção.

REDE DE RECIRCULAÇÃO E REDUTORAS DE PRESSÃO

As instalações de distribuição de água sanitária para alimentação de edifícios de vários pisos ou de torres de apartamentos desenvolvem-se principalmente em altura, com grandes diferenças de pressão entre os vários níveis. Como tal, é necessário instalar várias redutoras de pressão ao longo da rede.

Além disso, para evitar um arrefecimento excessivo da distribuição de água quente sanitária, estas instalações são dotadas de recirculação. A fim de garantir o seu bom funcionamento, as redutoras de pressão que alimentam a rede de água quente não devem ser instaladas no interior dos segmentos de rede onde ocorre a recirculação da água. O mecanismo de funcionamento da redutora não permite tal instalação porque, quando todas as torneiras de consumo estão fechadas, a pressão a jusante é igual à pressão da rede e o obturador desloca-se para a posição de fecho, parando a recirculação.

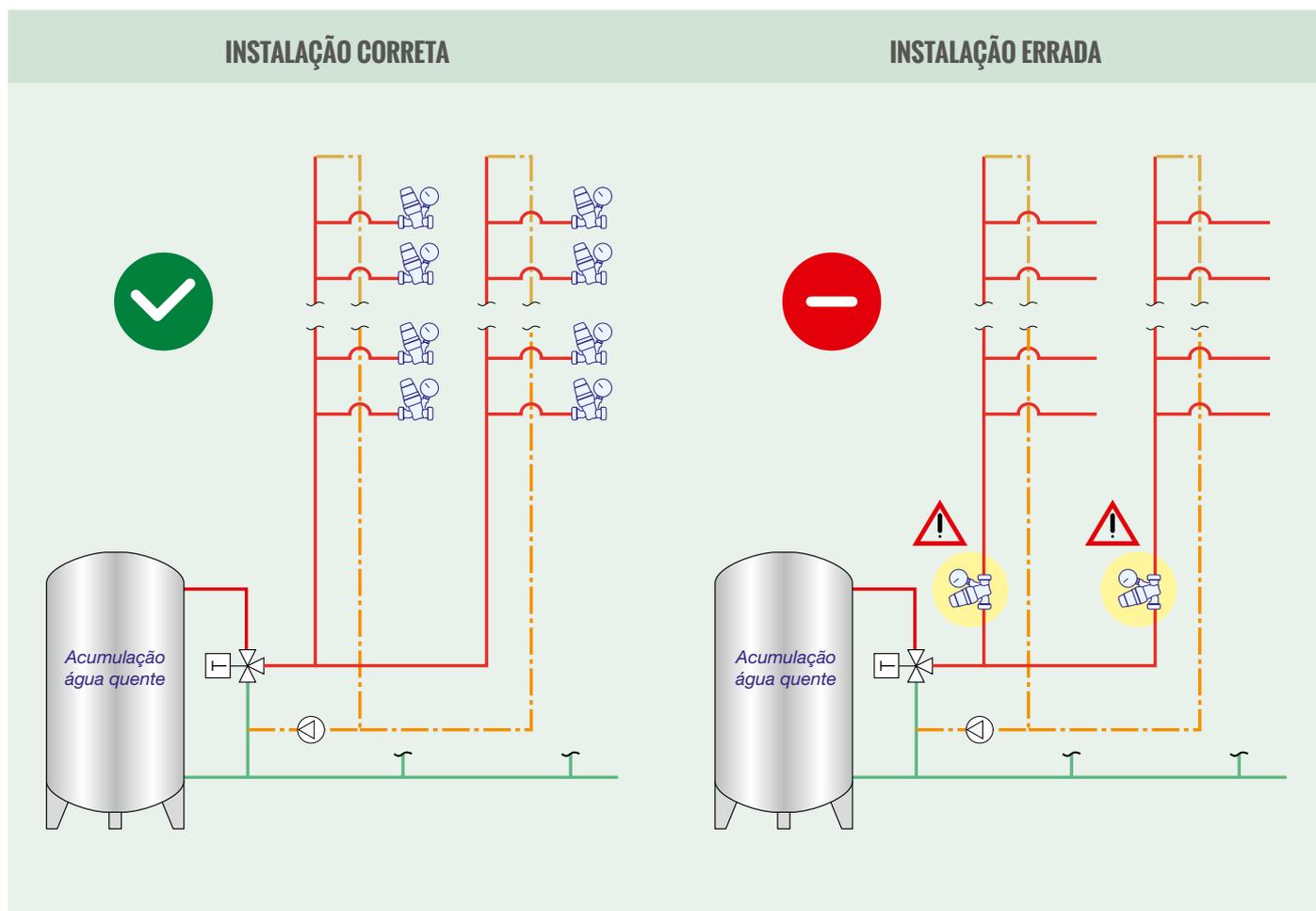
A única forma de abrir o obturador seria gerar, com a bomba de recirculação, uma altura manométrica superior à diferença entre a pressão de rede e aquela à qual estão reguladas as redutoras; esta diferença é, geralmente, da ordem de 1÷6 bar, dificilmente acessível aos circuladores convencionais dedicados à recirculação.



Além disso, admitindo que o circulador terá à disposição a altura manométrica necessária, os custos energéticos para o funcionamento destes sistemas de circulação não seriam sustentáveis.

INSTALAÇÃO CORRETA

INSTALAÇÃO ERRADA



ESQUEMAS DE INSTALAÇÃO

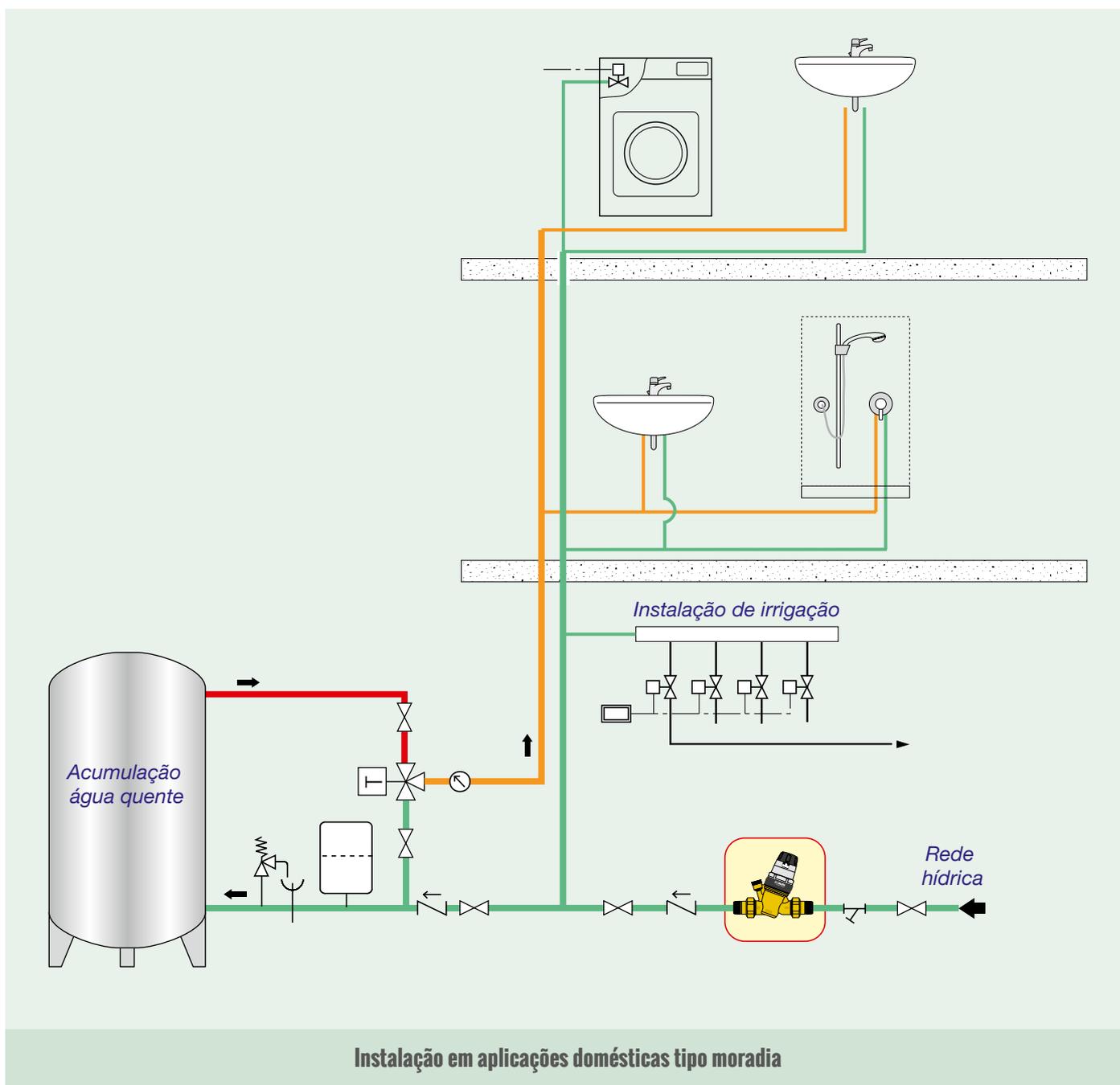
Nas páginas seguintes são apresentados alguns esquemas de instalações tradicionais de redutoras de pressão. Inicialmente, analisaremos as redes de distribuição de água fria sanitária em pequenas aplicações domésticas; em seguida, examinaremos as distribuições ao serviço de edifícios de vários pisos que, como veremos, exigem uma gestão correta das pressões de distribuição. Finalmente, iremos apresentar também esquemas para a distribuição correta de água quente sanitária.

