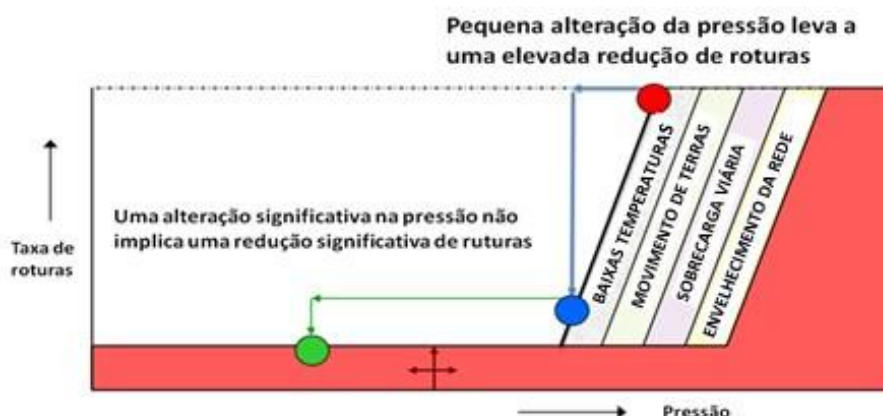
	<b>FICHA DE BOAS PRÁTICAS</b> Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Versão de:	Setembro 215
		Página:	1   22
TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES		

## ENQUADRAMENTO

A redução de perdas constitui um objetivo para a maioria das entidades gestoras de serviços públicos, tendo em vista alcançar a médio e longo prazo a sustentabilidade do serviço prestado. Esta realidade tem vindo a ser evocada a nível internacional, e, em Portugal, está consagrada no PEAASAR 2007-2013, que fixa a necessidade de reduzir as perdas de água para valores inferiores a 20%. A Gestão de pressão é uma ferramenta de elevada importância na intervenção de sistemas de distribuição de água para a redução das perdas reais até níveis considerados economicamente viáveis e tecnicamente aceitáveis.

O excesso de pressão na rede de distribuição, provoca na rede uma maior frequência e dimensão nas roturas, o que implica um maior volume de água perdida. Provoca ainda maior consumo por parte dos consumidores, e uma diminuição da vida útil das condutas e equipamentos, levando ao incremento dos custos de manutenção destes.

**De uma forma geral resulta numa perda de valor para as entidades e num incremento tarifário para o consumidor final.**



**Figura 1: Esquema tipo de área de gestão da pressão**

## OBJETIVO

Definir metodologias na gestão de pressão com vista a redução das perdas de água reais ganhando eficiência nos sistemas de distribuição de água.

## INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NAS PERDAS REAIS

Estima-se que em Portugal as perdas de água atinjam em média os 40%, correspondendo a 70 milhões de euros, considerou-se como objetivo atingir a meta de 15% (Fonte: “Prefácio de Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição” – Série GUIAS TÉCNICOS Nº 3 - IRAR).

Num levantamento internacional realizado pela International Water Services Association (IWSA), a distribuição da percentagem de perdas de água era:

- Países desenvolvidos 8-24 %
- Países emergentes 15-24 %
- Países em desenvolvimento 25-45 %

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	2   22

A redução de pressão é a mais simples e imediata forma de reduzir perdas reais. Os caudais de perdas e as pressões podem relacionar-se da seguinte forma:

- Considerando 2 tipos principais de descarga:
  - Área fixa: Orifícios e falhas em tubagens metálicas
  - Área variável: Fugas em tubagens plásticas, juntas e ligações
- A equação de FAVAD (Fixed and Variable Area Discharges):  $L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N_1}$   
 $P_0, L_0$  – Pressão e caudal de fuga iniciais médios. Permite prever o caudal de fuga  $L_1$  sabendo o valor de  $P_1$  e conhecendo ou estimando expoente  $N_1$   
 $N_1 = 0,5 - 1,0$ : para fugas detetáveis e roturas em tubagens rígidas;  
 $<1,5$ : Perdas de base não detetáveis;  
 $\geq 1,5$ : Fissuras em tubagens flexíveis;  
 Valor recomendado para redes compostas e sem pesquisas locais  $N_1=1$
- Em pequenas fugas (não detetáveis) em juntas, acessórios ou fissuras em tubagem flexível, a área da fuga varia com a pressão. O caudal da fuga varia com  $P^{1,5}$  ( $N_1=1,5$ ), sendo assim, 50% de redução na pressão poderia conduzir a 65% redução no caudal de perdas. (Lambert, 2001, Anexo 1).

## BENEFÍCIOS DA GESTÃO DE PRESSÕES

1. Reduzir as perdas de água (variação crescente com a pressão);
2. Decréscimo do número e frequência de roturas, bem como dos danos a elas associados;
3. Assegurar a prestação de serviço constante garantindo (não só) o fornecimento de água, mas o abastecimento a uma pressão constante;
4. Prolongar a vida útil de equipamentos e infraestrutura de distribuição;
5. Permitir a redução dos custos energéticos e dos custos de manutenção;
6. Garantir os caudais de incêndio - Possibilitar uma melhor gestão do abastecimento em período de escassez;
7. Utilizar a água de forma eficiente.

### (1) Reduzir as perdas de água

Existe uma relação direta entre a pressão e o caudal de perdas, é por isso evidente o benefício que pode ser obtido através da gestão adequada da pressão.

O estudo realizado pela Water Loss Task Force da IWA – International Water Association sobre o nível da gestão das pressões nas redes de abastecimento de água, sustenta que um abaixamento de pressão de 10% pode resultar numa diminuição de perdas em também 10% e na conseqüente diminuição do número de roturas em cerca de 14%.

Diferentes tipos de fugas apresentam diferentes respostas à pressão mas a redução da pressão é particularmente importante na diminuição das pequenas fugas indetetáveis, por exemplo em juntas e ligações (background leakage), já que estas sendo dificilmente detetáveis, não são passíveis de reparação de forma significativa.

### (2) Decréscimo do número e frequência de roturas e dos danos a elas associados

A ocorrência de pressões elevadas e de flutuações significativas no valor da pressão são causas importantes de enfraquecimento das condutas e equipamentos de segurança e manobra e de aumento da taxa de roturas, contribuindo para a redução da vida útil das redes de distribuição de água. (Ver exemplos no anexo 1).

Em virtude das especificidades de cada sistema, o efeito da redução da pressão é também variável de caso para caso. A redução do número de novas fugas é, frequentemente, o resultado mais evidente em termos económicos da gestão de pressões (Bragalli e Sacchi, 2002).

### (3) Assegurar a prestação de serviço constante garantindo, não só o fornecimento de água, mas o abastecimento a uma pressão constante

Considerando que ao aumentar a pressão na rede, o índice de roturas também aumenta com prejuízo para os utilizadores (falta de água) e fornecedores do serviço (mão-de-obra, materiais, não faturação).

Uma pressão mais estável reduz o número de roturas associadas a esforços de fadiga e problemas em canalizações interiores. Garante-se um serviço mais constante aos consumidores.

### (4) Prolongar a vida útil de equipamentos e infraestrutura de distribuição

Uma das razões para que a percentagem de fugas num sistema de distribuição apresente valores elevados deve-se em muito à antiguidade das tubagens e ao seu subdimensionamento. Ao aumentar as pressões nas condutas, aumenta automaticamente o valor das fugas, pois estas são proporcionais ao aumento da pressão.

Por outro lado quanto mais elevada for a pressão maior probabilidade existe de os orifícios das fugas serem constantemente alargados contribuindo continuamente para incremento constante das perdas.

**Figura 2: Volume de perdas em diversos orifícios sujeitos a diferentes valores de pressão num ramal de 1/2".**

Pressão	Caudais ( l/d)			m.c.a
	5	15	32	
○	7013	23376	49090	
○	2932	9970	20945	
○	2496	8308	17454	
○	421	1402	2945	
○	234	779	1636	

### (5) Permitir a redução dos custos energéticos e dos custos de manutenção

- As perdas aparentes são valorizadas pelo custo médio composto de venda, e as perdas reais pelos custos marginais de produção para tratar e entregar a água aos diferentes utilizadores. Geralmente, o primeiro custo é mais elevado, pelo que as perdas financeiras das perdas aparentes são bastante importantes.
- Redução nos custos unitários de tratamento (químicos, energia) e de entrega (custos de bombagem).
- Menos roturas, custos de reparação mais baixos, menos reparações acumuladas.
- Redução de investimentos em programas de substituição de condutas e ramais se o critério for um "X" nº de roturas/ Km de tubagem em "Y" anos.

