

CURSO SÔBRE PROJETOS DE ADUTORAS (*)

Adução

WALTER ENGRACIA DE OLIVEIRA
Engenheiro Civil e Sanitarista
Diretor de Serviço do
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E
ESGOTOS DE SÃO PAULO

(continuação)

8.2 — Adutoras por recalque

a) Considerações gerais

As linhas de recalque funcionam sempre como condutos. Apresentam comportamento hidráulico muito semelhante ao das adutoras por gravidade em conduto forçado. Diferem pelo fato da energia para escoamento lhes ser dada por um conjunto elevatório, acionado por uma fonte de energia externa.

Recomendamos que as linhas de recalque sejam em geral feitas em aço, principalmente no caso de pressões elevadas.

b) Dimensionamento

1) Problema:

Dados: Vazão — Q

Altura geométrica, isto é a diferença de nível — $h_g = h_s + h_r$

h_s = altura de sucção, isto é, a altura do eixo da bomba sôbre o nível inferior.

h_r = altura de recalque, ou seja, a altura do nível superior, em relação ao eixo da bomba.

Para melhor compreender ver a Fig. 18-4, em (1)-Vol. I — pg. 313.

Comprimento da adutora — L.

Incognitas:

Altura manométrica de recalque:

$$h_{man} = h_g + \text{Perdas de carga (totais)}$$

Diâmetro da canalização — D

Potência do conjunto elevatório — P

2) Solução

a) Dimensionamento econômico das linhas de recalque — Fixação do diâmetro

Fórmula de Bresse:

Como ponto de partida para vencer a indeterminação existente na solução do problema, empregaremos a Fórmula de Bresse, que dará a ordem

de grandeza do diâmetro a ser adotado. Com este valor de partida, pesquisa-se, por tentativas, uma dimensão que mais se aproxime da solução de máxima econômica desejada.

A fórmula de Bresse é a seguinte: $D = k \sqrt[4]{Q}$

D = Diâmetro econômico em m

k = Coeficiente que depende do peso específico da água, do regime de trabalho e do rendimento do conjunto elevatório, da natureza do material da tubulação e dos preços unitários vigentes — preço da unidade de potência do conjunto elevatório e preço da unidade do tubo de diâmetro unitário e do preço da eletricidade.

Q = Vazão em m³/seg.

No Brasil tem sido adotados para k valores entre 1.0 e 1.4; nas condições atuais é da ordem de 1.2; de um modo geral varia entre 0.7 e 1.6. Na tabela 18.2, em (1) — Vol. I — pg. 333, encontramos os diâmetros econômicos, para diversos valores de k, em função da vazão.

No caso de instalações que não são operadas continuamente temos:

$$D = 1.3 X^{1/4} \sqrt[4]{Q} \quad \text{sendo}$$

X = Número de horas de bombeamento por dia.

$$X = \frac{\text{Número de horas de bombeamento por dia}}{24}$$

Com o valor obtido com a aplicação da fórmula de Bresse, organiza-se um quadro pesquisando os diversos diâmetros, de acordo com os diâmetros comerciais encontrados no mercado, superiores e inferiores; em (1) — Vol. I — pg. 332, é apresentado um Quadro para estudo econômico de linhas de recalque. Para a confecção desse Quadro devem ser consideradas as perdas localizadas e nas tubulações, cujo cálculo está indicado na alínea b exposta a seguir.

Velocidade

Assinalamos que a adoção da fórmula de Bresse equivale à fixação de uma velocidade média a que se denomina "velocidade econômica":

$$V = \frac{4}{77} k^2$$

(*) A primeira parte deste trabalho foi publicada no número anterior.

Os diversos valores de V para os diferentes valores de k , se encontram em (1) — Vol. I — pg. 330.

A velocidade nas canalizações de recalque geralmente é superior a 0,55 m/seg., raramente ultrapassando 2,40 m/seg. Este limite superior é mais comumente encontrado nas instalações em que as bombas funcionem apenas algumas horas por dia. Com relação aos limites máximos de velocidade aconselhados reportamo-nos à Tabela VII.1. em (A-1) e em (36) — item 5.3.4.1 — pg. 15, bem como sejam consultados os fabricantes.