APLICAÇÕES DOMÉSTICAS

Este tipo de instalações é geralmente caracterizado por distribuições não demasiado extensas para alimentação de 2 ou 3 pisos. Nestas instalações, o perigo pode ser o da sobrepessão da rede de alimentação, quer constante ao longo do tempo quer concentrada em determinadas horas do dia, como pode ocorrer nos pontos de utilização alimentados pela rede pública.

Para proteger estas redes, é instalada uma redutora de pressão geral na conexão ao ponto de utilização.

A regulação da pressão é, geralmente, mantida entre 1,5 e 3 bar.



EDIFÍCIOS DE VÁRIOS PISOS

Nas distribuições em vários pisos, a pressão disponível nos pontos de utilização diminui com o aumento da altura de cada piso; é possível considerar uma **perda de pressão de cerca de 0,3÷0,4 bar para cada piso**.

Podem ocorrer dois cenários típicos:

- **pressão disponível suficiente** para alimentar o ponto de utilização mais desfavorecido (geralmente o do piso mais alto); nesta condição, os pisos inferiores estão sujeitos a pressões elevadas;
- **pressão disponível insuficiente** para alimentar o ponto de utilização mais desfavorecido; quando a pressão na base da coluna montante é demasiado baixa, os pisos mais altos não podem ser alimentados de forma adequada.

Em ambas as situações, é difícil alimentar adequadamente mais de 4 ou 5 pisos.

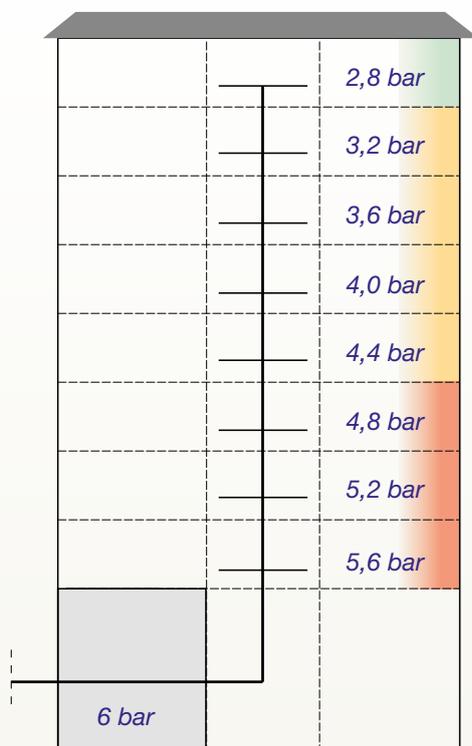
Pressão disponível suficiente

No **caso 1**, a pressão disponível é suficiente para alimentar o ponto de utilização mais desfavorecido, sendo possível dividir o abastecimento principal por várias colunas montantes. Cada coluna montante alimenta 4 ou 5 pisos; a que serve os pisos inferiores pode ser regulada na pressão adequada por meio de uma redutora de pressão.

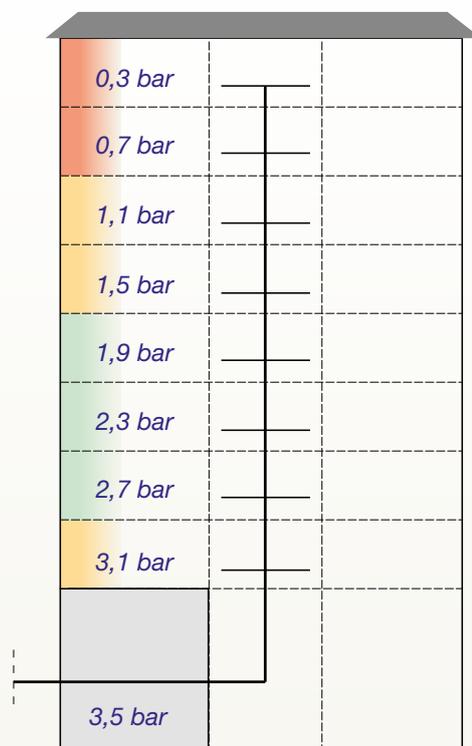
No **caso 2**, as **colunas** podem ser **ligadas em paralelo** e as redutoras de pressão são dimensionadas em conformidade com o caudal da respetiva coluna montante. As relações de redução são mais elevadas nas redutoras instaladas nas colunas que alimentam os pisos inferiores.

No **caso 3**, as **colunas** podem ser **ligadas em série** a partir daquela que alimenta os pisos mais altos. Neste caso, a primeira redutora deve ser dimensionada de acordo com o caudal total, ao passo que a redutora seguinte, sendo de segundo estado, está em vantagem e funciona com uma relação de redução inferior.

Quando não é praticável ou conveniente dividir as colunas de alimentação, como no **caso 4**, é possível distribuir a partir de uma única coluna equipando cada piso ou ponto de utilização com uma redutora de pressão. Esta solução permite uma distribuição otimizada da pressão nos pontos de utilização, mas pode ser usada para colunas que alimentem 15 ou 16 pisos, a fim de evitar relações de redução demasiado elevadas.

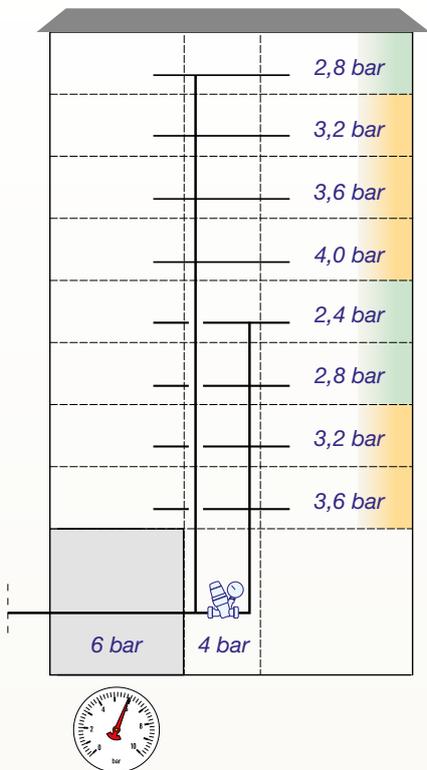


Pressão disponível da rede suficiente para os pontos de utilização mais desfavorecidos

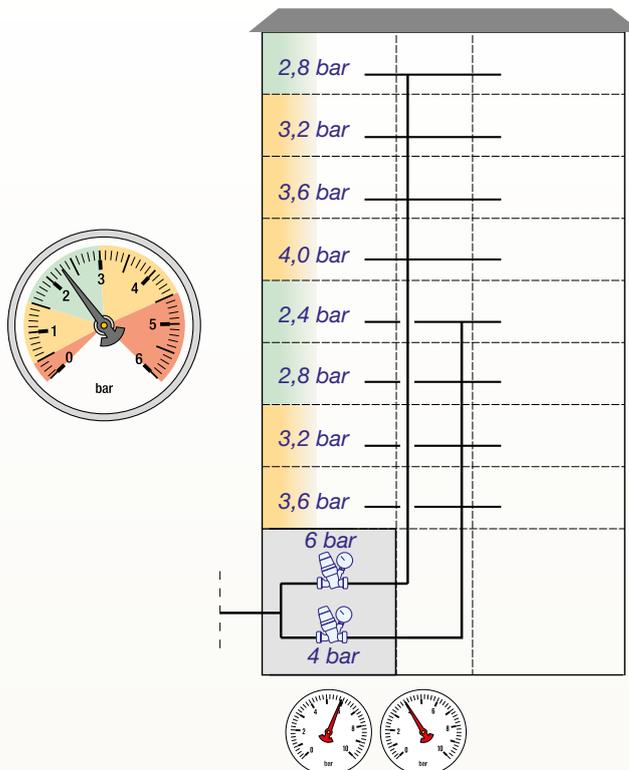


Pressão disponível da rede insuficiente para os pontos de utilização mais desfavorecidos

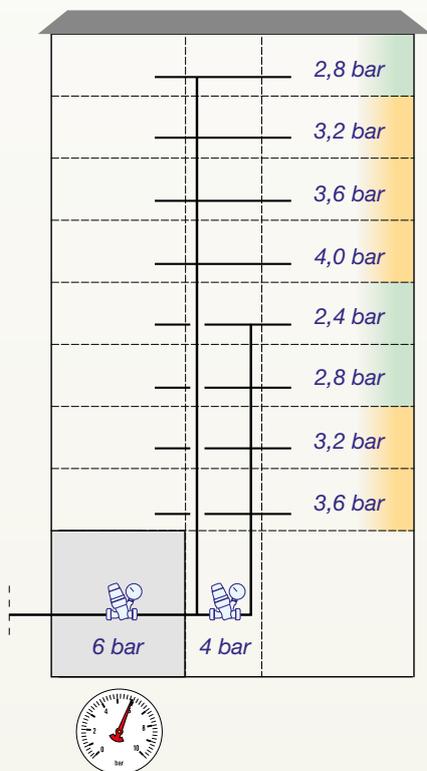
Caso 1



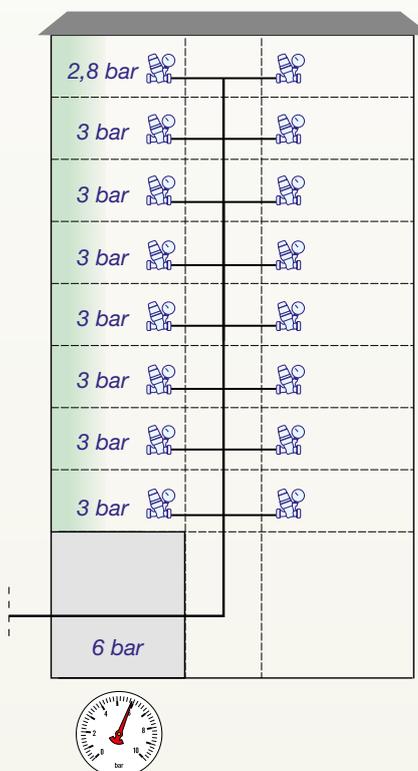
Caso 2



Caso 3



Caso 4



Distribuição em edifícios de vários pisos com pressão disponível suficiente

Pressão disponível insuficiente

Na maioria dos edifícios de vários pisos, verifica-se uma pressão disponível insuficiente para garantir o funcionamento correto dos pontos de utilização mais desfavorecidos, nomeadamente, os dos pisos mais altos.