### (6) Garantir os caudais de incêndio - Possibilitar melhor gestão do abastecimento em período de escassez

Embora muitas vezes referida como uma limitação à gestão da pressão, pressupondo que esta implicaria apenas a redução da pressão num sistema, a garantia dos caudais de incêndio pode vir a ser melhorada com uma adequada gestão das pressões. Muitos sistemas sem controlo ativo de pressões não garantem os caudais necessários para o combate a incêndios, mesmo que se verifique pressão suficiente, já que é necessário garantir que a conduta tem o diâmetro efetivo necessário.

### (7) Utilizar a água de forma eficiente

Para a utilização eficiente da água é conveniente que as pressões não sejam excessivas, limitando-se aos valores que permitam uma utilização confortável. A gestão de pressões pode ser uma medida eficaz para limitar os consumos nas situações em que o ponto de consumo está diretamente sujeito à pressão da rede.

A gestão de pressão permite garantir em toda a rede e em permanência, pressões acima dos mínimos regulamentares mas evitando valores excessivos e desnecessários, que podem contribuir para um maior consumo quando da utilização de dispositivos como torneiras, chuveiros ou bocas de rega.

Nem todos os dispositivos estão sujeitos à pressão da rede, especialmente nas situações em que existam reservatórios locais. No entanto, por exemplo, no autoclismo onde não há redução significativa do consumo por efeito da pressão podem ocorrer fugas por pressões mais elevadas na válvula de flutuador. A gestão de

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	4   22

pressões pode, nestes casos, contribuir para a redução das perdas aparentes, uma vez que estes baixos consumos não são muitas vezes lidos pelos contadores.

A redução da pressão pode ainda ser útil em situações de escassez como medida de emergência, permitindo a redução dos consumos de forma eficaz a níveis compatíveis com as reservas existentes. Naturalmente que, nesta situação, a qualidade do serviço não é mantida nos níveis desejáveis e há que evitar reduções excessivas em zonas da rede onde, em consequência, se possam registar problemas de contaminação.

## **A GESTÃO DE PRESSÃO CONSEGUE-SE ATRAVÉS DE:**

1. Otimização do funcionamento das estações elevatórias com grupos eletrobomba a trabalhar em regime de variação de frequência (velocidade variável);
2. Setorização: Dividindo a rede em patamares de pressão em função das condições topográficas;
3. Definição de área de gestão da pressão e instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP);

Qualquer destes métodos pode ser utilizado em separado ou em simultâneo e devem ter em conta o conceito de setorização da rede. A divisão da rede em setores, aliada a zonas de medição e controlo (ZMC), obedece a procedimentos e metodologias adequadas e importantes no que respeita à deteção e quantificação de perdas, à sua caracterização e identificação no terreno. A setorização e a delimitação da rede de distribuição em zonas de medição e controlo são um primeiro passo essencial para o estabelecimento de uma estratégia de gestão de pressões.

### **(1) Otimização do funcionamento das estações elevatórias com grupos eletrobombas a funcionar em regime de variação de frequência/ velocidade variável**

A aplicar quando existem estações elevatórias ligadas diretamente à rede de distribuição de água. Permite não só a redução das perdas de água através de uma adequada gestão de pressão como tem reflexo direto numa redução do consumo de energia.

#### Utilizando sobrepessoras

Permitem elevar a pressão localmente para zonas da rede de distribuição em que se verifiquem pressões deficientes, sem aumentar noutros sectores da rede (e.g. durante picos de consumo). Devem ser usadas bombas de velocidade variável para esta finalidade - maior flexibilidade na gestão de pressões e na resposta às variações de consumo.

#### Utilizando reservatórios e instalações elevatórias

Potencial para controlo da pressão a um custo baixo, os níveis operacionais dos reservatórios são estabelecidos para evitar extravasamentos. Permitem escolha de períodos de bombeamento que não impliquem um aumento significativo das pressões na rede e o controlo dos níveis nos reservatórios de modo a minimizar as pressões elevadas.

### **(2) Setorização:**

Embora a setorização da rede não permita diretamente o controlo das perdas acaba por ser um instrumento crucial no que respeita à sua deteção, caracterização e distribuição espacial. Além de facilitar a implementação de estratégias ativas de controlo de perdas, permite o estabelecimento de prioridades de intervenção na rede, a gestão das pressões ao longo do dia em função dos consumos, o controlo da faturação e monitorização de parâmetros relacionados com a qualidade da água.

(Nota: Para aprofundar este tema consultar a ficha “Setorização da rede”)

### **(3) Definição de área de gestão da pressão e instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP):**

Abordagem faseada e integrada, avaliar os efeitos das áreas de gestão da pressão, incluindo:

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	5   22

- Relação entre pressão e caudais em fugas existentes e efeitos na redução do caudal de perdas e na taxa de ocorrência de novas fugas ou roturas
- Efeito na redução do consumo em dispositivos com pressão do sistema
- Previsão dos efeitos da gestão de pressões sobre perda de faturação
- Garantia do bom funcionamento das válvulas redutoras de pressão

Precaver os requisitos de funcionamento do sistema, como:

- Garantia de pressões mínimas e máxima, estabilidade da pressão na rede de distribuição
- Garantia dos caudais de incêndio
- Garantia dos caudais e pressões em edifícios altos (sem sobreprensa) e instalações industriais
- Garantia do enchimento eficiente dos reservatórios em período noturno

### Fatores a considerar na Análise de custos/ benefícios

#### Custos:

- Custos associados à fase de dimensionamento – recolha e processamento de dados, monitorização, consultorias, testes no sistema
- Aquisição de equipamento; equipamento específico para controlo da pressão – VRP, medidores de caudal outros equipamentos – válvulas, juntas, entre outros
- Instalação – incluindo custos de escavação, assentamento de condutas, materiais, construção civil
- Monitorização – custos dos equipamentos de medição (de pressão e caudal), sistemas de telemedição e/ou controlo
- Manutenção de válvulas – depende do número de válvulas e de existirem técnicos para a execução dessa tarefa
- Intervenções na rede de distribuição – substituição ou construção de troços de conduta, intervenções para resolução de problemas específicos de edifícios altos ou unidades industriais

#### Benefícios:

- Redução do caudal de perdas reais
- Redução do número de roturas
- Aumento da vida útil da rede de distribuição
- Aumento da qualidade de serviço e redução do número de reclamações
- Redução de custos de exploração
- Impacto nas necessidades de investimento para resposta ao aumento da procura
- Melhoria do controlo operacional da rede
- Benefícios a longo prazo - Decréscimo de roturas. Diminuição dos custos de manutenção.
- Disponibilidade de informação como input para a telegestão.
- Rápido retorno do investimento (ROI)

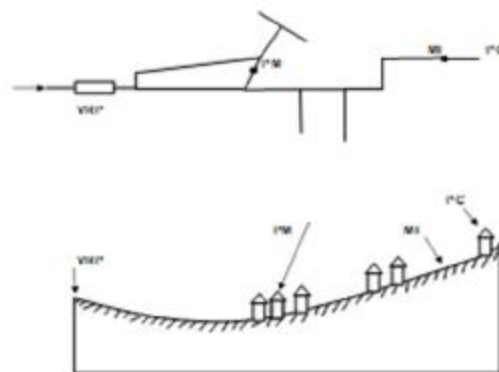
### Implementação e estabelecimento dos programas de operação e manutenção

Um programa de gestão ativa da pressão deve ter acompanhamento, avaliação e ajustamentos periódicos, incorporando alterações que se vão verificando no sistema de abastecimento. Deve ser prevista monitorização, permanente ou em períodos representativos das variações diárias, semanais ou sazonais expectáveis em:

- Nós de abastecimento a um sistema ou zona
- Condutas elevatórias, estações de tratamento, reservatórios, poços ou transferências de água de outro sistema ou zona
- Nós de armazenamento
- Reservatórios, albufeiras, tanques
- Nós críticos. Nós representativos

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF.ª:	CESDA_006
		Página:	6   22

- Pontos no sistema com limitações de pressão ou caudal, por efeito da topografia ou de perdas de carga
- Consumidores que não podem ficar sem abastecimento (e.g. unidades hospitalares ou industriais)
- Nós seleccionados como sendo representativos das condições médias na zona ou sistema (cota topográfica, pressão, perda de carga, etc.).
- Pressão - todos os nós acima indicados
- Caudal – mínimo, todos os pontos de abastecimento do sistema ou zona



**Figura 3: Esquema tipo de área de gestão da pressão**

## SELEÇÃO DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

- Fiabilidade, disponibilidade, domínios de operação (pressão e caudal), estabilidade da pressão de saída, velocidade de reação às mudanças de caudal, facilidade de manutenção, capacidade de comando remoto, custo.
- Forma de modelação a utilizar na redução/ gestão de pressão:
  1. Regulação fixa (hidráulica);
  2. Modelação horária (elétrica);
  3. Modelação por consumo (eletrónica);
  4. Modelação por ponto crítico (eletrónica)

### (1) Regulação fixa (hidráulica)

Válvula redutora de pressão com pressão constante na secção a jusante. A válvula reguladora de pressão é auto pilotada o que permite a regulação automática da pressão da secção de jusante independentemente da flutuação de caudal ou da variação de pressão na secção a montante. Mantém a pressão constante a jusante da válvula de acordo com o valor previamente ajustado no piloto.



