

## VÁLVULAS DE ALÍVIO E VENTOSAS

Existem algumas formas de se limitar o golpe. Dentre elas, o uso de válvula de alívio.

Cálculo do volume de alívio:

$$\text{Vol.} = A \cdot L \cdot \left\{ \frac{\Delta p}{Ea} + 1 - \frac{1}{\left( 1 + \frac{D}{2e} \cdot \frac{\Delta p}{Et} \right)^2} \right\}$$

sendo:

- A : área do conduto (m<sup>2</sup>);
- L : comprimento da tubulação (m);
- $\Delta p$  : sobre-pressão da coluna líquida (kgf/cm<sup>2</sup>);
- Ea : módulo da elasticidade da água (kgf/cm<sup>2</sup>);
- D : diâmetro da tubulação (m);
- e : espessura da parede do conduto (m);
- Et : módulo da elasticidade do material (kgf/cm<sup>2</sup>).

$$\text{Vol.} = 0,159 \times 2800 \cdot \left\{ \frac{11,25}{2,1 \times 10^4} + 1 - \frac{1}{\left( 1 + \frac{0,45}{2 \times 0,009} \cdot \frac{11,25}{2,75 \times 10^6} \right)^2} \right\}$$

Vol. de alívio = 0,3295m<sup>3</sup> ou 329,5 litros.

Considerando que o tubo tem um diâmetro de 450mm, o volume de alívio corresponde portanto a aproximadamente 2,1m de tubo.

O tempo de dissipação do volume volante ( $\Delta T^*$ ), pode ser calculado com base no seguinte critério:  $\Delta T^* < T/2$ .

Onde T representa o período ou tempo de propagação da onda.

$$\Delta T^* = 5,95/2 = 2,975 \text{ seg.}$$

Vazão de alívio ( $Q_{\text{alívio}}$ )

$$Q_{\text{alívio}} = 0,3295 \text{ m}^3/2,975 \text{ seg.} = 0,1108 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 110,8 \text{ L/s.}$$

A correta especificação de uma válvula de alívio, requer além do cálculo da vazão de alívio, o cálculo da pressão de estanqueidade, variando esta de 1,05 a 1,10 vezes o valor da pressão de serviço.

A operação de abertura da válvula de alívio, inicia-se quando a pressão da linha atingir um valor pré-determinado, denominado pressão de estanqueidade. Quando em regime permanente, as válvulas permanecem fechadas, começando a operar a partir de uma manobra de sobre-pressão.

Pressão de estanqueidade ( $P_e$ ):

$$P_e = (1,05 \text{ a } 1,10) \Delta H_{\text{sist.}}$$

$$P_e = (1,05 \text{ a } 1,10) 65,19\text{m}$$

$$P_e = 68,45\text{m a } 71,7\text{m.}$$

Através do catálogo de válvulas antigolpe de Ariete da Neyrpic, atendendo aos requisitos necessários, tem-se uma válvula de 80mm com as seguintes especificações:

- diâmetro da mola (mm) = 14;
- pressão de regulagem máxima (m) = 67;
- vazão máxima (L/s) = 119;
- pressão válvula aberta (m) = 80;
- sobre-pressão correspondente (m) = 13.

$$Q = k \cdot \sqrt{\Delta H} \therefore k = \frac{Q}{\sqrt{\Delta H}} \therefore k = \frac{119}{\sqrt{13}} = 33,0 ; Q = 33\sqrt{\Delta H}$$

Para a mola específica, tem-se:

$$110,8 = 33\sqrt{\Delta H} \therefore \sqrt{\Delta H} = 11,27\text{m.}$$

$$H_{\text{máx}} = 67 + 11,27 = 78,27\text{m.}$$

## VENTOSAS

### INTRODUÇÃO

As ventosas são equipamentos complementares indispensáveis ao bom funcionamento dos condutos forçados. A sua importância, contudo, é freqüentemente subestimada em projetos de sistemas adutores, ocorrendo, em muitos casos, a omissão de detalhes e de especificações essenciais.

É importante evitar a presença de ar nas tubulações forçadas, de água.