Nestes casos, é necessário recorrer a um ou mais grupos de pressurização evitando, tal como nas situações analisadas anteriormente, alimentar os pontos de utilização dos pisos inferiores com pressões demasiado elevadas.

Quando a pressão disponível é suficiente apenas para fornecer os pisos inferiores (**caso 1**), é possível dividir as colunas de alimentação e, portanto:

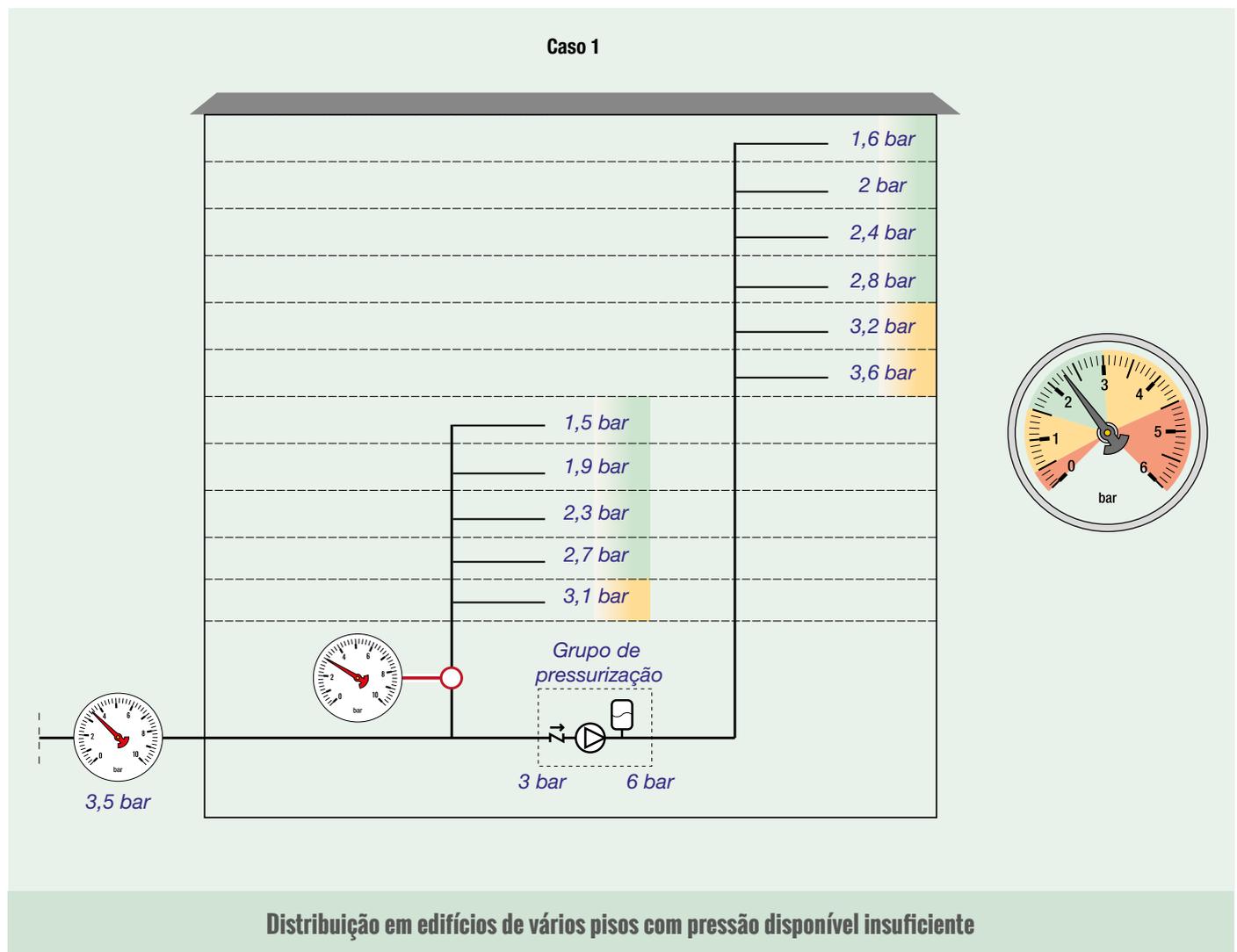
- alimentar diretamente os primeiros pisos;
- utilizar um grupo de pressurização ao serviço dos pisos mais altos.

O grupo de pressurização deve ser dimensionado tendo em conta o caudal de projeto relativo apenas aos pisos mais altos, e não o caudal total referente a todo o edifício. Se, porém, a pressão disponível não for suficiente para a distribuição aos primeiros pisos, é necessário pressurizar toda a rede (caso 2, 3 e 4).

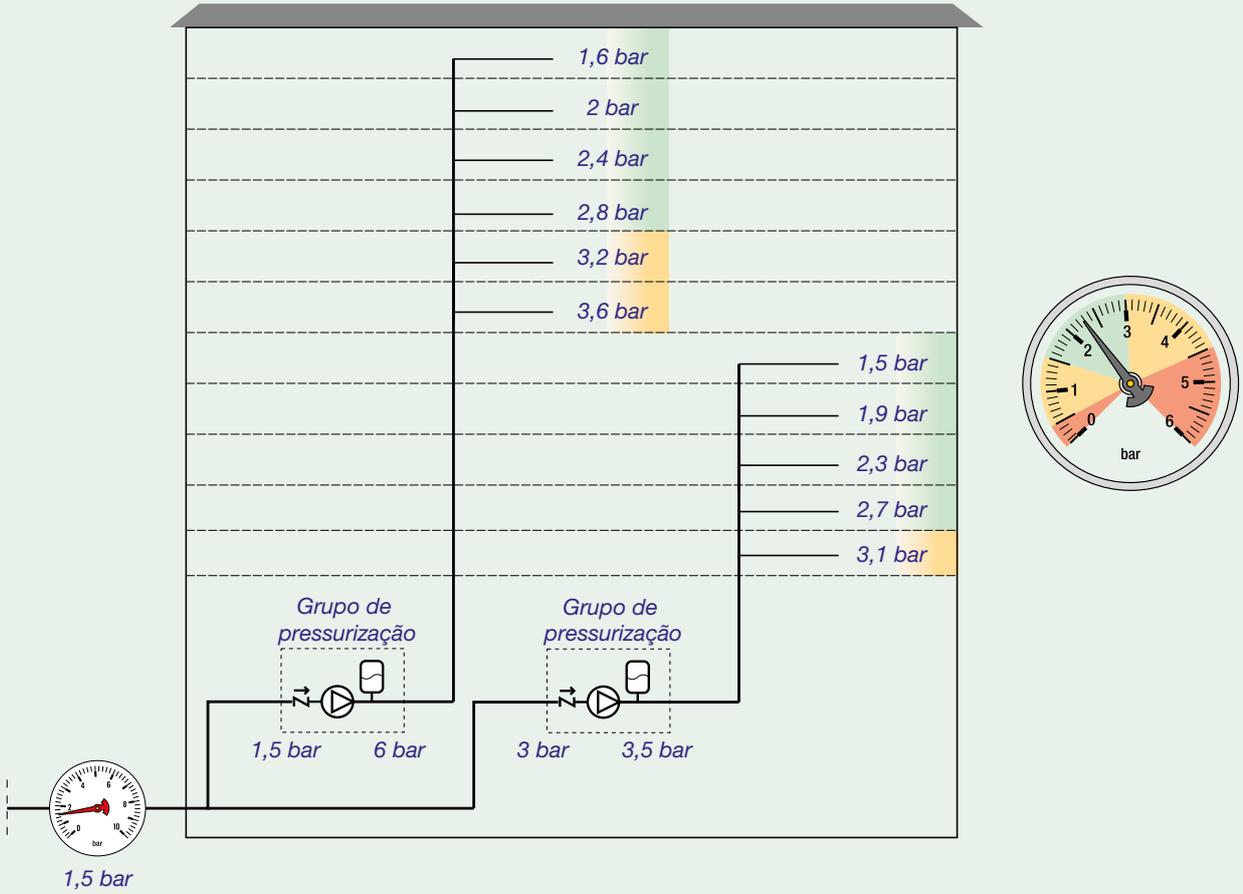
É possível considerar um grupo de pressurização dedicado a cada coluna de alimentação (**caso 2**) e dimensionado com base no respetivo caudal de projeto.

Em alternativa, pode ser instalado um único grupo de pressurização na linha principal, juntamente com uma redutora de pressão, na coluna de alimentação dos primeiros pisos (**caso 3**). Para esta aplicação, o grupo de pressurização deve ser dimensionado considerando o caudal de projeto de todo o edifício e a pressão necessária para servir a coluna mais desfavorecida.