**Figura 4: VRP - Regulação fixa e instalação**

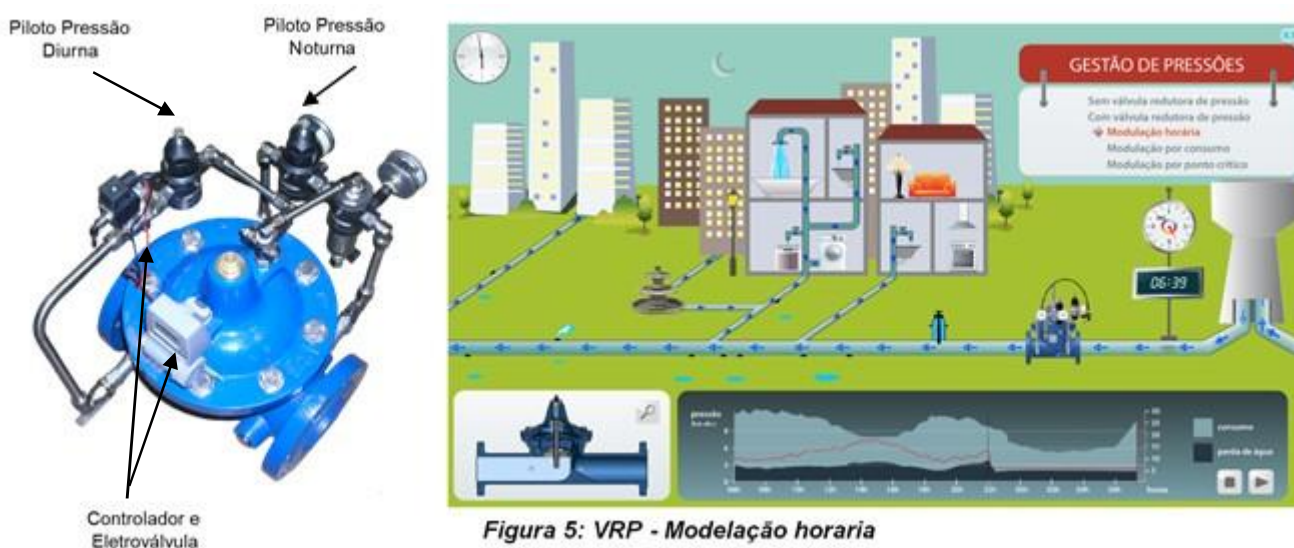
Eficaz na regulação de pressão em zonas onde a variação do consumo (caudal da ZMC) ou variação da pressão ao longo do tempo não é significativa (funcionamento hidráulico autónomo).

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	7   22

## (2) Modelação horária (elétrica)

Este método consiste na utilização de uma válvula hidráulica com dois pilotos redutores de pressão comutáveis entre si através de uma eletroválvula. A eletroválvula é alimentada por um controlador/ temporizador horário (a pilhas), os pilotos redutores são regulados para valores distintos de pressão (diurno e noturno, por exemplo). De acordo com o perfil horário é possível reduzir mais a pressão durante a noite, evitando sobrepensões na rede em baixo consumo, minimizando as perdas de água e a ocorrência de novas roturas.

Eficaz em zonas com perfis de consumo e perdas de carga estáveis, onde o orçamento para a instalação é limitado e onde não existe energia elétrica disponível. Neste método é essencial ter um bom conhecimento do perfil de pressões, caudais e geometria da rede.



## (3) Modelação por consumo (eletrónica)

Este método consiste na gestão de pressão de acordo com o ciclo de consumo, tendo como objetivo a afinação da pressão de acordo com as solicitações da rede. A colocação de um medidor de caudal na conduta principal vai permitir medir em permanência o caudal solicitado. Os valores medidos são transmitidos a um autómato, onde foi previamente inserido o algoritmo que relaciona caudal e pressão de acordo com as características do sistema em questão, sendo que o objetivo é manter a pressão na rede aproximadamente constante, verificando-se menor amplitude na sua variação.

A VRP reage às variações de caudal estabelecendo diferentes pressões de saída. Utilizada quer para manter a pressão num ponto crítico ou para alternar entre diferentes pressões de saída para patamares de caudais (condições variáveis).

- Regula e modula a pressão a jusante de acordo com as necessidades operacionais da rede
- Os valores a regular variam e ajustam-se de acordo com a necessidade de consumo

Eficaz em áreas com condições de perda de carga e consumos variáveis, onde é necessário um controlo ativo da pressão.



TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF.ª:	CESDA_006
		Página:	8   22



Figura 6: VRP - Modelação por caudal

#### (4) Modelação por ponto crítico (eletrónica)

Um sinal telemetido no ponto crítico permite controlar a pressão de saída na válvula, mantendo a pressão naquele ponto num determinado valor, constante.

Nesta forma de modelação, os valores de pressão são medidos, por um sensor de pressão instalado no ponto crítico e enviados remotamente para um autómato que irá comandar a VRP de acordo com as indicações que vai recebendo do sensor, mantendo-se constante a pressão em toda a rede.

Uma vez controlado este ponto garante-se que as pressões em toda a rede não atingirão valores demasiado altos. Esta forma de controlo é a mais estável dentro dos métodos apresentados, permitindo variações de pressão muito suaves ao longo da rede de distribuição.

Mantem-se o valor da pressão na rede num valor mínimo otimizado.



Figura 7: VRP - Modelação por ponto crítico

## DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

As VRP devem ser corretamente dimensionadas, para isso serão necessários alguns dados gerais:

- Proveniência da água (gravítica, elevada, desnível)

Elaborado por Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água (CESDA)



TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	9   22

- Diâmetro da conduta
- Pressão máxima a montante
- Pressão mínima a montante
- Pressão ou pressões desejadas a jusante
- Caudal de ponta
- Caudal mínimo
- Caudal nominal

Deve ser tido em conta que é tão importante a válvula debitar o caudal suficiente nos picos de consumo, como estar corretamente dimensionada para os regimes de consumo mais baixo. Tratando-se de equipamentos que são geralmente instalados ao longo da rede de distribuição de água, estando por vezes muito perto de áreas habitadas, quando sobredimensionados podem provocar ruído, perturbações na rede e ficam sujeitos a desgaste prematuro.

Colocamos como exemplo o dimensionamento de uma VRP com a respetiva análise dos resultados. Os fabricantes destes equipamentos disponibilizam na documentação técnica as características de vazão e capacidade das VRP.

Coeficiente de Vazão - Kv													
DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
<b>Modelo 200/ 200R</b>	30	90	110	200	200	220	416	600	800	800	1380	2100	2250

**Kv** = Metros cúbicos de água à temperatura de quinze graus celsius, que passa através de uma válvula numa hora, com um diferencial de pressão de um bar.

Em geral o curso máximo de abertura de uma válvula só é considerado na situação de válvula “tudo/nada”. As válvulas de controlo devem obedecer à seguinte tabela de segurança, para evitar que em situações extremas o controlo pretendido deixe de se efectuar (será o caso de válvulas subdimensionadas).

Os valores de Kv deverão ser multiplicados pelo fator correspondente em função do modelo da válvula.

Fator de Segurança do Kv						
Modelo	Redução de pressão (02)	Controlo de nível (04/ 05)	Limitação de caudal (06)	Alívio de pressão (03)	Antecipação de vaga (09)	Controlo de bombagem (07)
<b>Fator</b>	1,3	1,2	1,3	1,3	2,2	1,9

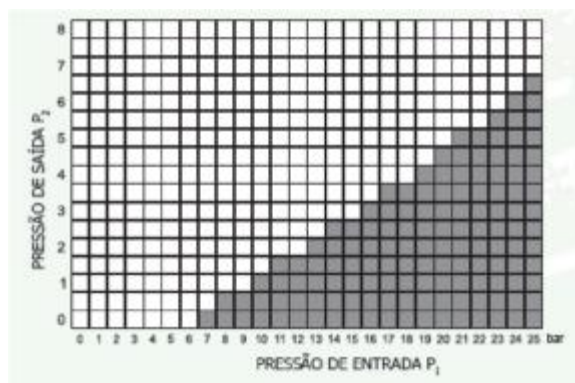
Equação para dimensionamento:

$$Kv = Q / \sqrt{\Delta P}$$

**Tomemos o seguinte exemplo simplificado:**

Condições de serviço:

Diâmetro conduta: DN80  
 Pressão a montante (P<sub>1</sub>): 5 bar  
 Pressão a regular a jusante (P<sub>2</sub>): 3 bar  
 Caudal nominal: 34 m<sup>3</sup>/h  
 Origem da água: Ponto de entrega



**Figura 8: Gráfico de Cavitação – Zona sombreada - ausência de cavitação.**

Elaborado por Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água (CESDA)

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	10   22

### Resultados obtidos:

Cavitação: Por observação do gráfico - não se verifica

Utilizando a equação:  $K_v = 34 / \sqrt{(5-3)} = 24,04$

Multiplicando pelo fator de segurança para a VRP:  $K_v = 24,04 * 1,3 = 31,04$

O  $K_v$  obtido é superior a 30 (ver tabela de  $K_v$ ) o que significa que a válvula de DN50 estaria subdimensionada, pelo que a válvula adequada será a de  $K_v$  superior ao obtido no dimensionamento, neste caso DN65.