Fórmula americana:

$$D = 0,9 \quad Q^{0,45}$$

D = Diâmetro econômico em m

Q = Vazão em m^3 /seg.

Cálculo: Após a escolha do diâmetro mais econômico, os demais cálculos são feitos conforme já foi indicado no caso dos condutos forçados.

Exercício: Como exemplo de um cálculo para determinação do diâmetro econômico, ver (A-5) — item 3.

b) Altura manométrica

$$h_m = h_g + h_p$$

$$h_p = h_s + h_b + h_r$$

h_m = Altura manométrica

h_g = Altura geométrica

h_p = perdas de carga (totais)

h_s = perdas de carga na canalização de sucção

h_b = perdas de carga na bomba

h_r = perdas de carga na canalização de recalque.

NOTA: O diâmetro da canalização de sucção em geral é 50 mm (2") maior que o diâmetro da canalização de recalque.

Perdas localizadas

1) Expressão geral

O cálculo das perdas de carga localizadas nas canalizações é feito pela expressão geral:

$$h_r = K \frac{V^2}{2g}$$

Os valores de K são dados na Tabela 16-1, em (1) — Vol. I — pg. 278.

Os valores de $V^2/2g$, sendo V em m/seg., são dados no diagrama e Tabela 16-2, encontrados respectivamente em (1) — Vol. I — pg. 279 e 280.

Exercício: Exercício 16-1, em (1) — Vol. I — pg. 290.

2) Método dos comprimentos virtuais

As perdas localizadas podem também serem calculadas pelo método dos comprimentos virtuais, que se acha exposto em detalhes em (1) — Vol. I — pgs. 285/289. Podemos também utilizar as seguintes tabelas, indicadas em (1):

Tabela 16-6-Comprimentos equivalentes e perdas localizadas - pg. 287.

Tabela 16-7-Perdas localizadas expressas em diâmetros de canalização retilínea - pg. 288.

Perdas localizadas - pg. 289.

Exercício: Exercício 18.3, em (1) — Vol. I — pg. 334.

Perdas por atrito nas tubulações: são calculadas com a fórmula de Hazen-Williams; o comprimento das canalizações será acrescido do comprimento virtual das peças, no caso de adotar-se este método.

c) **Potência do conjunto elevatório:** é calculada pela expressão:

$$P = \frac{w \quad Q \quad h_{man}}{75 \quad n} \quad \text{sendo}$$

P = potência do conjunto elevatório em cavalos-vapor ou praticamente em HP (1 C.V. = 0,986 HP)

w = peso específico da água em kg/m^3 : 1.000 kg/m^3

Q = vazão de recalque em m^3 /seg.

h_{man} = altura manométrica de recalque em m

n = rendimento global do conjunto elevatório

$$n = n_m \cdot n_b$$

n_m = rendimento do motor

n_b = rendimento da bomba

Admitindo um rendimento global do conjunto elevatório igual a 67%, e exprimindo a vazão em litros por segundo, temos:

$$P = \frac{Q \text{ l/seg. } h_{man}}{50}$$

Exercício: ver o mesmo exercício 18-3, em (1) — Vol. I — pgs. 334/336.

3) Precauções especiais:

Referem-se à instalação de um conjunto elevatório de reserva, instalação de uma válvula de retenção na saída da bomba, seguida de um registro de gaveta, além das demais precauções especiais relativas aos condutos forçados.

9. Estimativa do golpe de ariete

9.1 — Generalidades

Denomina-se golpe de ariete ao choque violento que se produz sobre as paredes de um conduto forçado quando o movimento do líquido é modificado bruscamente. Em outras palavras: é a sobrepressão que as canalizações recebem quando, por exemplo, se fecha um registro, interrompendo-se o escoamento. O mecanismo do golpe de ariete acha-se exposto em detalhes em (1) — Vol. II — pg. 7; os interessados em maiores detalhes poderão recorrer a (10) e (5) — pg. 358.

9.2 — Ocorrência e prevenção

9.2.1 — Ocorrência em geral:

As duas causas principais do golpe de ariete são de um lado as paradas bruscas dos conjuntos elevatórios e de outro lado os fechamentos bruscos de registros; temos também o caso de válvulas de re-

tenção que não funcionam normalmente, mantendo-se p. ex. semi-aberta depois da parada da bomba e à seguir fechando bruscamente.