As águas normalmente contêm Nitrogênio e Oxigênio dissolvidos. A água potável geralmente dissolve de 25 a 40 cm<sup>3</sup> de gases por litro, dos quais cerca de 6 de Oxigênio e 14 de Nitrogênio. As quantidades presentes dependem principalmente da temperatura e da pressão (Quadro 1)

Quadro 1 - Ar dissolvido na água  
(volumes, cm<sup>3</sup>/Litro)

Temp (°C)	Pressão (m.c.a.)	
	10	30
10	27	81
15	24	72
20	22	66
25	20	60
30	16	48

Com a elevação de temperatura ou com a queda de pressão desprende-se, da água, uma certa quantidade de gás.

Quantidades consideráveis de ar podem ficar enclausuradas nas tubulações por ocasião do seu enchimento devido às condições das

linhas, à maneira de enche-las e à insuficiência de ventosas (em número e capacidade).

O ar também pode entrar nas tubulações pelos reservatórios e poços de sucção (sobretudo quando houver muita agitação e nos casos em que o nível de água for relativamente baixo) e também através de juntas não estanques de registros, peças especiais e tubos de linhas de sucção e de trechos sujeitos à pressão negativa.

O movimento desordenado do ar no interior das tubulações (que freqüentemente ocorre na fase do enchimento das linhas) causa deslocamentos bruscos da água, produzindo violentos golpes.

Em todos os casos o ar é arrastado pela água em movimento, podendo percorrer distâncias grandes, até se acumular nos pontos mais elevados das

tubulações. Nesses pontos de acumulação devem ser instalados dispositivos para a purga ou expulsão do ar.

Os prejuízos provocados pelo ar levaram engenheiros franceses a afirmar: “Em uma tubulação de água o inimigo é o ar. Ele deve ser “caçado” ”.

Se de um lado são reconhecidos estes inconvenientes, de outro lado existem situações em que é indispensável assegurar a entrada de ar nas tubulações para evitar prejuízos maiores (linhas sujeitas a colapso pelo vácuo).

As ventosas são aparelhos automáticos destinados a expulsar o ar e também a permitir a sua entrada quando houver necessidade.

### EFEITOS DAS “BOLSAS” DE AR

Na falta de dispositivos eficientes e de capacidade adequada para a remoção de ar nos pontos altos, a acumulação progressiva de gás acaba reduzindo a secção de escoamento, aumentando a perda de carga e restringindo a vazão.

As condições podem se agravar com o rompimento da coluna d'água. A Fig. 1 mostra uma situação em que, devido a uma grande bolsa de ar a carga  $H$ , de funcionamento de uma linha de gravidade, foi reduzida do valor  $h$  (passando a carga disponível a ser  $H - h$ );

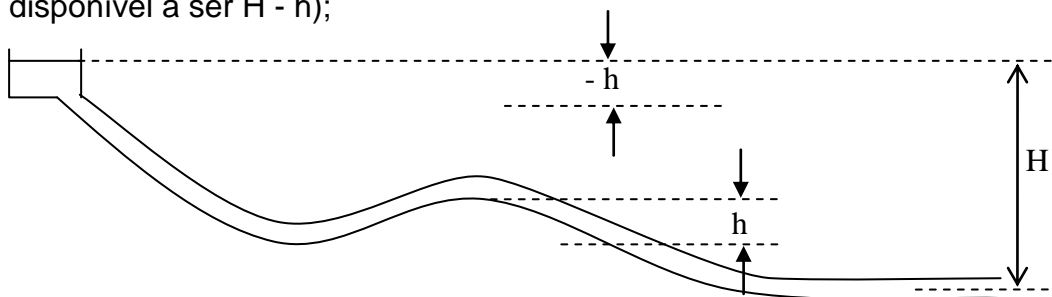


FIG. 1.

Inconveniente semelhante também ocorre no caso de linhas de recalque, conforme mostra a Fig. 2. A bolsa de ar formada no primeiro ponto elevado causa o aumento da altura de recalque da bomba, reduzindo a vazão ou aumentando o consumo de energia.