Velocidade (DN65) = 2,8 m/s, adequada a condutas em pressão, sendo assim, a VRP adequada seria de 65mm.

## MANUTENÇÃO DAS VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

Tão importante como o dimensionamento é a manutenção dos equipamentos. Para se tirar o melhor partido das válvulas estas devem encontrar-se a funcionar corretamente e dentro dos valores previstos para a instalação. As manutenções devem ser programadas de modo a evitar ações corretivas de emergência. Todos os equipamentos hidromecânicos estão sujeitos a algum desgaste pelo que a sua boa condição deve ser verificada com alguma regularidade.

A periodicidade das manutenções deve ser adaptada às condições de serviço, características da rede e relevância da válvula para a instalação. Redes antigas exigem um maior cuidado na manutenção dos equipamentos, águas com sólidos em suspensão também, as roturas frequentes exigem uma revisão aos filtros e válvulas existentes.

Colocamos alguma informação geral acerca da manutenção, comuns à generalidade das válvulas de controlo. Os fabricantes disponibilizam os respetivos manuais.

As válvulas de controlo devem ser revistas pelo menos uma vez por ano. A substituição de acessórios pode não ser necessária a cada revisão, no entanto é conveniente estar em posse das peças de reserva aconselhadas pelo fabricante, caso seja necessária a sua substituição.

- Limpeza do filtro de proteção da válvula de controlo. Filtro instalado a montante da válvula.
- Limpeza do filtro do sistema piloto de controlo: se este elemento estiver colmatado a válvula não funcionará corretamente
- Deve verificar-se o estado do diafragma: Se este órgão não se encontrar em bom estado a válvula não abre
- Verificação do estado do obturador: Se este órgão não se encontrar em bom estado a válvula não reduzirá pressão corretamente
- Verificação do estado dos pilotos: em princípio estando a funcionar corretamente, encontrar-se-ão em bom estado, no entanto é comum necessitarem de limpeza, principalmente em redes com roturas frequentes.



TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	11   22

### Referências

1. *Alegre, H., Almeida, M., Vieira, P. & Coelho, S. (2005). Guia Técnico 03: Controlo de Perdas de Água em Sistemas de Adução e Distribuição. Lisboa: LNEC IRAR INAG.*
2. *Allan Lambert chaired the IWA Water Losses Task Force between 1995 and 1999 and is managing director of Water Loss Research & Analysis Ltd.*
3. *Flávio Miguel Reis Oliveira (2013), Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água, Otimização das pressões numa grande rede de distribuição de água – aplicação ao caso do Porto, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*

### Ligações úteis:

<http://www.iwahq.org>  
<http://www.ersar.pt>  
<http://www.leakssuite.com>

### AUTORES

Abel Almeida Luís (EPAL)  
Alexandra Veiga (SIMAR Loures e Odivelas)  
Bruno Santos (Fulcoli-Somepal)  
Cristina Caldas (Contimetra)  
Daniel Cardoso (Águas de Gondomar)  
Fernanda Lacerda (Águas do Porto)  
Hilário Ribeiro (Itron)  
João Curinha (Águas do Sado)  
João Santos (EMAS de Beja)  
Luís Gomes (Afluxo)  
Maria do Carmo Almeida (Ibergás)  
Maria José Neto (SIMAR Loures e Odivelas)  
Margarida Esteves (Hubel)  
Margarida Pinhão (Tecnilab)  
Pedro Pereira (Be Water – Águas de Mafra)  
Pedro Saraiva (EPAL)  
Raquel Mendes (Acquawise Consulting)  
Regina Casimiro (Câmara Municipal de Loulé)  
Rodrigo Duarte (Águas de Cascais)  
Rute Parente (SMAS de Sintra)

Elaborado por Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água (CESDA)

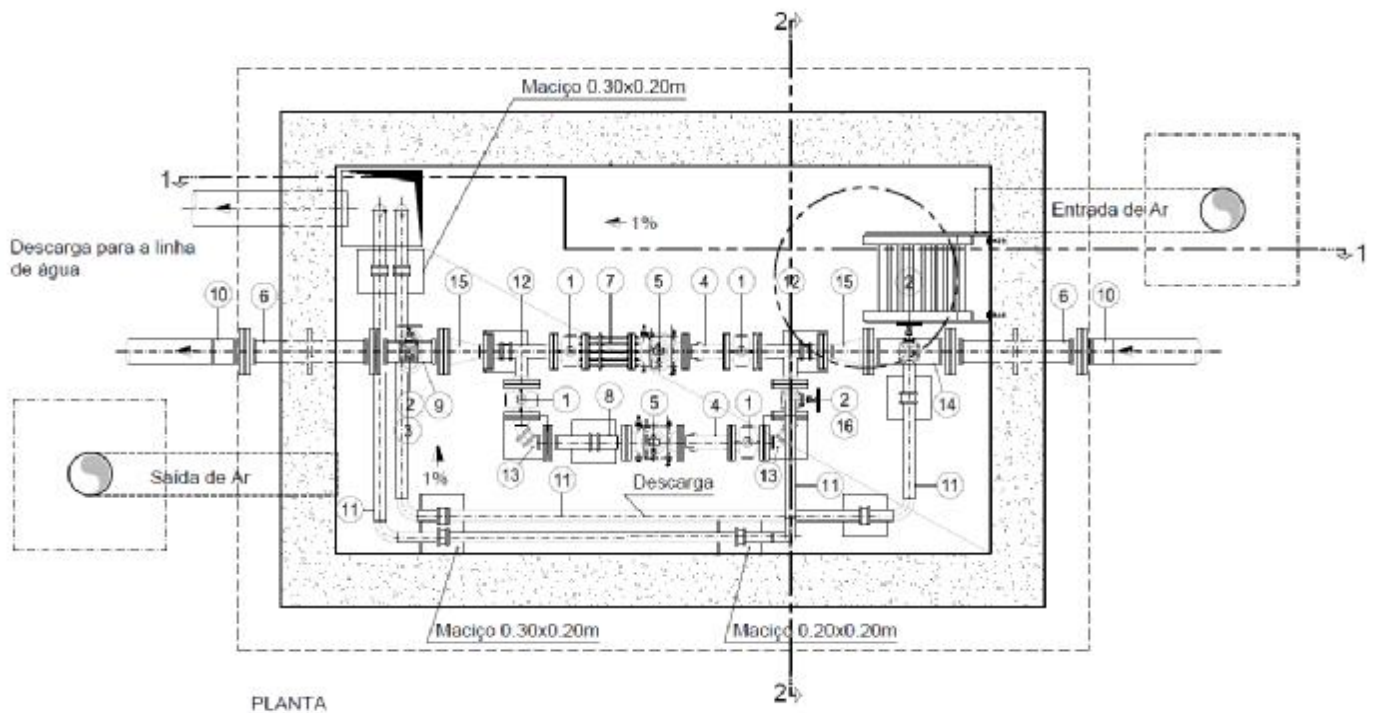
### Anexo 1: Experiências internacionais sobre a influência da pressão sobre o número de roturas

País	Empresa ou Sistema	Nº Sectores estudados	Pressão máxima inicial (m)	% média de redução da Pmax	% média de redução de novas roturas	Conduta (c) ou ramais r
Austrália	Brisbane	1	100	35	28	c,r
	Gold Coast	10	60-90	50	60, 70	c,r
	Yarra Valley	4	100	30	28	c
Brasil	Caesb	2	70	33	58, 24	c,r
	SabespROP	1	40	30	38	c
	SbespMO	1	58	65	80,29	c,r
	SabespMS	1	23	30	64,64	c,r
	SANASA	1	50	70	50, 50	c,r
	Sanepar	7	45	30	30, 70	c,r
Canadá	Halifax	1	56	18	23,23	c,r
Chipre	Limasol	7	52.5	32	45, 40	c,r
Inglaterra	Bristol Water	21	62	39	25,45	c,r
	Un.Utilities	10	47.6	32	72,75	c,r
Itália	Turim	1	69	10	45	c,r
	Umbria	1	130	39	71	c,r
EUA	Americ. Wat.	1	199	36	50	c

Lambert (2001) e Farley e Trow (2003) apresentam dados de diferentes sistemas que são ilustrativos do impacto da pressão excessiva sobre a frequência de roturas:

- Austrália: a redução em 40% na pressão num sector de uma cidade resultou na redução da frequência de novas roturas em 55%.
- Auckland, Nova Zelândia: a redução na pressão média de 71 m para 54 m, num sistema de distribuição, resultou na redução da frequência de roturas para o valor mais baixo observado em 8 anos.
- São Paulo, Brasil: a aplicação da gestão da pressão em 8 sectores com 140 km de condutas resultou numa redução da frequência de roturas de 155 por mês para 95 por mês.