9.2.2. — Linha de gravidade em conduto forçado:

Pode ocorrer somente nos casos de existência de registro ou válvulas de retenção no fim da canalização, ou de registros de parada, em trechos da canalização. Pode ser evitado utilizando-se uma descarga sempre livre (usando-se extravazores para sobras) na extremidade de juzante de cada trecho da adutora, ou então registros com tempo de fechamento bem grande, que em geral são de fabricação normal. Daí a razão de, em geral, o golpe de ariete não ser considerado no caso de linhas de gravidade em conduto forçado. Assinalamos que o tempo de fechamento conveniente pôde ser determinado conforme exposto em (5) — pg. 367.

9.2.3 — Linha de recalque:

Nas linhas de recalque é que o golpe de ariete assume importância devido principalmente o golpe de ariete que se verifica após a interrupção do fornecimento de energia elétrica, que é o caso mais comum de ocorrência, e que não depende da vontade do operador da Casa de Bombas.

Várias medidas devem ser tomadas para limitar o golpe de ariete nas linhas de recalque e nos conjunto elevatórios as quais se acham indicadas em (1) — Vol. II — pgs. 15/20, onde estão indicadas também as medidas gerais contra o golpe de ariete — pg. 19; três são os fatores principais a levar em conta no caso das linhas de recalque: limitação da velocidade, adoção de válvulas de retenção ou registros adequados e fabricação de tubos com espessura acrescida, tendo em vista a sobrepressão admitida para golpe de ariete. O assunto de prevenção do golpe de ariete será melhor exposto em outra parte deste seminário.

Assinalamos também que no caso de altura geométrica bastante elevada, podemos dividir a adutora em trechos de menor sobrepressão, instalando válvulas de retenção em certos pontos da linha.

9.3 — Estimativa do golpe de ariete

Vários são os métodos utilizados; ressaltamos que se trata de fenômeno relativamente complexo, exigindo bastante cuidado por parte do projetista.

9.3.1 — Estimativa recomendada:

Recomendamos que a sobrepressão a ser admitida para o golpe de ariete, deve ser estimada em duas vezes a altura geométrica, supondo válvula de retenção funcionando normalmente; assinalamos além disso que deve ser empregado também um aparelho contra golpe de ariete. No caso apontado no item anterior, de divisão da adutora em trechos, mediante a colocação de válvulas de retenção, a altura geométrica a considerar para efeito do golpe de ariete é a diferença de nível p. ex. entre o começo da adutora e a 1.^a válvula de retenção.

9.3.2 — Métodos diversos:

Fórmula de Allievi: ver (1) — Vol. II — pgs. 9/13.

Fórmula de Michaud: ver (1) — Vol. II — pgs. 13/14.

NOTA: Recomendamos também o método exposto em (11).

Valores práticos:

Nos Estados Unidos, são adotadas estimativas práticas, no caso de adutoras de ferro fundido e aço, funcionando em condições normais; entre os valores práticos comumente adotados encontram-se as sugestões do Eng.^o Dexter Brackett, que se acham indicados na Tabela 19-2, em (1) — Vol. II — pg. 14.

Exercício: ver Exercício 19-1, em (1) — Vol. II — pg. 20.

10. Corrosão e sua proteção

10.1 — Generalidades

Podemos definir a corrosão, em linhas gerais, como o fenômeno que, devido a diversas causas, conduz à “destruição” de materiais metálicos. Os tipos de corrosão são: a) auto-corrosão, causada pela tendência dos metais de entrar em solução na água; b) corrosão galvânica, causada pela diferença de potencial elétrico gerada pelo contato de metais diferentes; c) corrosão eletrolítica causada, seja por correntes perdidas, seja por diferenças de tensão mecânica no metal.

A corrosão pode manifestar-se internamente e externamente; de uma maneira geral, a primeira é ocasionada pela qualidade da água e a segunda ocorre em função das condições do solo.

Constitui a corrosão um fenômeno que vem preocupando bastante os técnicos, em vários países do mundo, e vem sendo estudada com o devido cuidado por vários pesquisadores.