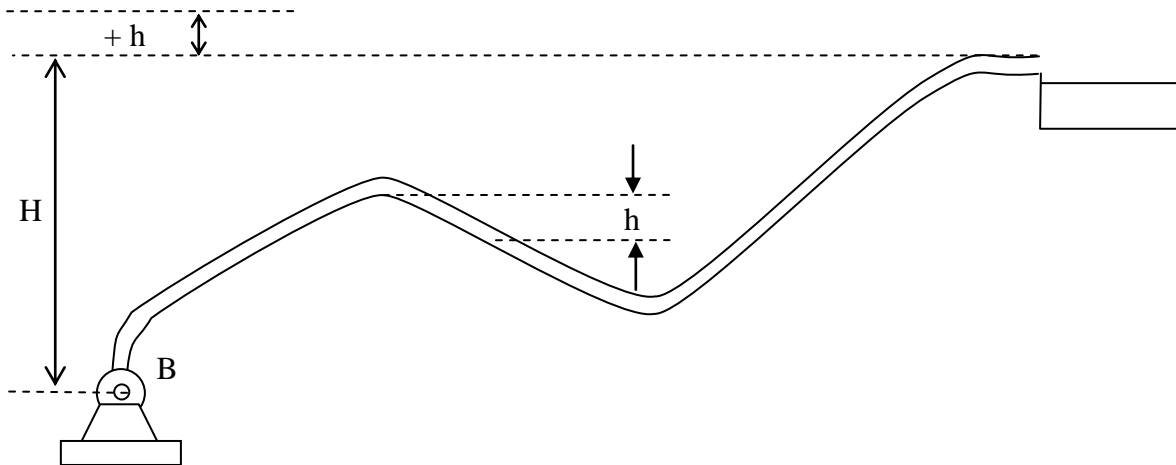


FIG. 2.

### IMPLICAÇÕES COM O PROJETO DAS LINHAS

A primeira medida que se deve tomar para evitar os inconvenientes causados pelo ar numa tubulação consiste no estudo adequado do seu traçado, para evitar situações desfavoráveis. Em outras palavras, o projetista de tubulações importantes deve cuidar do problema em todas as fases, a partir da própria concepção e do traçado das linhas, adotando perfis que propiciem o afastamento do ar.

O traçado das tubulações deverá ser feito de maneira a facilitar o deslocamento do ar e a sua acumulação apenas em pontos altos bem determinados, nos quais se faça a instalação de dispositivos ou aparelhos capazes de assegurar a evacuação.

A respeito, a Companhia Pont-A-Mousson faz as seguintes recomendações:

- 1) Deve-se dar sempre, a todos os trechos do conduto, uma declividade para facilitar o deslocamento do ar (devem ser evitados trechos horizontais). Essa declividade não deve ser inferior a 0,002 (preferivelmente 0,003). O conduto ideal, sob o ponto de vista em apreço, seria aquele com declividade constante. Se o relevo do terreno exigir mudanças de declividade, deve-se procurar evitá-las em número excessivo, sobretudo nas tubulações de grande diâmetro (Fig 3.)

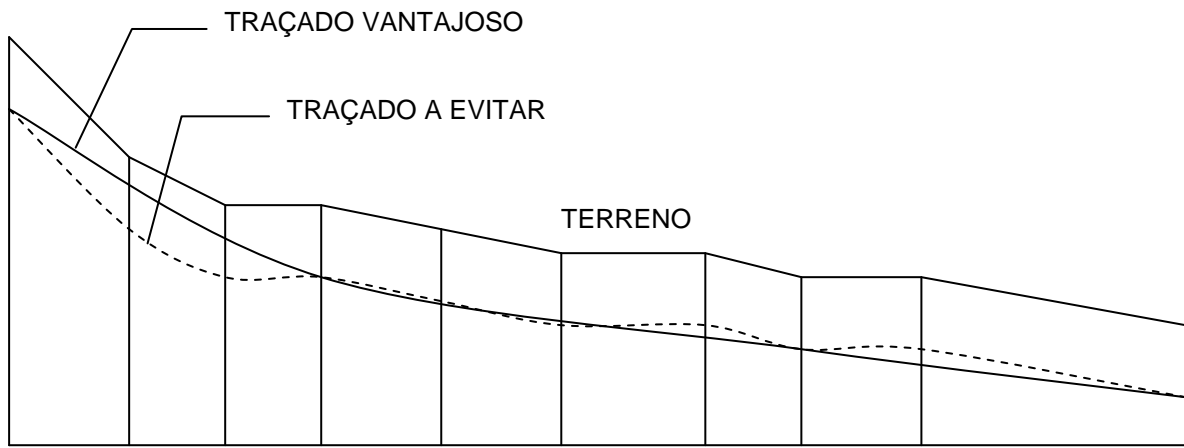


FIG. 3.