## Anexo 2: Instalação tipo para VRP



### LEGENDA

- 1 - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO TIPO CURHA, EM GG50 DIN 1693, DE ACCIONAMENTO MANUAL, FLANGEADA SEGUNDO DIN 2633.
- 2 - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO TIPO CURHA ELÁSTICA, MANUAL, FLANGEADA SEGUNDO DIN 2633.
- 3 - VENTOSA DE TRIPLO EFEITO, FLANGEADA SEGUNDO DIN 2633.
- 4 - FILTRO HORIZONTAL EM "Y", CORPO EM GG25 COM CRIVO EM INOX, FLANGEADO SEGUNDO DIN 2633.
- 5 - VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO, CORPO EM GG25/GG40, PASSAGEM INTEGRAL, FLANGEADA SEGUNDO DIN 2633.
- 6 - PASSA-MUIROS, FLANGEADO.
- 7 - JUNTA DE DESMONTAGEM AUTO-TRAVADA, FLANGEADA SEGUNDO DIN 2633.
- 8 - TROÇO DE TUBAGEM, EM AÇO AISI 316, A SER RECTIFICADO EM OBRA COM ADIÇÃO DE DUAS FLANGES, SEGUNDO DIN 2633.
- 9 - TROÇOS DE TUBAGEM, EM AÇO AISI 316, A SER RECTIFICADO EM OBRA COM ADIÇÃO DE UM TÊ SOLDÁVEL DIN 2615. DUAS FLANGES, SEGUNDO DIN 2633, PARA INSTALAÇÃO VÁLVULA DE SECCIONAMENTO E VENTOSA.
- 10 - STUB-END DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL.
- 11 - TROÇO DE TUBAGEM, EM AÇO AISI 316, A SER RECTIFICADO EM OBRA COM ADIÇÃO DE CURVAS DIN2605 E UMA FLANGE, SEGUNDO DIN 2633, ASSIM COMO A LIGAÇÃO DE DESCARGA AO ESGOTO.
- 12 - TÊ EM AÇO AISI 316, FLANGEADO SEGUNDO DIN 2633.
- 13 - CURVA A 90° EM AÇO AISI 316, FLANGEADA SEGUNDO DIN 2633.
- 14 - TROÇOS DE TUBAGEM, EM AÇO AISI 316, A SER RECTIFICADO EM OBRA COM ADIÇÃO DE UM TÊ SOLDÁVEL DIN 2615. DUAS FLANGES, SEGUNDO DIN 2633, PARA INSTALAÇÃO VÁLVULA DE SECCIONAMENTO.
- 15 - CONE DE REDUÇÃO EM AÇO AISI 316, FLANGEADO SEGUNDO DIN 2633.
- 16 - VÁLVULA DE ALÍVIO FLANGEADO SEGUNDO DIN 2633.

Elaborado por Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água (CESDA)

### Anexo 3: ANÁLISE DE CUSTOS – SOLUÇÃO PARA VRP ELETRÓNICA COM COMUNICAÇÕES (ÁGUAS DO PORTO)

Duas das medidas mais aplicadas para a gestão da pressão na rede estão relacionadas com a sua setorização e com a instalação de VRP. Enquanto que a primeira representa essencialmente custos a nível de recursos humanos, a instalação da VRP pode ter custos elevados, dependendo do tipo de instalação e da modulação aplicada. A instalação pode ser em *by-pass* ou direta (Figura 1), sendo que o que varia essencialmente são os acessórios necessários colocar assim como a sua quantidade e dimensão da câmara de manobra. Quanto à modulação, esta traz custos acrescidos para modulações horárias, por ponto crítico ou em função do caudal, já que a VRP tem de ter associada a si um controlador, que tem um custo próximo de 5 mil €, mais as respetivas baterias que comportam custos individuais na ordem dos 230 €. Para além do controlador, deve possuir também um diafragma adaptador, ou disco, que tem como função estabelecer a ligação entre a VRP e o controlador.

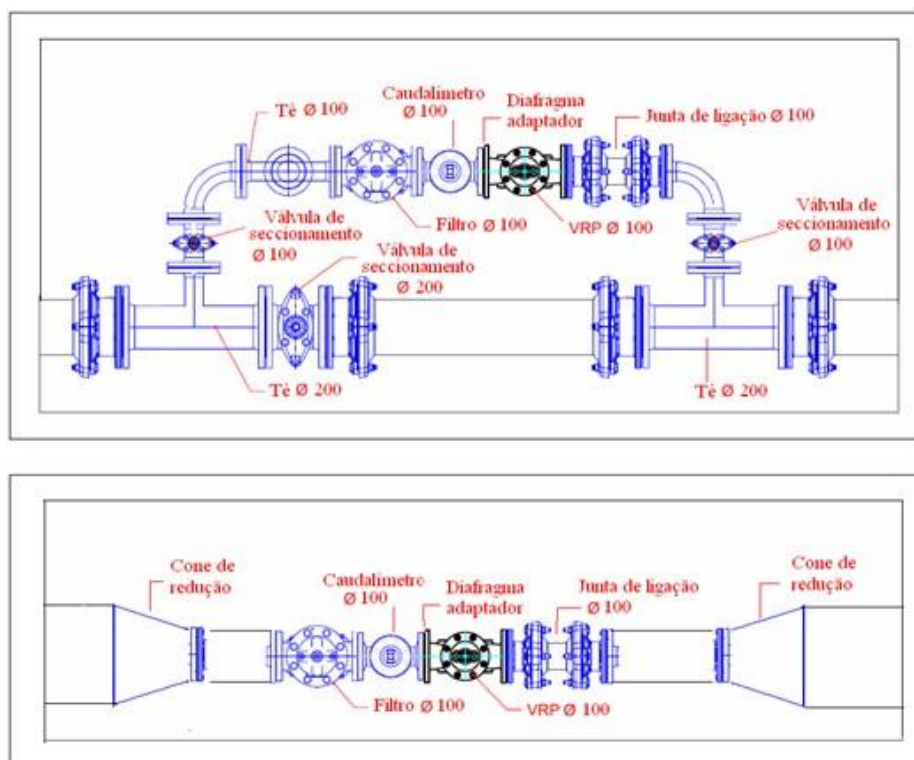


Figura 1: Representação esquemática de uma instalação de uma VRP em *by-pass* (em cima) e direta (em baixo)

O custo de aquisição de uma VRP varia consoante o modelo e o seu diâmetro, uma vez que quando maior este for, maior será também o custo da VRP. A tabela apresentada em seguida evidencia os custos de aquisição de uma VRP para diâmetros de 80, 100, 150 e 200 mm, para o mesmo modelo, que no mínimo representam 972 €.

Tabela 1: Custos de aquisição de uma VRP consoante o seu diâmetro

Diâmetro VRP (mm)	Custo
80	972 €
100	1 196 €
150	1 771 €
200	2 989 €

Considerando agora a instalação de uma VRP com diâmetro de 100 mm, a título de exemplo utilizado pela AdPorto, o custo de cada um dos componentes para a sua instalação encontra-se registado na Tabela 2.



Estes valores têm por base os custos de unidades adquiridas pela empresa e estão divididos por equipamentos, acessório de rede e a construção da câmara de manobra, sendo apresentado o custo por tipo de instalação. A instalação de uma VRP requer a construção de uma câmara de manobra para o acesso à rede de distribuição, caso esta ainda não exista no local pretendido. Esta instalação apresenta um custo médio de 450 €/m<sup>3</sup>, tendo em conta os custos mais representativos: escavação, aquisição do betão, cofragem e reposição do pavimento. Para o cálculo do custo total da construção da câmara foi considerado um volume médio de 4 m<sup>3</sup> para uma instalação direta e de 6 m<sup>3</sup> para uma em *by-pass*, de acordo com projetos desenvolvidos na AdPorto.