Tratando-se de um assunto de relativa complexidade, recomendamos aos interessados em aprofundar-se no estudo do mesmo, a bibliografia indicada em (12), (13), (14), (15) — pg. 45, (34) — item 2, 16.6 — pg. 103, (35) — item 128, pg. 112, e capítulo XXVIII — pg. 409, e (40), além das noções apresentadas em (A-3) — item 6.

10.2 — Proteção em Geral

Em linhas gerais, a proteção da corrosão, tanto interna como externa, com relação aos diversos tipos de tubos, mais comumente empregados em linhas de adução, é indicada à seguir.

Tubos de Ferro Fundido: A aplicação de um revestimento interno com argamassa de cimento e areia, além de proteger contra os efeitos da corrosão interna, melhora as condições de escoamento da água. Voltaremos a esta questão mais adiante ao tratarmos do revestimento dos tubos, no item 12.

Tubos de aço: A adoção de revestimentos adequados, externos e internos, em geral, permite uma proteção adequada dos tubos. Estes revestimentos serão expostos mais adiante, no item 12 deste trabalho. Além disso, adota-se uma espessura conveniente para a chapa do tubo, a qual depende do tipo de solo e do diâmetro do tubo, para fazer face à possível corrosão; esta espessura será determinada, conforme método a ser exposto no item seguinte.

Tubos de concreto protendido: O principal tipo de corrosão que pode ocorrer, é a oriunda das diferenças de tensão mecânica no metal (“stress-cor-

rosion"); é evitada, não se aceitando tubos em que o arame de protensão fique em contato direto com a camisa de aço (tubos com camisa de aço) ou em que os arames de protensão transversal e longitudinal se toquem (tubos sem camisa de aço), o que é conseguido isolando-os com uma espessura adequada de concreto. Mais detalhes sobre este assunto podem ser vistos em (13).

10.3 — Proteção catódica

Consiste em se ligar a canalização em circuito com o polo negativo de um gerador de corrente contínua, cujo polo positivo se conecta a anodos enterrados no solo. É usada para proteger a canalização, não só contra corrosão nos casos comuns, como também, contra a ação de correntes elétricas extraviadas ou "vagabundas".

Maiores detalhes sobre o problema da proteção catódica podem ser melhor examinados em (12) e (13).

O emprêgo da proteção catódica exige cuidado a utilização de material e equipamento, a serem indicados por técnicos especializados; estas instalações devem ser mantidas e operadas convenientemente, sob pena de produzirem efeitos negativos.

Assinalamos contudo que, atualmente, se admite, de uma maneira relativamente geral, a concepção, segundo a qual a proteção catódica de uma tubulação deve ser considerada como uma medida de segurança suplementar, e que a tubulação que deve ser assim protegida, deve ser revestida o melhor possível, por meio de esmalte betuminoso ou asfáltico; a questão dos revestimentos adequados será tratada no item 12, conforme já mencionamos.

11. Dimensionamento econômico dos tubos

11.1 — Generalidades

Os diversos esforços a que estão sujeitas as canalizações são:

- Tensão tangencial, normal às geratrizes, causada pela pressão interna do líquido.
- Tensão longitudinal, causada pela pressão interna quando há mudança de direção ou obstrução da canalização ou outra mudança das condições de escoamento.
- Tensão longitudinal devido a variações térmicas.
- Tensões de compressão e de flexão causadas por:
 - Pêso próprio da canalização;
 - Pêso da água na canalização;
 - cargas externas:
 - pressão da terra de recobrimento;
 - pressão de sobrecarga: caminhões, trens, etc.
- Tensões causadas pelas reações dos apoios sobre os quais os tubos estejam assentes.

O cálculo dessas tensões, acha-se indicado em (A-3), em (34) — item 2.16.0 — pg. 98 e em (5) — pg. 148.

O cálculo das cargas sobre as tubulações assentadas em valas acha-se exposto em detalhes em (1) — Vol. I — item 17.8 — pg. 308.