2) Nas linhas que apresentam vários pontos altos (elevações e depressões sucessivas, com trechos ascendentes e descendentes) recomenda-se dar aos diversos trechos declividades nunca inferiores a:

0,002 a 0,003 nos trechos ascendentes

0,004 a 0,006 nos trechos descendentes

Os perfis que apresentam trechos ascendentes curtos e rápidos e trechos descendentes longos e de pequena declividade são desfavoráveis, merecendo maiores cuidados (Fig. 4).



FIG. 4.

3) Em terrenos “planos”, sem declividade, devem ser evitadas tubulações horizontais. As tubulações sem declividade dificultam o escoamento do ar e estão sujeitas a apresentar pontos altos imprevistos devido a defeitos de assentamento ou em decorrência de recalques do terreno. (Nas redes de distribuição as derivações ou tomadas de água para alimentação dos prédios facilitam a remoção do ar).

É recomendável instalar a tubulação com trechos ligeiramente inclinados, conforme mostra a Fig. 5.

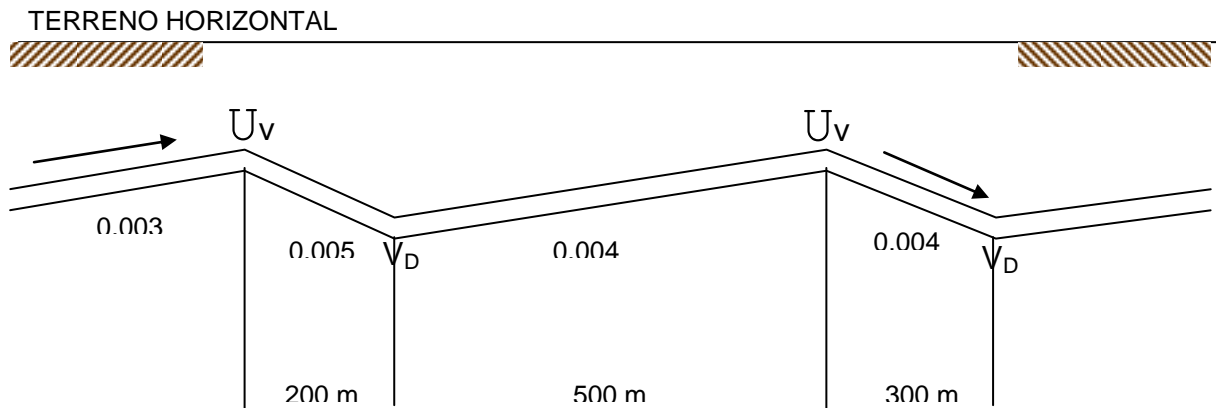
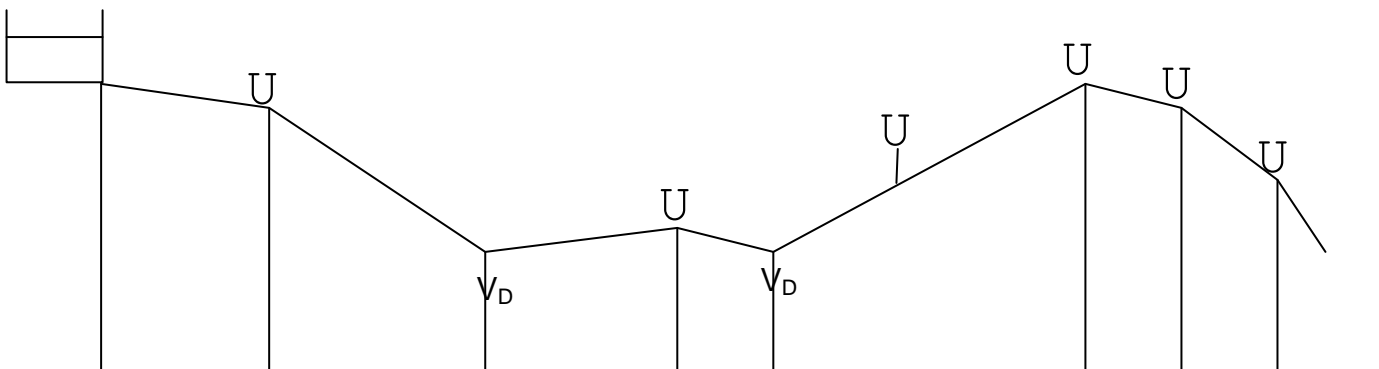


FIG. 5.