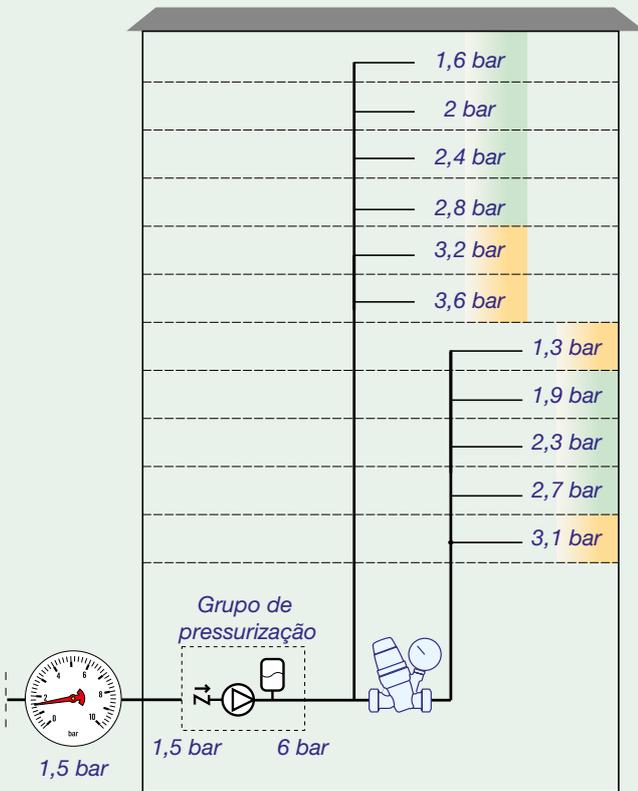
Finalmente, também é possível não dividir em várias colunas de alimentação e utilizar um único grupo de pressurização, reduzindo localmente a pressão em cada piso (**caso 4**) ou em cada ponto de utilização. Como anteriormente mencionado, esta solução permite a melhor distribuição da pressão nos pontos de utilização, evitando a divisão da rede em várias colunas de alimentação. Em edifícios particularmente altos, a relação de redução nos pisos inferiores pode ser demasiado elevada; nestes casos, é necessário instalar redutoras em série.



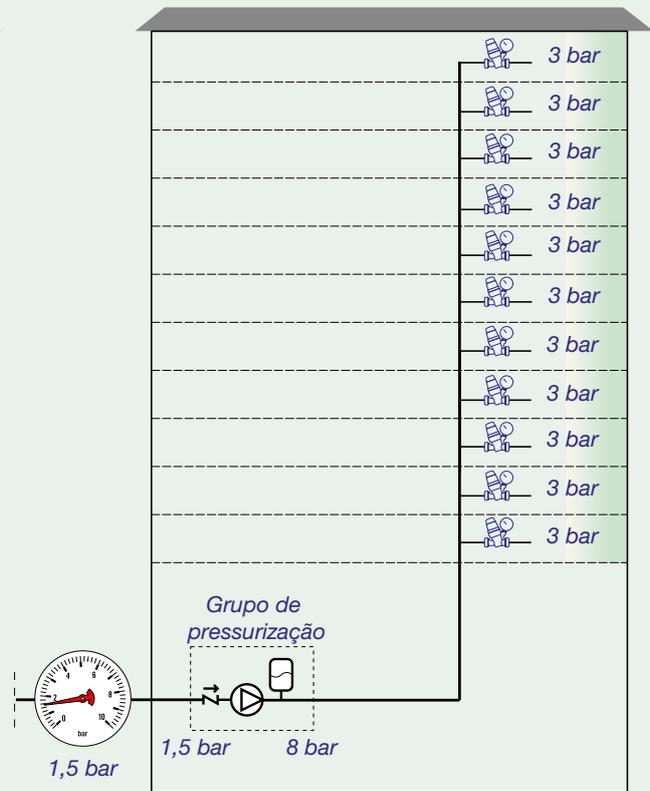
Caso 2



Caso 3



Caso 4



Distribuição em edifícios de vários pisos com pressão disponível insuficiente

DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA

A produção de AQS pode ser levada a cabo através da:

- produção centralizada, com acumulação em central térmica e uma rede de distribuição dedicada;
- produção autónoma, tipicamente por meio de um satélite de utilização, caldeira mural ou esquentador.

Produção centralizada

Iremos agora analisar os aspetos relativos à pressão de distribuição da água quente sanitária em edifícios de vários pisos com produção centralizada.

Além dos problemas já referidos relativos à distribuição de água fria sanitária, é também necessário considerar os seguintes aspetos:

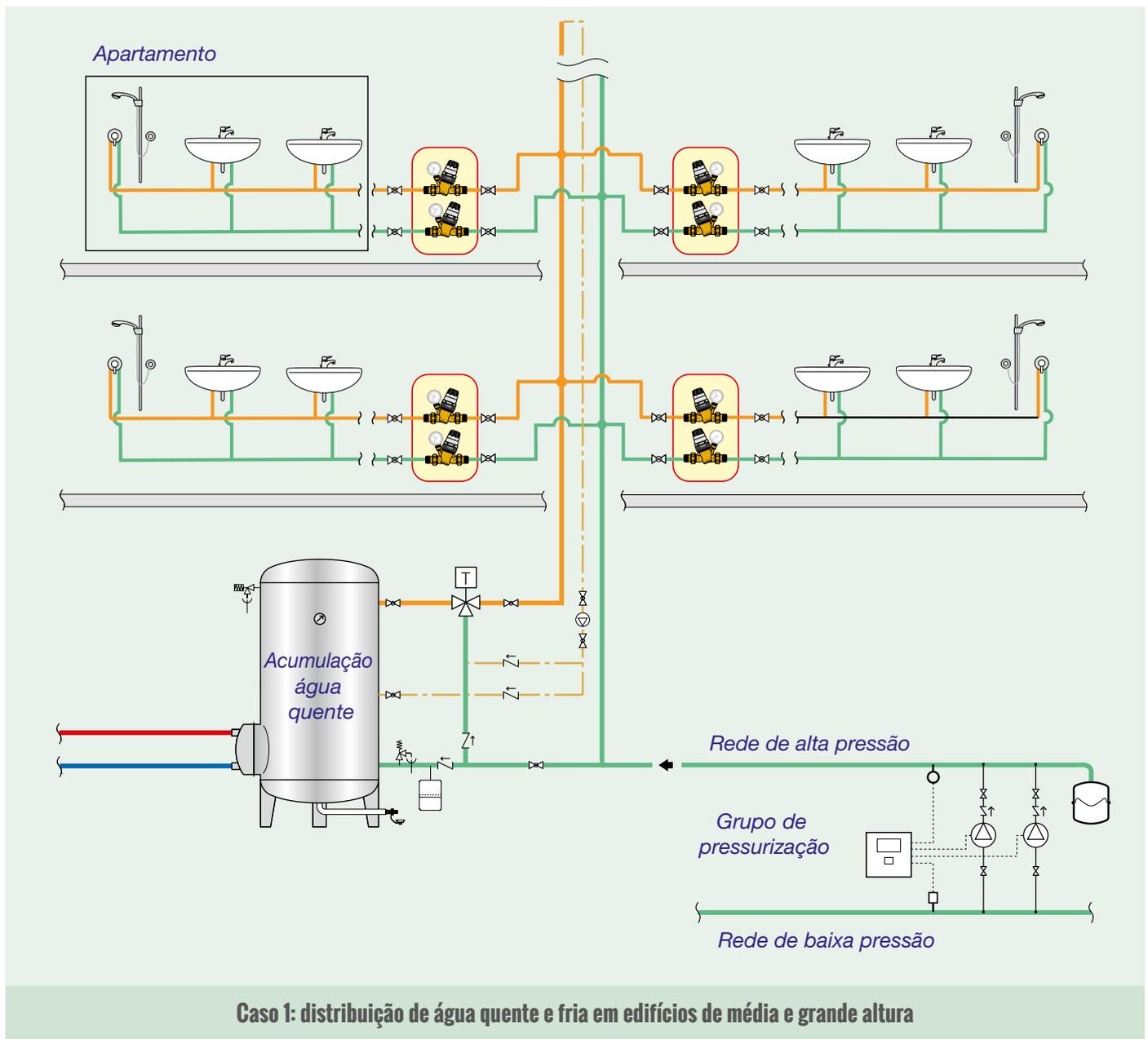
- ocorrência de cavitação favorecida pelas altas temperaturas;
- efeito da alta temperatura nos materiais que constituem os componentes específicos;

- possível mau funcionamento da rede de recirculação em caso de instalação incorreta das redutoras de pressão (ver pág. 33).

Em **edifícios de média e grande altura** (caso 1), até cerca de 10 ou 15 pisos, é conveniente considerar uma única coluna de alimentação e duas redutoras de pressão para cada piso ou apartamento: uma dedicada à distribuição de água fria e outra para a água quente sanitária. Como mencionado anteriormente, é necessário considerar que as redutoras instaladas na rede de AQS devem ser capazes de suportar altas temperaturas.

Em **torres de apartamentos** (caso 2), devido à altura, recomenda-se evitar a divisão em várias colunas de alimentação, ao contrário do que foi dito nas páginas anteriores para as redes de AFS.

Neste caso não é conveniente já que, para além da tubagem dedicada à distribuição de água fria e quente, é necessário considerar anéis de recirculação para todas as colunas de alimentação existentes.



Uma rede destas características tem um impacto económico significativo no custo total. Para além disso, uma maior extensão da rede de água quente (e de recirculação) implica uma maior dispersão térmica do calor, o que se traduz num prejuízo económico adicional.