11.2 — Dimensionamento

11.2.1 — Regra geral

Normalmente o projetista, tendo em vista as normas nacionais existentes, ou estrangeiras que jul-

gar convenientes, quando não houver aquelas, e com o auxílio dos catálogos e orientação dos fabricantes, escolhe os tipos de tubos a serem usados. Inicialmente devem ser indicados os tubos que se destinam a condutos livres ou a condutos forçados; neste último caso, levando em conta a máxima pressão piezométrica efetiva e a sobrepressão a que será submetido o tubo, devido ao golpe de ariete, devem ser escolhidos os tipos de tubos que poderão ser empregados, tendo em vista a pressão total de serviço a que será submetido o tubo. Lembramos que é recomendável, conforme já mencionamos, no item 8.1.2.b, dividir a adutora em conduto forçado, quando possível e conveniente, em trechos bem definidos, escolhendo-se os tubos a serem empregados em cada trecho; esta medida conduz a uma economia apreciável, notadamente no caso de canalizações de concreto pretendido ou aço.

No caso de ocorrerem cargas externas elevadas ou outras condições especiais, convém consultar os fabricantes ou distribuidores dos tubos a serem empregados.

EXERCÍCIO: Uma adutora de gravidade, por conduto forçado, a ser construída em ferro fundido, será submetida a uma pressão piezométrica máxima de 120 m.c.a. Qual o tipo de tubo que poderá ser empregado?

Resposta: Tubo Classe LA, pois são provados a uma pressão interna de 200 m.c.a.

11.2.2 — Regras particulares conforme o tipo de tubo

Aço: A espessura da chapa é calculada pela expressão:

$$e = \frac{p \cdot D}{2 \cdot R}$$

e = espessura da chapa em cm.

p = pressão interna em kg/cm²

D = diâmetro interno do tubo em cm.

R = trabalho de segurança da chapa em kg/cm²
 ≈ 1.000 kg/cm²

A esta espessura é acrescentado um valor para fazer face à corrosão; a espessura da chapa de aço recomendada, e que depende do tipo do terreno, de acordo com a sua ação corrosiva, da existência e tipo de revestimento e do diâmetro do tubo, pode ser determinada com o auxílio das Tabelas 19 e 20, indicadas em (15) — pgs. 43 e 44. Esta espessura deverá ser adaptada às espessuras normais do mercado nacional fornecedor.

No dimensionamento dos tubos de aço devemos levar em conta a ação de constricção (pressão de colapso) oriunda do vácuo relativo no interior da tubulação, em tubulações de sucção ou em tubulações sujeitas a descargas eventuais. As tabelas 97 e 98 de (5) — pgs. 292/293, indicam as espessuras recomendáveis para sifões e tubulações de sucção, tendo em vista a pressão de colapso.

Alguns detalhes interessantes sobre o projeto de linhas adutoras de aço, encontramos em (16).

EXERCÍCIO

Dados: Adutora de recalque

Material do Tubo: Aço revestido

Diâmetro do Tubo: D = 0.76 m ou 30"

Altura geométrica máxima = hg = 120 m

Altura manométrica máxima = $h_{\text{máx}} = 127$ m
 Tipo do solo: camadas de arenito
 Altitude: 750 m

Determinação da espessura da parede do tubo

- 1 — Pressão devida ao golpe de ariete:
 $2 \times 120 = 240$ m.c.a. = 24 kg/cm^2
- 2 — Espessura da chapa para resistir à pressão máxima devida ao golpe de ariete):

$$e = \frac{p D}{2 R} = \frac{24 \times 76}{2 \times 1.000} = 0.9 \text{ cm ou } 9 \text{ mm}$$

- 3 — Espessura para resistir à corrosão

Considerando que se trata de solo do Grupo II, conforme Tabela 19 de (15) — pg. 43, temos, consultando a Tabela 20 de (15) — pg. 45:

Tubo revestido: Espessura da chapa = 0.281 polegadas = $9/32'' = 7.14$ mm

Tubo não revestido: Espessura da chapa = 0.375 polegadas = $3/8'' = 9.525$ mm

- 4 — Verificação da pressão de colapso

Consultando a tabela n.º 97 de (5) — pg. 292, temos que para a altitude de 750 m, e tendo em vista o diâmetro do tubo, temos: n.º da chapa mínima para resistir a pressão de colapso: N.º 3 — Recorrendo à Tabela N.º 99 de (5) — pg. 300 temos que a chapa n.º 3 corresponde à espessura de 6.35 mm.