Tabela 2: Custo de aquisição de cada componente necessária na instalação de uma VRP com controlo.

	Componente	Custo	Custo total por instalação	
			<i>By-pass</i>	Direta
Equipamentos	VRP Ø100	1 200 €	8 312 €	8 312 €
	Contador volumétrico Ø100	356 €		
	Controlador	4 820 €		
	<i>Datalogger</i>	1 245 €		
	Diafragma adaptador	385 €		
	Bateria para <i>datalogger</i>	82 €		
	Bateria para controlador	230 €		
Acessórios de rede	Curva 90° FFD Ø100	30 €	899 €	302 €
	Filtro Ø100	55 €		
	Válvula seccionamento Ø100	88 €		
	Válvula seccionamento Ø200	237 €		
	Cone de redução Ø100	70 €		
	Tê em FFD Ø100	88 €		
	Junta de desmontagem Ø100	107 €		
Construção Câmara de	Instalação direta	1 000 €	2 700 €	1 800 €
	Instalação em <i>by-pass</i>	1 500 €		
<b>Custo total</b>			<b>11 911 €</b>	<b>10 414 €</b>

Desta forma, uma VRP com instalação direta tem um custo aproximado de 10 500 €, enquanto que uma instalação em *by-pass* representa um custo de quase 12 mil €. A diferença de cerca de 1 500 €, neste contexto, não é considerada significativa. Os equipamentos são os componentes que requerem um investimento mais avultado, representando 80% dos custos na instalação direta e 70% em *by-pass*. Para os acessórios de rede, componentes com menores custos, a diferença de valores entre o tipo de instalações é de 597 €, justificada pelo maior número de acessórios necessários na instalação em *by-pass*. Pelo mesmo motivo, o volume da câmara de manobra tem de ser maior, o que faz com que na sua construção o custo seja também mais elevado na instalação em *by-pass*, comparativamente à direta. Analisando o custo individual dos componentes, o que tem o custo mais elevado é o controlador, representado aproximadamente 50% do custo total da instalação, seguido do *datalogger* e da VRP em si. Os acessórios são os que representam menores custos, destacando-se as curvas, os cones de redução e os filtros.

## Anexo 4: Caso de Estudo - Redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água: Otimização das pressões numa rede de distribuição de água – Aplicação ao SAA do Porto

### 1. DESCRIÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DO PORTO

- Extensão total de 757 km (dados Dezembro 2012).
  - 41 km de condutas adutoras
  - 716 km de condutas distribuidoras
- Ramais domiciliários - 64.000
- 19 ZMC principais,
- 14 SZMC devidamente delimitadas

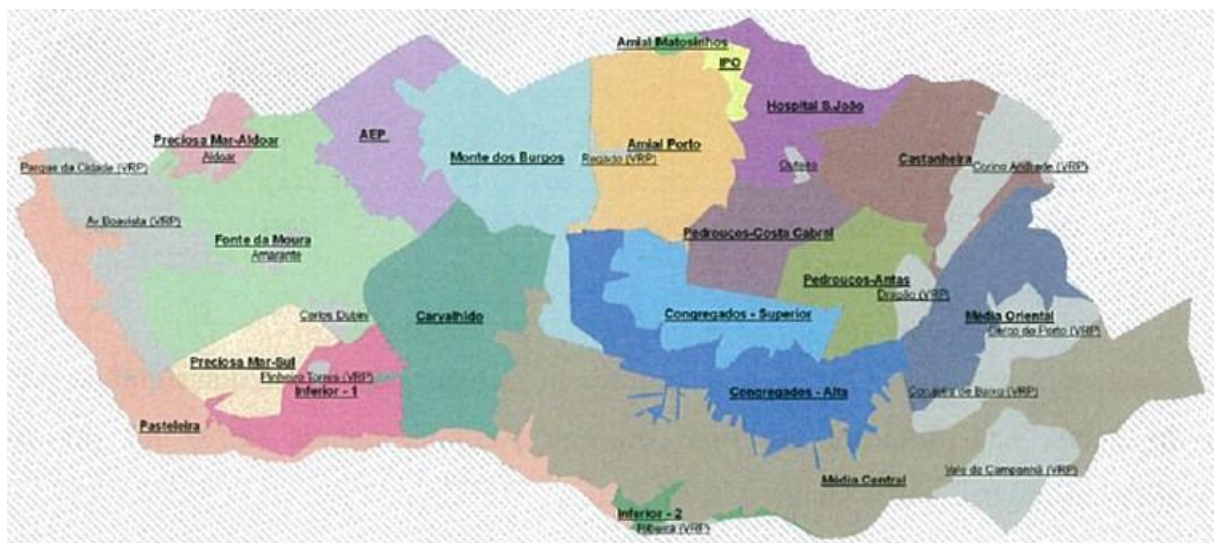


Fig.1 - Divisão do SAA do Porto em ZMC e SZMC (ÁGUAS DO PORTO, 2013)

### 2. BREVE DESCRIÇÃO DA ZMC PRECIOSA-MAR

A zona correspondente à ZMC da Preciosa-Mar (PM) está dividida em duas partes, Preciosa-Mar Aldoar e Preciosa-Mar Sul, pelo que podiam ser duas ZMC distintas.

Tabela 1 – Sumário dos dados da ZMC Preciosa-Mar (ÁGUAS DO PORTO, 2013)

	Preciosa-Mar (PM)		
	PM Aldoar	PM Sul	TOTAL
Área [m <sup>2</sup> ]	508.264	1.019.871	1.528.135
Nº de clientes	559	967	1.526
Volume médio diário para abastecimento [m <sup>3</sup> /dia]	571,44	1.563,81	2.135,25
Extensão da rede de distribuição [km]			29,04
Cotas pontos de consumo	Entre 26,17 m e 70, 87 m		

Abastecendo um universo de 1.526 clientes, na hora de maior consumo da ZMC (12h30) o reservatório debita em média um caudal de 127,74 m<sup>3</sup>/h para fazer face aos consumos associados.

ANEXOS:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF.ª:	CESDA_006
		Versão de:	Setembro 2015
		Página:	17   22

### 3. PRESSÕES MÍNIMAS DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

#### 3.1 PRESSÕES MÍNIMAS REGULAMENTARES

Como já foi referido, a rede de distribuição da ZMC em estudo é composta por pontos com cotas a variar entre 26,17 m (ponto 1662 – PM Sul) e 70,87 m (ponto 2288 – PM Aldoar).

As pressões a verificar na rede não são as mesmas em todos os pontos, pelo que se deve verificar previamente o tipo de edifícios que existem em cada arruamento da ZMC.

As horas de maior e menor consumo, quando se verifica respetivamente maior e menor saída de caudal do reservatório no PE, são às 12h30 e às 2h45.

Através do perfil dos consumos médios diários, o valor do consumo na hora de maior consumo é 127,74 m<sup>3</sup>/h (12h30) e na hora de menor consumo é 29,60 m<sup>3</sup>/h (2h45).

Deve-se adotar o valor de 20 m.c.a. como o valor mínimo de pressão necessária para conforto e segurança no ponto crítico. Um esquentador, por exemplo, só inicia o seu funcionamento para pressões iguais ou superiores a este valor.

A forma de modulação mais básica de uma VRP é a modulação com pressão fixa de saída.

#### 3.2. VRP COM MODULAÇÃO HORÁRIA

Neste caso de estudo, para além das pressões mínimas não serem verificadas, constata-se igualmente que a flutuação diária da pressão é demasiado elevada. Flutuações na ordem dos 20 m.c.a. incutem variações significativas no estado das condutas, provocando a diminuição da resistência dos materiais ao longo do tempo, aumentando gradualmente a probabilidade de ocorrência de roturas.

#### 3.3 VRP COM MODULAÇÃO POR PONTO CRÍTICO

##### 3.3.1. Modulação pelo ponto crítico 2453

A modulação por ponto crítico baseia-se na medição sucessiva da pressão no PC da rede, sendo essas medições enviadas remotamente para o controlador da VRP instalada, fazendo com que este incuta a maior ou menor abertura da válvula para controlar a pressão no ponto em causa. No entanto, o programa de simulação hidráulica é baseado no perfil dos consumos médios diários, mas na realidade acontece que os consumos todos os dias se alteram, e a pressão está constantemente a ser medida no PC e enviada remotamente para o controlador da VRP. Portanto, para reproduzir da melhor maneira a realidade, a melhor forma para conseguir a aproximação desta modulação no modelo é através de uma modulação horária da VRP tendo em conta a média diária dos consumos, observando simultaneamente os resultados da pressão obtidos no PC, calibrando assim o padrão dos fatores multiplicadores horários.