### ONDE INSTALAR VENTOSAS

As ventosas devem ser colocadas em todos os pontos altos, na extremidade de trechos horizontais, em pontos de redução de declividade de trechos ascendentes, em pontos de aumento da declividade em trechos descendentes, em pontos intermediários de trechos muito longos, a montante e a jusante de registros de parada, a montante de reduções de diâmetro etc. (Fig. 6.)

O custo de ventosas é relativamente pequeno (quando comparado ao custo total das tubulações), não se justificando uma economia que possa prejudicar o bom funcionamento das instalações.



## TIPOS E TAMANHOS DE VENTOSAS

Existem ventosas fabricadas especialmente para a expulsão de ar (purgadoras) e aparelhos destinados às duas funções (expulsão e admissão de ar), e ainda ventosas combinadas ou duplas (de efeito múltiplo).

As ventosas do tipo sônico são um exemplo do primeiro caso. Elas são assim denominadas porque expulsam o ar com a máxima velocidade (vizinha da velocidade do som), através de uma passagem de pequeno diâmetro (2 a 12,5mm).

As ventosas para expulsão e admissão de ar têm aberturas maiores, sendo fabricados em diversos tamanhos (Quadro 2).

Quadro 2 – Tamanhos normais de ventosas

Tamanhos		Secção	
mm	polegada	m <sup>2</sup>	pol. quad.
25	1"	0,0005	0,8
40	1 1/2"	0,0012	1,8
50	2"	0,0019	3,1
60	2 1/2"	0,0028	5,0
100	4"	0,0078	12,5
150	6"	0,0177	28,8
200	8"	0,0314	50,0
250	10"	0,0491	78,8
300	12"	0,0707	113,0

Obs.: É preferível evitar o emprego de Ventosas Especiais, de grandes dimensões, devendo-se adotar, quando necessário, maior número de ventosas.

Os aparelhos são fabricados em ferro fundido, em ferro dúctil e em aço. Os primeiros geralmente se destinam a pressões de serviço até 150 m.c.a. e os demais a pressões maiores.

## VENTOSAS PARA EXPULSÃO DE AR

No caso das tubulações rígidas, resistentes ao colapso, as ventosas se destinam basicamente a purgar o ar e são dimensionadas para essa finalidade, resultando menores do que as os aparelhos destinados à proteção das tubulações sujeitas ao colapso.



O diâmetro da abertura de saída do ar pode ser estabelecido de maneira a evitar a expulsão muito lenta ou demasiadamente rápida. (Nesse último caso, as ações bruscas poderiam provocar golpes de aríete).

Para a finalidade de expulsão de ar as ventosas são dimensionadas em função da vazão de ar a ser expulso, vazão esta que no caso mais desfavorável dependa das condições de enchimento da tubulação, pressão interna no ponto alto e tamanhos comerciais das ventosas.

As características das ventosas fabricadas no Brasil pela Cia. Barbará, por exemplo, são as seguintes, em termos de capacidade de descarga a  $7,5 \text{ kg/cm}^2$  de pressão de serviço:

Ventosas simples .....	13 litros/seg. de ar
Ventosas automáticas com pino.....	80 litros/seg. de ar
Ventosas automáticas de função tríplice, de 100mm .....	50 litros/seg. de ar
Ventosas automáticas de função tríplice, de 200mm .....	300 litros/seg. de ar

Verifica-se pois, que as ventosas mais simples somente são aplicáveis às linhas de pequena vazão. No caso de linhas grandes e importantes, poderá haver a necessidade de instalar duas ou mais ventosas em um mesmo ponto crítico.