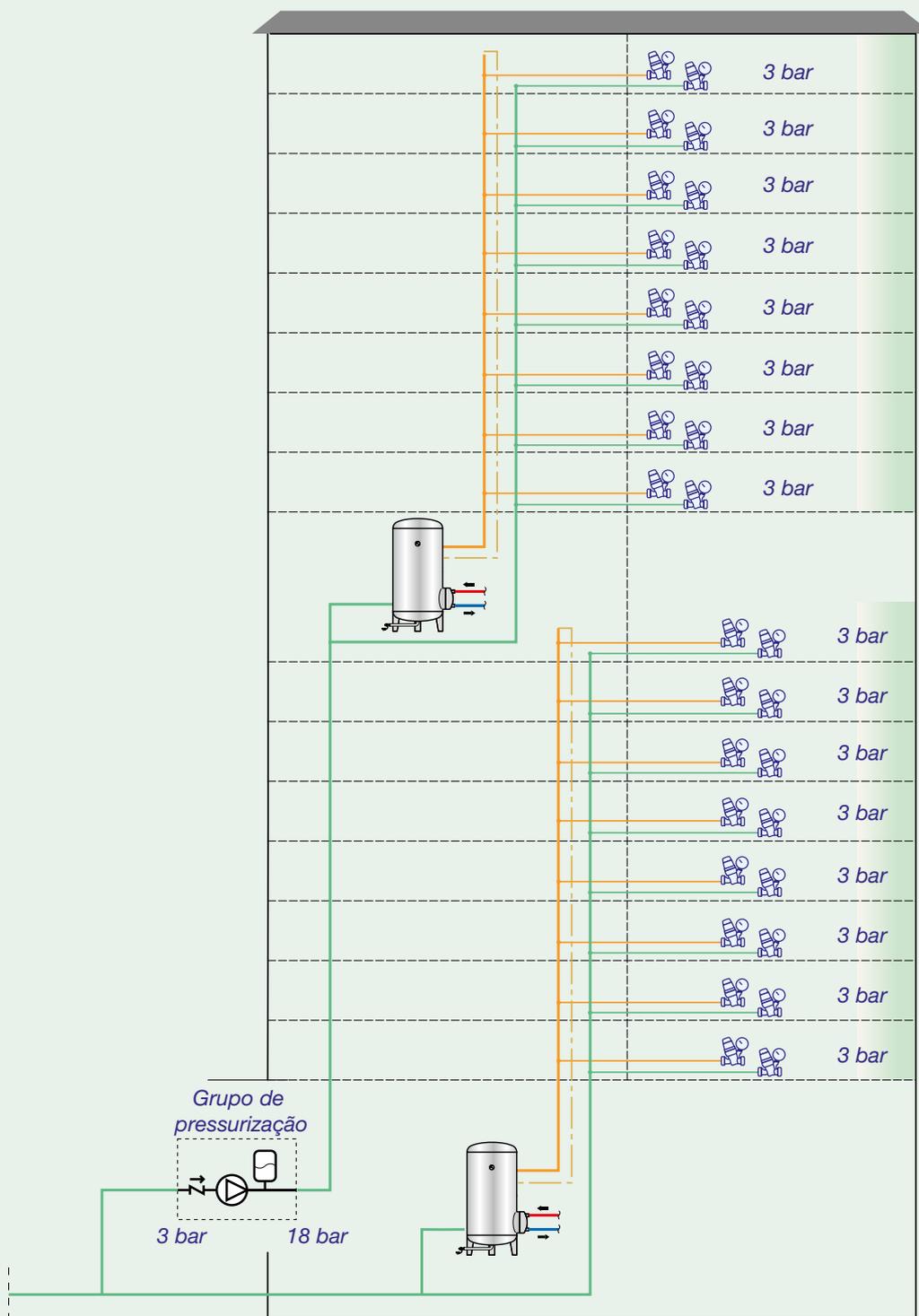
Por este motivo, apenas é possível dividir a rede de AFS e prever a produção de AQS nos pisos intermédios, também chamados pisos técnicos.

Desta forma, o comprimento da rede é consideravelmente reduzido e os componentes da instalação (termoacumula-

dores e redutoras) não estão sujeitos a pressões demasiado elevadas. Instalar uma redutora de pressão por piso ou apartamento, quer na rede de água quente quer na de água fria, garante uma distribuição correta.

Uma solução alternativa envolve a instalação de um permutador de calor no lugar do termoacumulador, uma vez que este componente tem uma melhor resistência a pressões elevadas.

As várias possibilidades devem ser avaliadas na fase de projeto, em termos de viabilidade e custos.



Caso 2: distribuição de água quente e fria sanitária em torres de apartamentos

Produção autónoma

Nos casos em que não exista conveniência técnica e económica na realização de uma rede de distribuição de AQS, pode ser útil recorrer à produção local de AQS através, por exemplo, de satélites de utilização.

Recomenda-se consultar a *Hidráulica* italiana n.º 42 sobre estes dispositivos, capazes de produzir água quente através de um permutador de calor instantâneo, gerando a energia térmica a partir da rede de aquecimento.

Desta forma, basta garantir a pressão correta na rede de distribuição de água fria, como apresentado nas páginas anteriores.

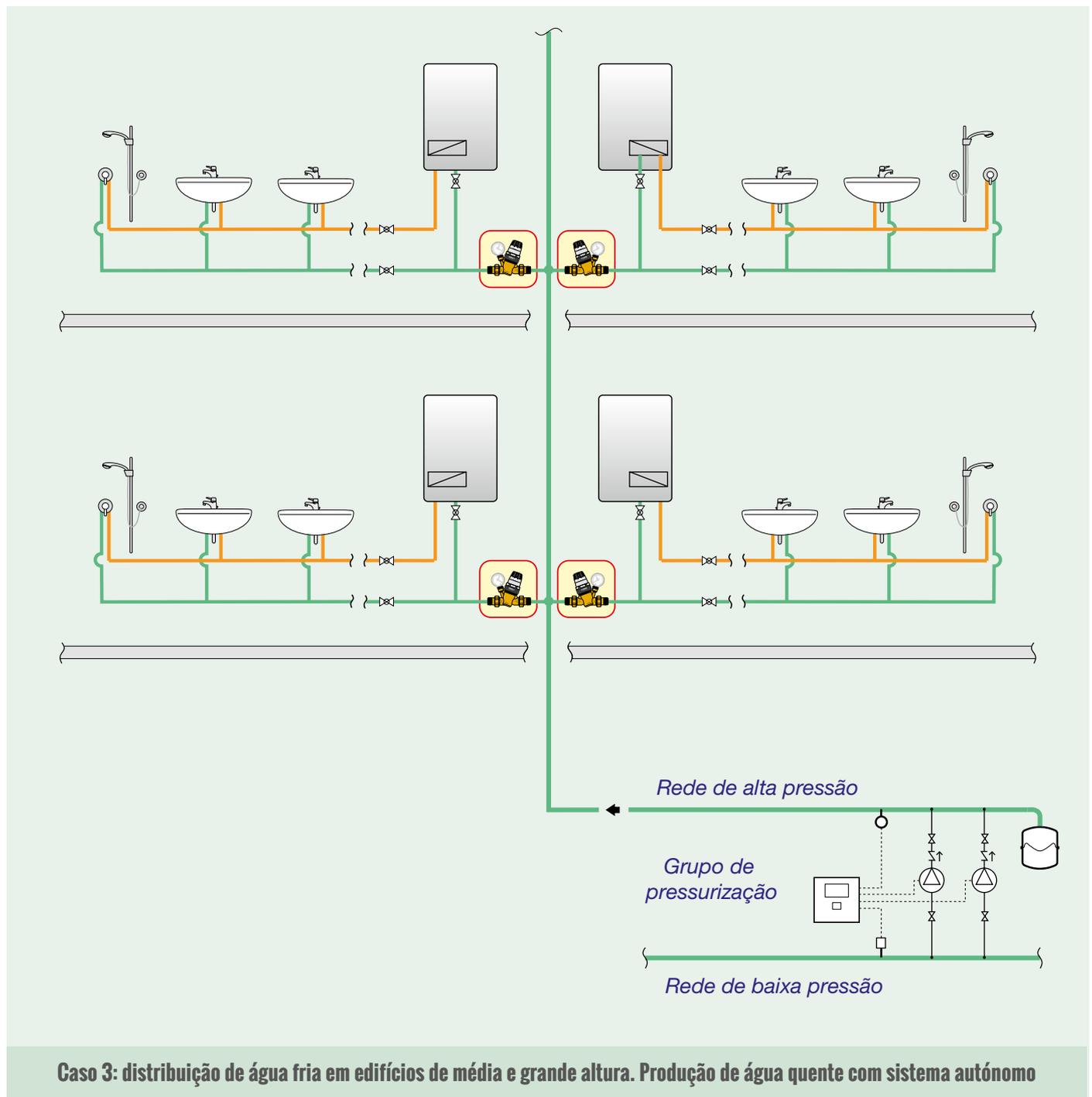
As vantagens deste tipo de instalação são:

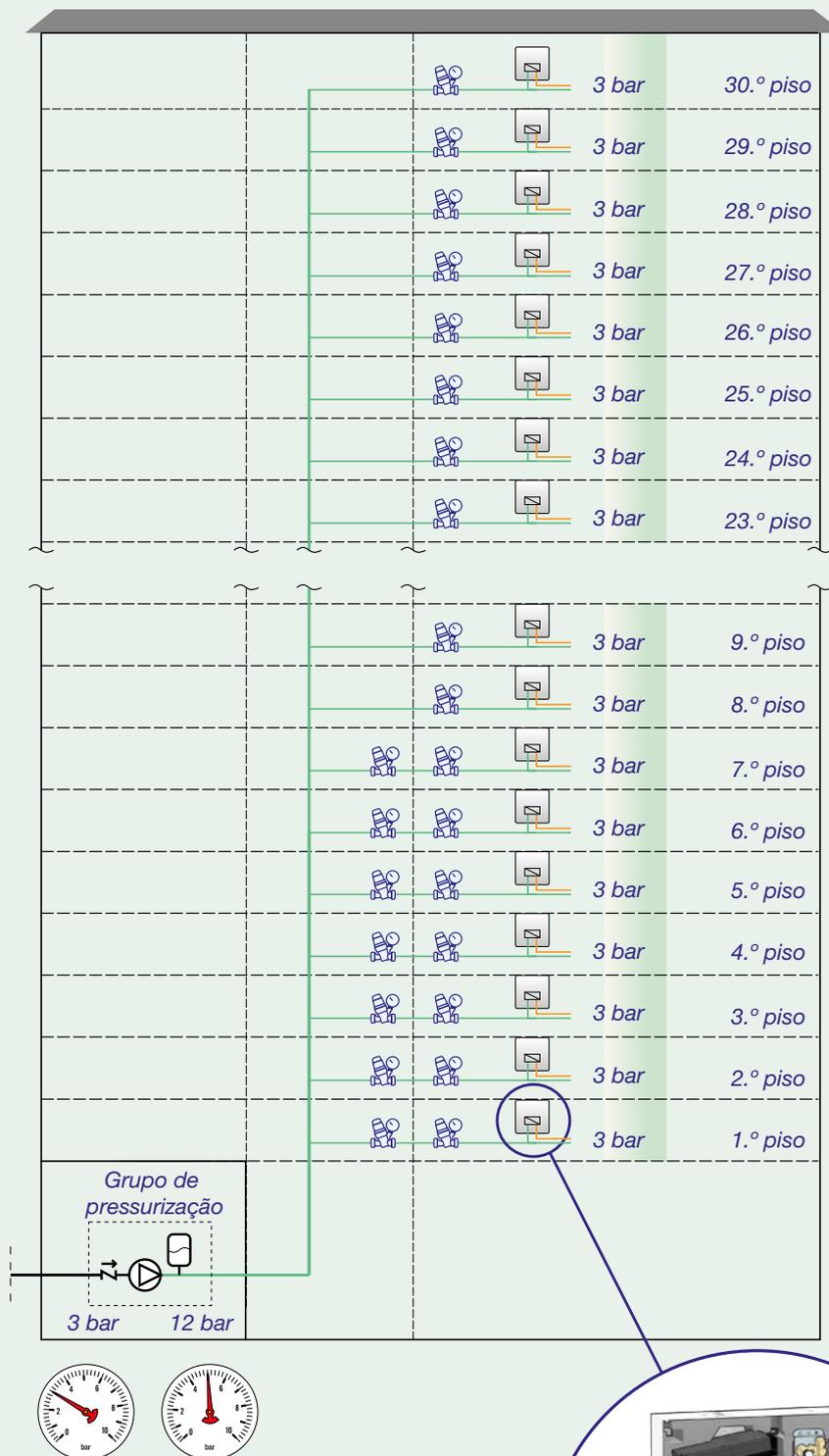
- menores custos de instalação das redes de alimentação;

- menos dispersões devido à manutenção da temperatura da rede de abastecimento de água quente sanitária e da respetiva recirculação;
- menos problemas de proliferação bacteriana através da rede de distribuição de água quente sanitária.

A produção autónoma de AQS é possível quer em edifícios de média e grande altura, quer em torres de apartamentos. No primeiro caso (**caso 3**), é suficiente considerar uma redutora de pressão por piso ou apartamento na rede de água fria.

Ao contrário, no segundo caso (**caso 4**), é necessário instalar duas redutoras em série nos primeiros pisos, a fim de evitar pressões excessivas e funcionamento com relações de redução demasiado altas.





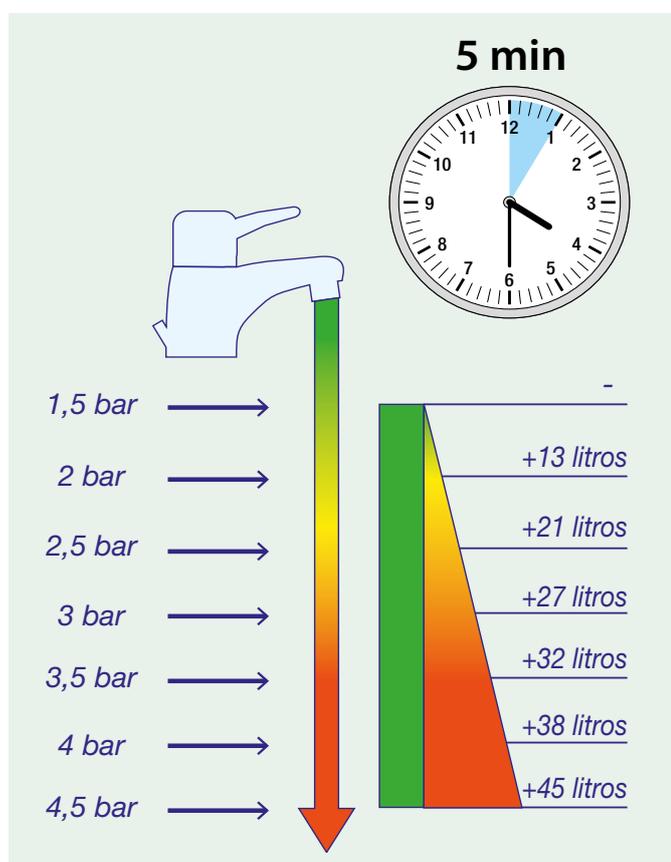
Caso 4: distribuição de água fria em torres de apartamentos. Produção de água quente com sistema autónomo

POUPANÇA DE ÁGUA

A distribuição correta da pressão nas redes de alimentação de água sanitária é fundamental para uma distribuição regular e para evitar problemas de ruído e golpes de aríete na tubagem. Na verdade, pressões elevadas implicam maiores caudais relativamente às necessidades reais com o consequente desperdício energético e, sobretudo, de água potável.

A maior utilização de água está essencialmente relacionada com o facto de uma torneira normal, se não estiver equipada com um dispositivo de restrição do fluxo, faz correr mais água quando aumenta a pressão a montante.

A imagem abaixo ilustra um exemplo desta evolução.



Com efeito, elevadas pressões de distribuição a montante das torneiras podem conduzir a caudais superiores, uma vez e meia, ao de projeto.

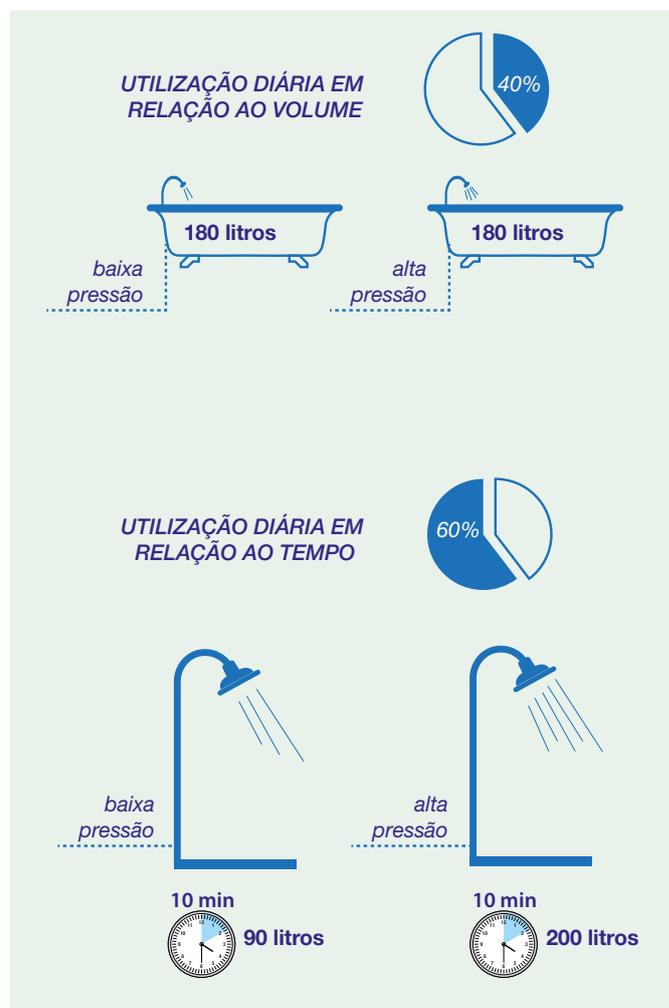
No entanto, com o objetivo de poupar água, deve ser considerado que um aumento do caudal nas torneiras não tem o mesmo efeito em todos os tipos de utilização. Por exemplo, encher a banheira ou o depósito do autoclismo, implicará sempre o mesmo consumo de água, quer a rede de abastecimento esteja corretamente pressurizada, quer se verifiquem pressões elevadas. Nesta última situação, com caudais superiores nos pontos de utilização, levará menos tempo a encher a banheira ou o depósito do autoclismo, mas a quantidade de água será a mesma.

Estes últimos são **utilizações de água potável associadas ao volume**. Por outro lado, temos **utilizações dependentes do tempo**, para as quais o aumento do caudal nas torneiras provoca um grande desperdício. Por exemplo, lavar as mãos, tomar banho ou lavar a loiça são os usos que, substancialmente, implicam a abertura de uma torneira por um período de tempo predeterminado.

Nestes casos, quando as torneiras são alimentadas por redes com uma pressão mais alta e, portanto, proporcionam maiores caudais, ocorrerá um maior consumo de água.

Como podemos ver no gráfico, o aumento do consumo por parte de um ponto de utilização alimentado com uma pressão elevada pode mesmo ser o dobro relativamente a um alimentado com a pressão correta.

Para um **ponto de utilização doméstico** médio, **os consumos dependentes do tempo podem ser calculados numa percentagem que varia entre 50 % e 60 % do total**.



Um exemplo de uma rede de alimentação de água potável onde podem ocorrer fortes oscilações de pressão são os edifícios de vários pisos; de facto, a altura hidrostática leva a uma redução equivalente da pressão disponível nas torneiras.

Exemplo

Para entender melhor os efeitos sobre o consumo de água potável, analisámos, a título exemplificativo, a distribuição ao serviço de um edifício de 9 pisos.

No exemplo, foram consideradas três colunas montantes, cada uma capaz de alimentar duas casas de banho por piso. Para o dimensionamento da tubagem de distribuição, consultar o 5.º *Caderno Caleffi*.

Para simplificar o cálculo, foi considerada a mesma pressão na base das colunas montantes.