A partir da simulação da VRP com saída fixa de pressão, foi possível concluir que o ponto mais crítico da rede é o ponto 2453 na PM Sul. Reduzindo a pressão neste ponto até à pressão mínima necessária, 22 m.c.a., o objetivo fulcral é reduzir ao máximo a flutuação da pressão, tentando que esta seja o mais próximo possível do valor nulo. Quanto menor for esta flutuação da pressão, menor é a exposição das condutas às significativas variações de pressão, portanto, menor a probabilidade de ocorrência de roturas ao longo do tempo.

O objetivo de manter a pressão o mais próxima possível do mínimo regulamentar e o objetivo de diminuir a flutuação da pressão foram atingidos.

ANEXOS:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF.ª:	CESDA_006
		Versão de:	Setembro 2015
		Página:	18   22

### 3.3.2. Modulação pelos dois pontos críticos (PC 2453 e 2176)

O padrão em causa foi melhorado para ter em conta as pressões mínimas agora em ambos os PC, tentando reduzir ao máximo a flutuação de pressão.

O PC 2176 apresenta agora um valor mínimo de pressão igual ao mínimo regulamentar durante o período noturno, aproximadamente 26 m.c.a., sendo que o máximo atingido ronda aproximadamente 36,5 m.c.a. Apresenta portanto uma flutuação cerca de 10 m.c.a., o que já é mais aceitável, sendo, no entanto, ainda um valor relativamente elevado e prejudicial ao estado de conservação das condutas distribuidoras em causa.

Não existe qualquer ponto na rede com pressão inferior a 20 m.c.a., nem na hora de menor consumo, nem na de maior consumo. Nestes dois períodos, a maior parte dos pontos estão com pressões inferiores a 45 m.c.a., sendo que grande parte destes estão até abaixo de 35 m.c.a. Ainda assim, existem alguns pontos com pressões entre 45 e 55 m.c.a., sendo raros os que apresentam valores de pressão superiores a 60 m.c.a., principalmente na hora de maior consumo. Para reduzir a pressão nestes pontos com pressões altas, teria de se aumentar a perda de carga na VRP, portanto nesse período os PC iriam acusar pressões inferiores ao mínimo regulamentar, acusando na realidade pressão intermitente ou abastecimento deficiente.

### 3.4. VRP COM MODULAÇÃO POR CAUDAL

De acordo com o caudal medido na VRP, o controlador eletrónico instalado imprime a perda de carga necessária à válvula para que a pressão a jusante seja respetivamente ajustada. Quanto maior for o consumo na rede, portanto maior o caudal escoado na válvula, menor terá de ser a perda de carga imposta para que a pressão aumente progressivamente com o caudal.

Para ser possível modular a VRP por caudal sem afetar as restantes modulações de VRP, tem de se criar um *Control Set* próprio com os comandos da respetiva modulação. No seu conjunto, estes comandos são compostos por condições relativas ao caudal escoado na VRP e pelas respetivas ações relativas às pressões de jusante da mesma.

### 3.5. COMPARAÇÕES E CONCLUSÕES

Uma vez atingidas as pressões mínimas nos PC, todos os outros pontos da rede têm as pressões mínimas regulamentares asseguradas. Assim sendo, faz sentido que a análise das várias opções seja feita com base nas pressões nos PC.

Cada modulação nos PC 2176 e 2453 foi calibrada com o objetivo de manter sempre a pressão mínima nestes dois pontos.

Na modulação pelos dois PC obtém-se resultados mais satisfatórios a nível da aproximação da pressão nos pontos ao respetivo mínimo regulamentar. A modulação por caudal não regista tanta margem de manobra para a aproximação.

Em relação à flutuação de pressão, é igualmente claro o facto desta ser obviamente mais atenuada na modulação pelos PC, realidade que confirma o já descrito nas apreciações individuais realizadas nos pontos transatos.

Perante as constantes variações dos consumos na rede entre as 14h e as 22h, a dificuldade de aproximar a pressão nos PC à mínima regulamentar é um pouco mais acentuada no caso da modulação da VRP por caudal, saindo beneficiada a modulação pelos dois PC que apresenta, melhores resultados de calibração perante este cenário.

#### 4. PERDAS REAIS NA REDE

##### 4.1. SIMULAÇÃO DE FUGAS DE ÁGUA

Neste estudo foram simuladas três situações:

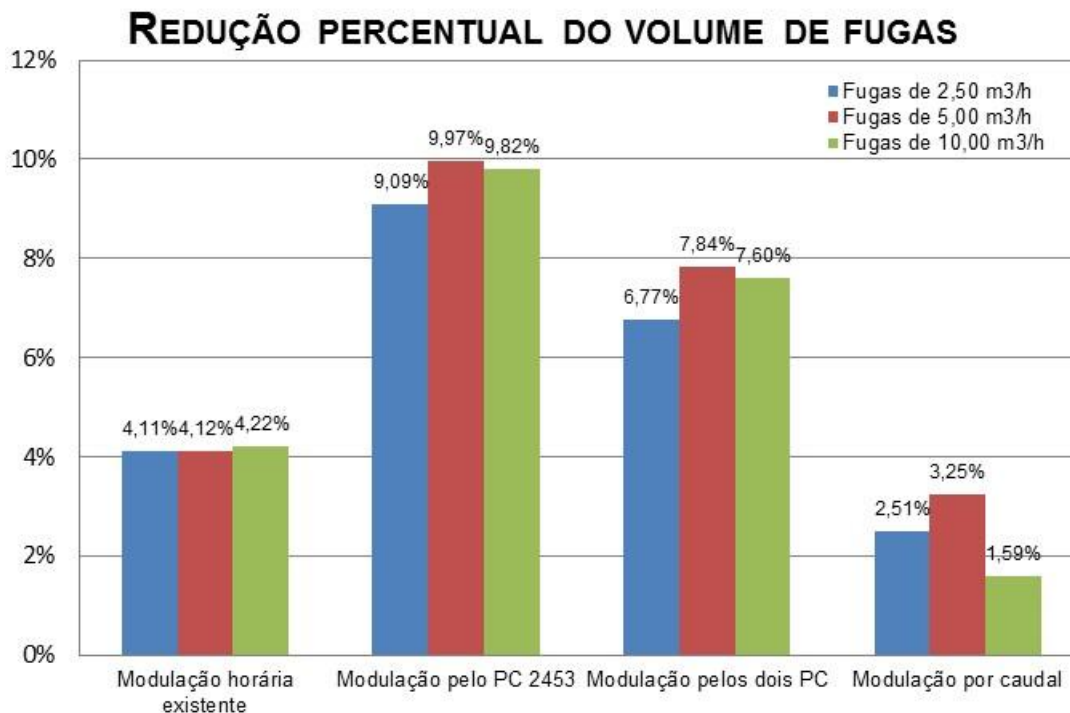
- § Os três nós de fuga com um caudal base de fuga de 2,50 m<sup>3</sup>/h, perfazendo no total 7,50 m<sup>3</sup>/h, respetivamente 25% do caudal mínimo noturno, aproximadamente;
- § Os três nós de fuga com um caudal base de fuga de 5,00 m<sup>3</sup>/h, perfazendo no total 15,00 m<sup>3</sup>/h, respetivamente 50% do caudal mínimo noturno, aproximadamente;
- § Os três nós de fuga com um caudal base de fuga de 10,00 m<sup>3</sup>/h, perfazendo no total 30,00 m<sup>3</sup>/h, respetivamente 100% do caudal mínimo noturno, aproximadamente.

##### 4.2. RESULTADOS OBTIDOS

Tabela 2 - Resultados da redução do volume de fugas de acordo com cada tipo de modulação da VRP

TIPO DE MODULAÇÃO	GRAU DE FUGAS DE ÁGUA [m <sup>3</sup> /h]	VOLUME DIÁRIO DE FUGA [m <sup>3</sup> /dia]				POUPANÇA DIÁRIA DO VOLUME DE FUGAS [m <sup>3</sup> /dia]	REDUÇÃO PERCENTUAL DO VOLUME DE FUGAS
		PONTO DE FUGA 3134	PONTO DE FUGA 2029	PONTO DE FUGA 1472	TOTAL		
		Modulação com saída fixa de pressão	2,50 5,00 10,00	71,99 143,25 283,35	64,66 124,83 231,83		
Modulação horária existente	2,50 5,00 10,00	69,01 137,34 271,68	61,75 119,16 220,30	68,24 133,33 253,85	198,99 389,83 745,80	8,53 16,74 32,90	4,11% 4,12% 4,22%
Modulação pelo PC 2453	2,50 5,00 10,00	65,70 129,84 257,67	58,05 110,45 204,67	64,91 125,73 239,93	188,66 366,02 702,27	18,87 40,55 76,46	9,09% 9,97% 9,82%
Modulação pelos dois PC	2,50 5,00 10,00	67,34 132,84 263,66	59,74 113,45 210,60	66,39 128,42 245,25	193,47 374,71 719,51	14,06 31,86 59,22	6,77% 7,84% 7,60%
Modulação por caudal	2,50 5,00 10,00	69,99 138,75 279,06	63,16 120,26 227,17	69,17 134,34 260,10	202,32 393,35 766,33	5,21 13,22 12,40	2,51% 3,25% 1,59%

A tabela anterior exprime o total diário do volume de fugas nos três nós respetivos perante cada tipo de modulação e grau de fugas, e compara-os. A coluna “Poupança diária do volume de fugas” exprime a diferença entre os volumes diários de fugas de cada modulação em relação à modulação base, saída fixa de pressão. Tendo estes valores definidos, é possível transformá-los em percentagens (“Redução percentual do volume de fugas”) de forma a ser possível a comparação entre os três graus de fugas (2,50; 5,00 e 10,00 m<sup>3</sup>/h).