- 5 — Espessura escolhida

Adotaremos assim a chapa de aço com a espessura de $3/8''$ ou 9.525 mm, que se encontra no mercado fornecedor de tubos, e que apresenta ainda uma certa folga.

Concreto: Os dois casos mais comuns, que exigem cálculo adequado, é o caso do concreto armado comum e do concreto protendido. Detalhes do dimensionamento dos tubos de concreto em geral pode ser melhor examinado em (17); o caso do concreto protendido pode também ser melhor estudado em (18) e (19).

Em geral convém consultar os fabricantes sobre os tubos adequados, de acordo entre outros dados, com as pressões piezométricas efetivas e as cargas externas.

Apesar de constituir mais um trabalho de cálculo estrutural, assinalamos o estudo apresentado em (20).

Cimento Amianto: ver (21)

Madeira: ver (22)

Plástico: ver (23) a (27)

12. Escolha do tipo de revestimento dos tubos

12.1 — Generalidades

As tubulações descobertas, devem levar externamente uma pintura especial protetora, que depende das condições do meio ambiente; p. ex. uma adutora descoberta na zona marítima, exige um tipo de pintura especial. Na pintura dos tubos, em geral

se utiliza cores claras para diminuir os efeitos da temperatura, pois refletem melhor as ondas caloríficas; um tipo de pintura utilizado é à base de tinta de alumínio.

As tubulações enterradas levam revestimento interno e externo. Estes revestimentos visam proteger a tubulação dos efeitos de corrosão, da formação de incrustações etc.; o revestimento externo protege a tubulação particularmente dos efeitos dos solos agressivos, daí a necessidade de ser feito com o devido cuidado.

Como regra geral, com relação à escolha do tipo de revestimento, recomendamos sejam consultados os fabricantes ou distribuidores dos tubos cujo emprego se pretende, tendo em vista as condições da água a ser aduzida, bruta ou potável, bem como as características do solo, quando as tubulações forem enterradas, ou as condições do meio ambiente quando as tubulações forem assentadas externamente.

12.2 — Revestimentos típicos de acordo com o material dos tubos

Os revestimentos a seguir indicados constituem um roteiro para o projetista, devendo ser devidamente estudado conforme o caso.

Ferro Fundido: Recomendamos, conforme já mencionamos no item 10.2, que os tubos de ferro fundido sejam revestidos internamente de argamassa de cimento e areia, que, além de prevenir os efeitos da corrosão, vem oferecer melhores condições para escoamento da água, diminuindo a perda de carga, e exigindo tubos de menor diâmetro portanto.

Aço: Entre os materiais básicos empregados entre nós, temos o esmalte betuminoso ou piche de carvão ("coal tar") e o asfalto de petróleo. A utilização do primeiro é feita de acordo com as normas da American Water Works Association ou seja: AWWA. C 203-62 — AWWA Standard for Coal-Tar Enamel Protective Coatings for Steel Water Pipe. Algumas considerações sobre o piche de carvão encontramos em (28).

A utilização do asfalto de petróleo é feita com base nas normas holandesas (29) e (30).

Outro material que faz parte do revestimento externo dos tubos de aço é a lã de vidro ou juta ou aniagem impregnada de piche de carvão ou de asfalto, cuja finalidade é garantir uma maior resistência de piche de carvão ou de asfalto, aglutinando-os convenientemente. O emprego da juta facilita a execução do revestimento das juntas, após soldagem no campo, bem como da reparação do revestimento nos pontos danificados.

Um exemplo de especificações para revestimento de tubos de aço, encontramos em (A-4) — Especificações para Tubos de Aço Soldados e Revestidos.

13. Localização e dimensionamento de órgãos acessórios das canalizações, inclusive dos medidores de vazão.

Os órgãos acessórios mais comuns estão a seguir indicados. Estes órgãos devem ser protegidos com uma caixa de proteção, de ferro ou concreto, providas de tampão de ferro fundido, com dispositivo de travé.

13.1 — Registros de parada: devem ser instalados na entrada e saída de reservatórios, na derivação das linhas secundárias, nos pontos mais elevados das canalizações longas (para separar trechos) e em pontos "estratégicos" das linhas, bem como após a válvula de retenção colocada adiante da bomba; possibilitam reparos e inspeções rápidas na linha.