O esquema da distribuição e a respetiva evolução das pressões é ilustrado na figura abaixo. Como é possível verificar, a fim de garantir a pressão correta no piso mais alto, é necessário um aumento gradual de pressão à medida que se desce de nível.

No que diz respeito aos consumos diários, por sua vez, foram considerados os seguintes dados:

- pessoas por piso: 8
- consumo total de água por pessoa: 240 l
- 45 % de consumo dependente do volume: 110 l
- 55 % de consumo dependente do tempo: 130 l

A necessidade total de água por edifício é de 17,3 m³.

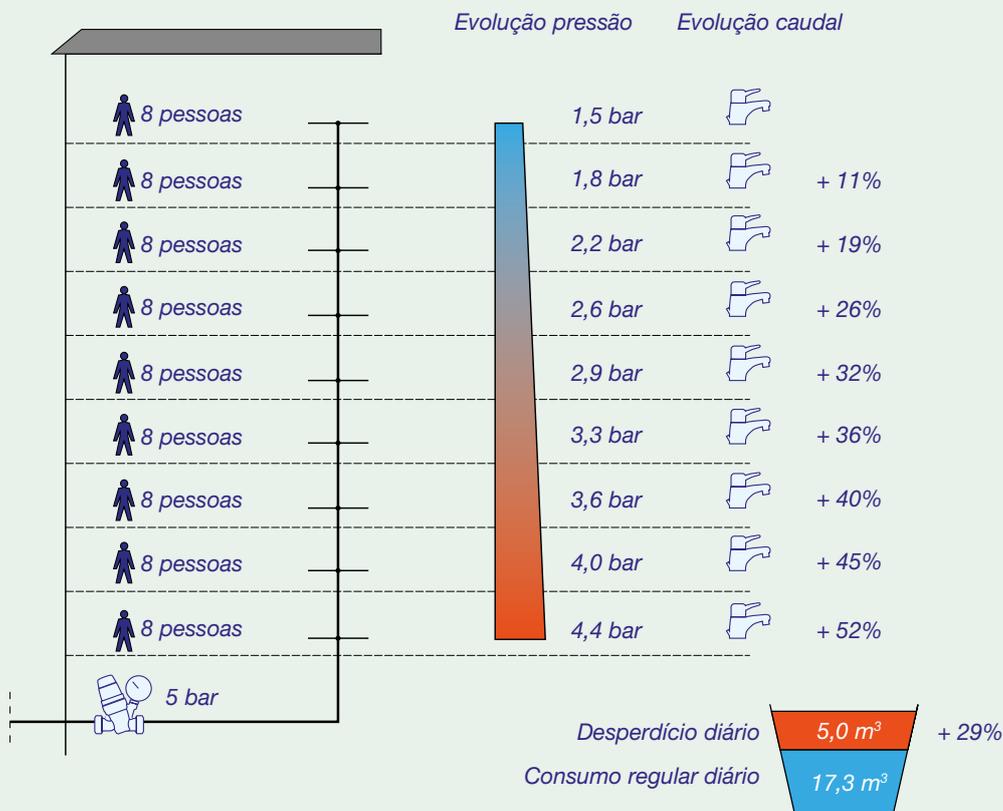
Consumos médios diários de água por pessoa [litros]

banheira e chuveiro	100
sanita	50
lavagem da roupa	30
lavagem da loiça	25
alimentação	15
vários (limpeza)	20
Total diário	240

Como vimos na página anterior, o desperdício de água é determinado pelos consumos dependentes do tempo, que, por sua vez, são influenciados pela pressão de saída. Nos casos que se seguem, iremos calcular o desperdício de água nas várias tipologias de instalação.

No **caso 1**, é representada uma única coluna de distribuição sem redutoras de pressão nem dispositivos de redução do fluxo nas torneiras. Nesta situação, devido à maior pressão nos pisos inferiores, há um consumo médio de água potável 29 % superior ao ideal, em que todas as torneiras emitem o caudal de projeto.

Caso 1



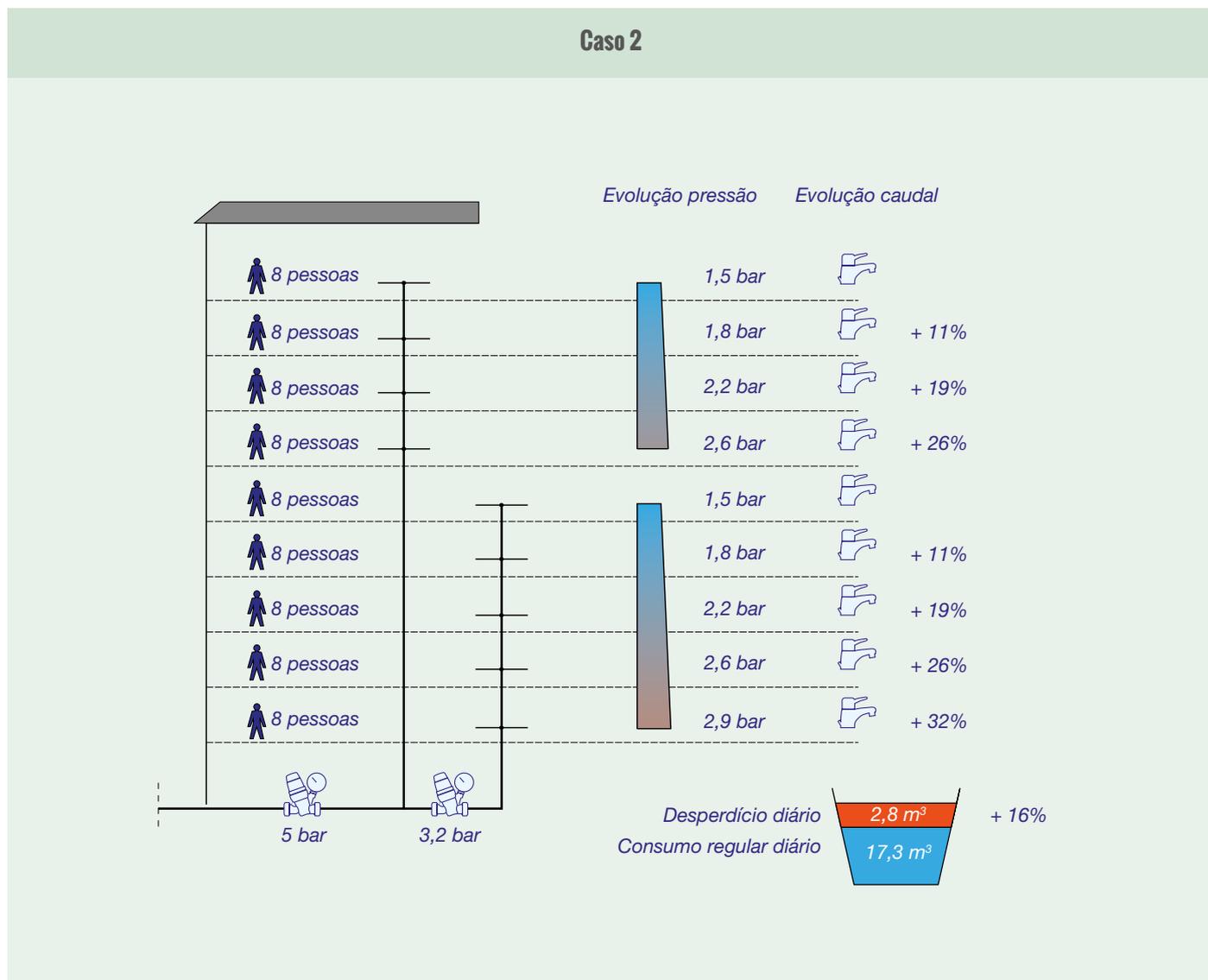
Por outro lado, nos casos 2 e 3 são analisadas duas situações em que a pressão de distribuição é mantida mais constante, recorrendo a várias colunas montantes alimentadas a diferentes pressões.

No **caso 2**, é indicada uma distribuição de duas colunas montantes: uma ao serviço dos cinco pisos mais altos e outra para alimentar os restantes pisos. Como se pode verificar pelos dados apresentados na figura, uma melhor distribuição da pressão no que respeita ao caso de uma única coluna montante implica um menor consumo de água, mas ainda assim superior a 16 % relativamente ao caso ideal.

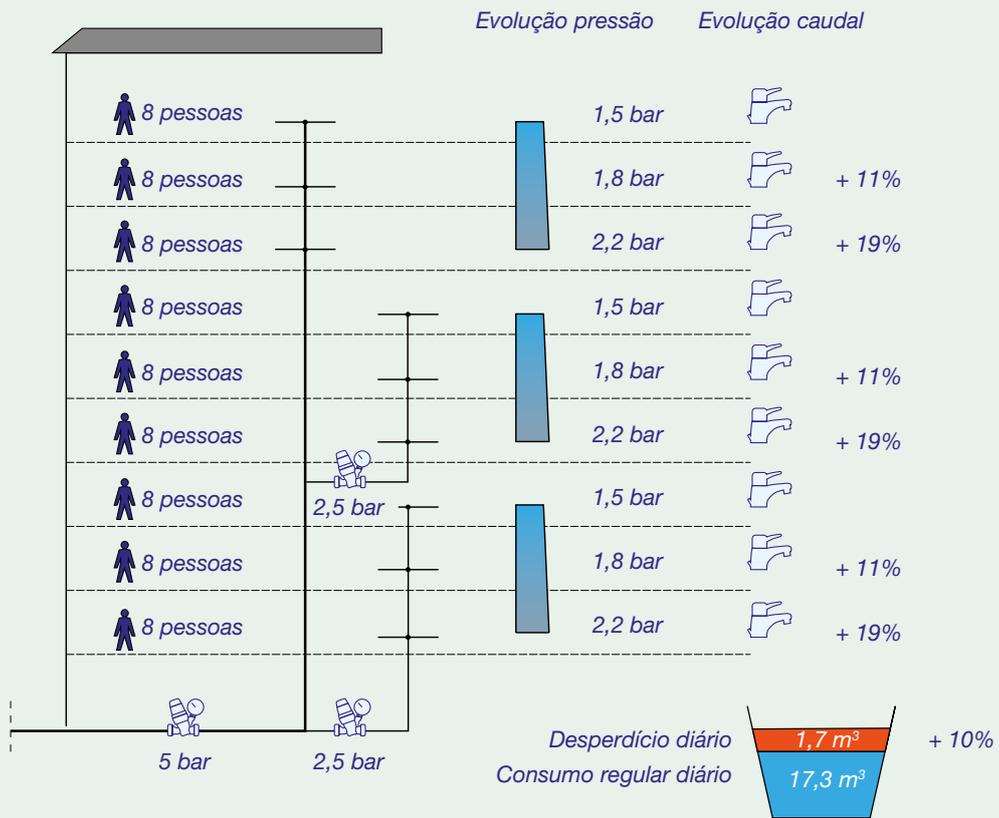
No **caso 3**, é analisada uma distribuição com três colunas montantes; também neste caso, é possível notar que uma maior uniformidade das pressões de alimentação comporta uma redução do consumo de água relativamente à situação de referência, em que todas as torneiras funcionam com o caudal de projeto adequado.