Graf.1 - Redução percentual do volume de fugas de acordo com o tipo de modulação da VRP

#### 4.3. POUPANÇA ANUAL

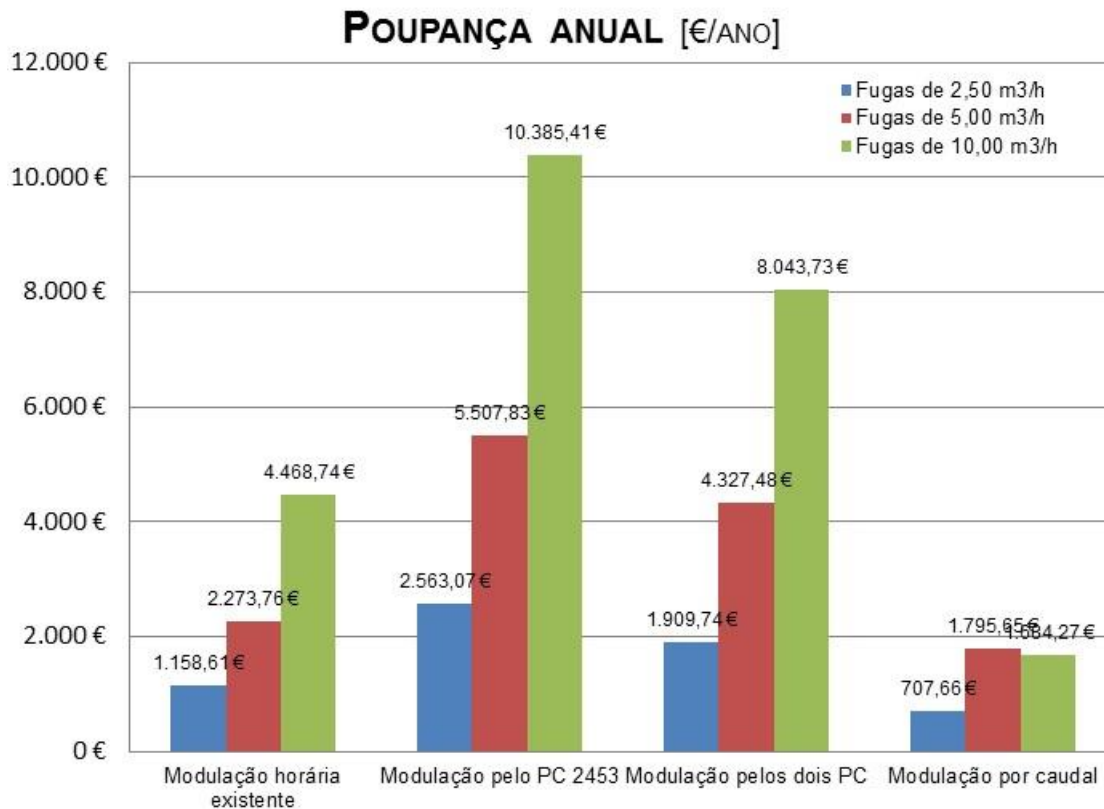
De acordo com a redução do volume das três fugas, é possível verificar a respetiva poupança financeira obtida para cada dia, mês ou ano em cada tipo de modulação da VRP (tabela 3).

Tabela 3 - Poupança financeira decorrente da redução do volume de fugas

TIPO DE MODULAÇÃO	GRAU DE FUGAS DE ÁGUA [m³/h]	POUPANÇA DIÁRIA DO VOLUME DE FUGAS	PREÇO DE COMPRA DA ÁGUA [€/m³]	POUPANÇA DIÁRIA [€/dia]	POUPANÇA MENSAL [€/mês]	POUPANÇA ANUAL [€/ano]
Modulação horária existente	2,50	8,53	0,3773€	3,22€	96,55€	1.158,61€
	5,00	16,74		6,32€	189,48€	2.273,76€
	10,00	32,90		12,41€	372,40€	4.468,74€
Modulação pelo PC 2453	2,50	18,87		7,12€	213,59€	2.563,07€
	5,00	40,55		15,30€	458,99€	5.507,83€
	10,00	76,46		28,85€	865,45€	10.385,41€
Modulação pelos dois PC	2,50	14,06		5,30€	159,15€	1.909,74€
	5,00	31,86		12,02€	360,62€	4.327,48€
	10,00	59,22		22,34€	670,31€	8.043,73€
Modulação por caudal	2,50	5,21		1,97€	58,97€	707,66€
	5,00	13,22		4,99€	149,64€	1.795,65€
	10,00	12,40		4,68€	140,36€	1.684,27€



Relativamente à tabela anterior, uma vez tendo os valores dos volumes diários que se conseguem poupar com as diferentes modulações da VRP, através da multiplicação destes pelo preço da unidade de volume, obtém-se a poupança diária total discriminada por tipo de modulação e por grau de fugas.



Graf. 2 - Poupança anual segundo o grau de fugas para as diferentes modulações da VRP

#### 4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Relativamente à modulação pelo PC 2453 (PM Sul), embora tenha sido simulada, esta modulação não pode ser passível de comparação visto que as pressões mínimas na rede de distribuição não são cumpridas durante o período noturno.

Assim sendo, restam comparar as três outras modulações realizadas. Avaliando o gráfico anterior pode afirmar-se que a modulação que regista melhores resultados de acordo com os objetivos pré-estabelecidos é a modulação pelos dois PC, provando ser a que melhor se ajusta ao perfil de consumo e à configuração da rede. Esta modulação obtém o seu melhor resultado para o cenário com três fugas de 5,00 m³/h na rede de distribuição, registando 7,84% de redução do volume de perdas.

Na modulação horária quando comparada com as outras modulações, esta apresenta uma maior redução da pressão durante o período noturno, reduzindo portanto o volume de fugas durante este tempo. Contudo, as pressões de jusante durante o restante tempo são mais elevadas relativamente às restantes modulações. Ora, se nesta modulação as pressões são mais altas durante o dia, maior será o volume de fugas neste período, daí que a redução da pressão noturna não compense o aumento diurno desta. A prova disso é o facto da redução percentual ser menor do que a modulação pelos dois PC, por exemplo (graf.1). Constata-se que é na modulação pelos dois PC que se regista maior redução de perdas reais. Mesmo sendo impossível aproximar a pressão em todos os pontos da rede ao mínimo regulamentar durante as 24 horas, esta modulação é a que melhor combina as pressões nos dois PC, o que perfaz um melhor resultado final relativamente às perdas.

TEMA:	GESTÃO DE PRESSÕES	REF. <sup>a</sup> :	CESDA_006
		Página:	22 22

Comparando a modulação pelos dois PC e a modulação por caudal, verifica-se qualquer que seja o grau de fugas definido (2,50; 5,00 ou 10,00 m<sup>3</sup>/h), a redução do volume total de fugas é sempre efetivamente maior na modulação pelos dois PC. No entanto, há que ressaltar que, no modelo, esta modulação é totalmente inflexível perante mudanças de caudal, daí que seja possível obter resultados mais eficazes. Já a modulação por caudal é baseada nos caudais escoados na VRP, ou seja, como os controlos do modulador eletrónico estão fixados de acordo com o perfil de consumo em causa da rede, no caso da ocorrência de fugas, o volume total aumenta e os controlos fazem com que a VRP reaja de imediato, aumentando a pressão de jusante.

Assim sendo, a modulação por caudal é a mais desfavorável ao nível da redução das perdas, apresentando menor eficácia face à modulação pelos dois PC.

O caso de estudo apresentado é um excerto da tese de mestrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto, elaborada por Flávio Miguel Reis Oliveira - 2012/2013.

O ESTUDO FOI REALIZADO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁGUAS DO PORTO