Registros de descarga: localizados nos pontos mais baixos das canalizações, êles permitem o seu esvaziamento, para reparos ou limpeza, quando necessário. A descarga é feita em galerias, vales, córregos, etc., devendo ser evitada qualquer conexão perigosa com esgotos; as tubulações de descarga devem ter comprimento suficiente para evitar o solapamento dos aterros.

Como regra prática, admite-se que o diâmetro das descargas é:

$$d \cong \frac{D}{6}$$

13.2 — **Ventosas:** são peças de funcionamento automático colocadas em todos os pontos elevados, sempre que a carga piezométrica for reduzida; êstes pontos altos devem contudo estar situados abaixo da linha piezométrica, pois, em caso contrário, deverão ser adotados dispositivos especiais. Destinam-se normalmente a expulsar o ar, durante o enchimento da canalização, bem como a expulsar o ar que se acumula nos pontos elevados durante o funcionamento da adutora; destinam-se também a admitir o ar durante o desvaziamento da canalização. Esta última hipótese é importante no caso de canalizações "flexíveis", de aço, evitando o colapso das linhas sob a ação de um vácuo interno eventual.

A prática norte-americana recomenda:

$$\text{Para a admissão e exclusão do ar: } d \cong \frac{D}{8}$$

$$\text{Para a exclusão do ar: } d \cong \frac{D}{12}$$

Sendo D o diâmetro da canalização e d o tamanho nominal da ventosa.

A não colocação de ventosas em quantidade e capacidade suficiente prejudica o funcionamento normal da canalização, refletindo principalmente na vazão, que passa a ser inferior à esperada. Em certos casos, devemos colocar 2 ou mais ventosas, como seja, junto a registros de parada instalados em pontos elevados (um de cada lado, no sentido longitudinal), e em pontos onde há necessidade de assegurar grande admissão de ar no caso de linhas em aço.

Os tamanhos nominais de ventosas, utilizadas na França, acham-se indicados em (1) — vol. I — pág. 304.

13.3 — Juntas de dilatação ou de expansão:

São colocadas nos seguintes casos:

- a) Nas canalizações expostas a diferenças de temperatura e providas de juntas rígidas;

- b) Para evitar a transmissão de movimentos de um trecho para outro. (p. ex. é colocada entre duas ancoragens).

As juntas de expansão não são necessárias nas tubulações enterradas.

Os tipos comerciais das juntas de dilatação são patenteadas, sendo mais comuns as juntas Dresser (ver (1) — vol. I — Fig. 17-13 — pág. 304) e Gibault.

O deslocamento da tubulação, oriundo de variações de temperatura, pode ser examinado com mais detalhes em (A-3) — item 4. Calculado o deslocamento escolhe-se o tipo de junta a empregar.

Um roteiro para melhor conhecimento dêste assunto e tendo em vista o dimensionamento desta peça encontramos em (4) — pág. 148/150, em (5) — pág. 315 e em (A-5) — item 8.4.

13.4 — **Inspecões:** nas tubulações de grande diâmetro, visitáveis, devem ser previstos dispositivos de inspeção em intervalos não superiores a 500 m.

13.5 — **Válvulas de retenção:** Devem ser instaladas nos seguintes casos:

- a) Imediatamente após as bombas, para proteger os conjuntos elevatórios.
- b) Nos pontos em que um acidente na adutora permitiria uma grande perda de água, devido ao refluxo desta; p. ex., na entrada de reservatórios de montante que sejam alimentados pelo fundo ou no sopé de extensas elevações.
- c) Em pontos da Linha Adutora, para dividir a mesma em trechos, para diminuir os efeitos do golpe de ariete, conforme exposto no item 9.3 dêste trabalho.

13.6 — **Medidores de Vazão:** No começo e no fim das adutoras, bem como nas derivações, devem ser instalados medidores de vazão, para conhecer-se os volumes de água aduzida, bem como servir de controle das condições de funcionamento da adutora, permitindo alertar sobre a existência de perdas sensíveis de água, que por qualquer razão não se tornem visíveis. Detalhes sobre a medição de água será dado em outra parte do seminário; contudo, indicamos aos interessados em maiores detalhes, os capítulos 28 e 29 em (1) — Vol. II — pgs. 121/170.

(Continua no próximo número).