Finalmente, no **caso 4**, está representada uma distribuição composta por uma coluna montante e redutoras de pressão em cada piso. Esta solução de instalação garante a cada torneira uma pressão muito próxima da de projeto e, portanto, o caudal de saída correto. Podem ser obtidos resultados análogos por meio de válvulas de controlo do fluxo instaladas nas torneiras, porém, devemos considerar que um controlo a montante da pressão de distribuição é mais eficaz e seguro ao longo do tempo. Com efeito, os terminais de saída podem ser substituídos por pontos de utilização sem reguladores de fluxo.

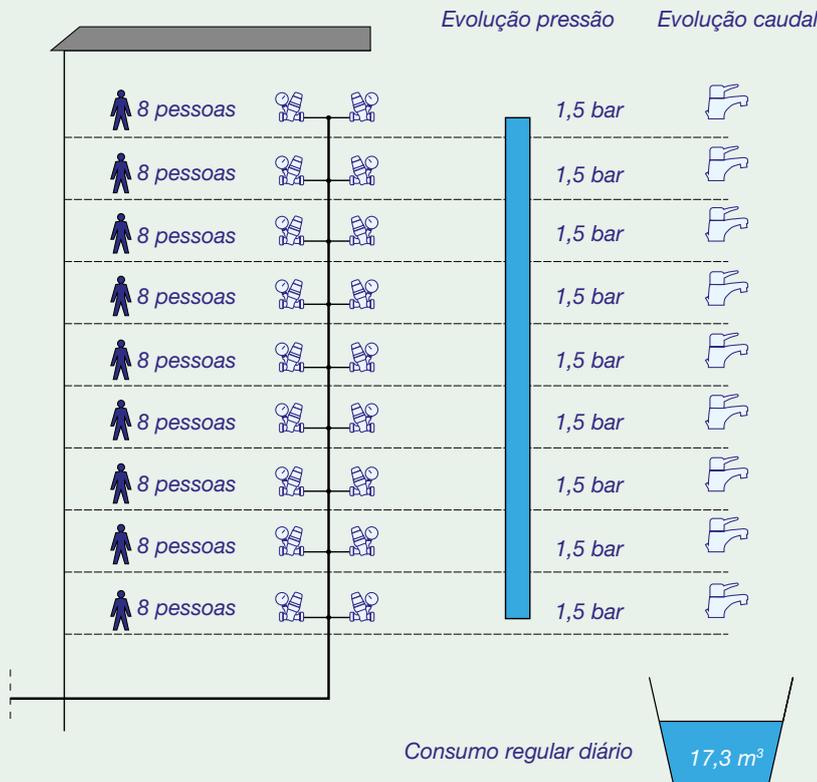
Como procurámos analisar brevemente, projetar redes de abastecimento com **distribuições uniformes de pressão**, mesmo para além das tolerâncias normais do bom funcionamento, pode conduzir a **poupanças consideráveis no consumo de água potável**.



Caso 3



Caso 4



Software de apoio à fase de projeto

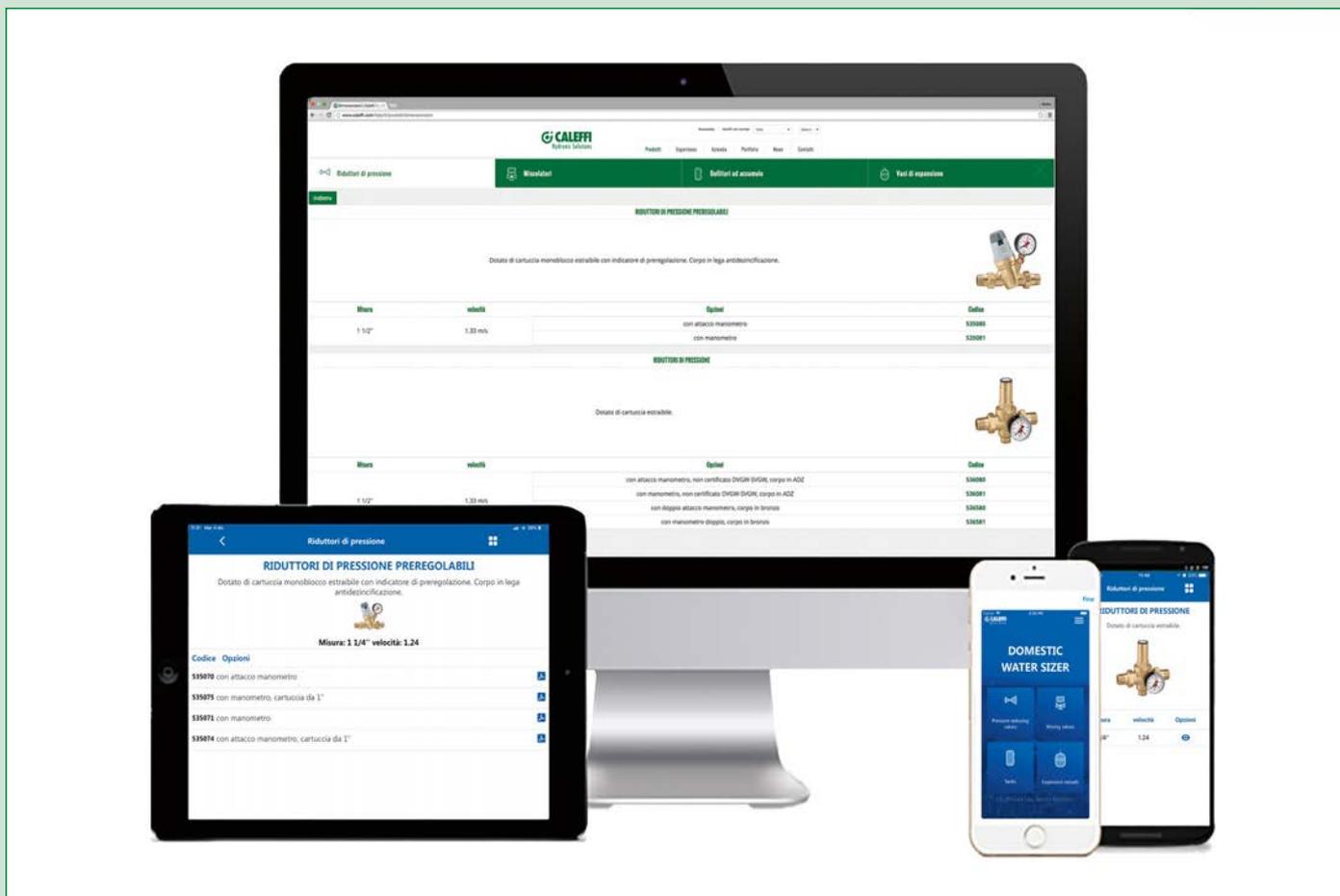
A Caleffi, desde sempre atenta às exigências dos projetistas, disponibiliza um software para dimensionar, de modo rápido e preciso, os principais componentes das instalações hidrossanitárias. Inserindo os parâmetros específicos de projeto, são propostos os produtos compatíveis com as condições de utilização. Para além disso, a aplicação permite guardar o relatório de projeto em formato PDF contendo os dados inseridos, os dados calculados e a documentação técnica.



O DOMESTIC WATER SIZER evita, assim, sobredimensionamentos e assegura o funcionamento ideal das instalações hidrossanitárias.

É possível dimensionar os seguintes componentes: redutoras de pressão, misturadoras, termoacumuladores e vasos de expansão.

Pode ser utilizado como WEBAPP no nosso site ou como APP móvel a partir da APP STORE e GOOGLE PLAY.



Está ainda disponível o software PIPE SIZER, a digitalização das TABELAS DE PERDA DE CARGA AR e AGUA. É possível dimensionar as tubagens para ar e água ou calcular as perdas de carga.



Software de dimensionamento disponível em www.caleffi.com, Apple Store e Google Play.





Estas reductoras não temem pressões elevadas

Redutoras de pressão série 5360 PN40

- Disponíveis em duas versões: com campo de regulação 10÷15 bar (primeiro estado) e 0,5÷6 bar (segundo estado).
- Utilizadas corretamente permitem reduzir as pressões de entrada até 40 bar sem fenómenos de cavitação.
- Com manómetros inox de glicerina.
- Acopláveis ao dispositivo de bloqueio de regulação para evitar manipulações.



Hidrossanitário

Proteger a instalação para proteger a água

www.caleffi.com

CALEFFI
Hydronic Solutions