Tubos de Pressão de Cimento Amianto

G. MOSCATI
Engenheiro

Foi exatamente por volta de 1913 que a engenharia hidráulica italiana se surpreendeu enormemente com a aparição dos tubos de pressão de cimento amianto.

Engenheiros da velha geração acharam aquela inovação, uma loucura. Como se podia pensar em substituir os clássicos tubos de ferro por aquêles de aparência tão frágil?

Mas, o inventor daquêle processo, o célebre engenheiro ADOLFO MAZZA, homem de extraordinária firmeza, não desanimou diante das severas críticas recebidas e continuou aperfeiçoando o sistema de fabricação, antevendo sobejamente as propriedades que o cimento amianto oferecia aos tubos de pressão, em contraste com os de ferro.

Inúmeros engenheiros de diversos pontos do globo, foram chamados a comprovarem as extraordinárias propriedades demonstradas nos mais rigorosos testes efetuados, tanto assim que, em 1925, após um estudo técnico feito pelos engenheiros projetistas Sir Alex Binnie Son e Deacon, de Londres, permitiu-lhes mencionar em relatório a seguinte opinião:

"... Pelo exame dos processos de fabricação, constatou-se que o produto resultante é um tubo resistente, retilíneo, com superfície interna regular polida e cilíndrica, o qual conserva permanentemente estas características. Por contrôle posterior, ficou ainda comprovado que os tubos de cimento amianto não estão sujeitos a deterioração em terrenos que provocariam a corrosão dos tubos metálicos. Sua capacidade de vasão não sofre redução com o tempo, são imunes aos efeitos das correntes elétricas errantes e oferecem ainda uma resistência ao escoamento d'água, maior que a dos tubos de ferro fundido novos e pixados, colocados nas melhores condições.

De simples e rápida colocação e fàcilmente trabalháveis, porquanto podem ser serrados e torneados com ferramentas manuais comuns, os tubos de cimento amianto, possuem ainda, o fator leveza bem acentuado, para distinguí-los notadamente dos metálicos.

Para as curvas de pequeno ráio, e quaisquer derivações, será necessário empregar conexões de ferro fundido, entretanto, aproveitando a elasticidade das juntas Simplex ou Gibault, podem-se conseguir curvas de grande ráio.

No que diz respeito a conveniência econômica, pode-se constatar que para pressões até 20 atmosferas e para diâmetros até 400 mm, as tubulações de cimento amianto são muito mais baratas do que as tubulações de ferro fundido do mesmo diâmetro.

O estudo executado pelo Dr. W. D. Hurst, engenheiro chefe do serviço de hidráulica da cidade de Winnipeg (Canadá), sôbre a aplicação de tubos de cimento amianto, fabricados pelo processo "Mazza", a fim de combater a corrosão das tubulações de ferro no território de Winnipeg (*) foi dos mais convincentes:

"... A alimentação hidráulica da cidade de Winnipeg (Canadá) é efetuada por meio de um aqueduto derivado de um açude de água tratada com cloreto de amônio.

A rêde de distribuição originàriamente era construída com tubos de ferro fundido e de concreto, com diâmetros compreendidos entre 100 e 900 mm.

Os primeiros graves prejuizos à rêde de distribuição da cidade, foram assinalados em 1906. A rápida corrosão dos tubos de ferro fundido foi atribuida a ação de correntes elétricas errantes e nenhuma proteção conseguiu atenuar êste fenômeno. Quanto às tubulações de concreto, essas perdiam tôda a resistência, pois os componentes grossos e miúdos

---

(*) Veja volume 55, n.º 661 de Water & Water Engeneering — Londres e n.º 5-1951 da Revista "L'acqua".

se separavam com facilidade. — Pela análise cuidadosa do concreto decomposto averiguou-se que os sulfatos solúveis e presentes na água superficial, deveriam ser considerados responsáveis por esta corrosão. Devido essas desagradáveis ocorrências, foram então provados tubos de cimento amianto, fabricados no Canadá, segundo o processo "Mazza" e cujas introduções produziram resultados altamente satisfatórios, tendo positivado sua resistência à ação dos sulfatos e pelas próprias características isolantes, sendo portanto, imune aos ataques das correntes elétricas errantes. Após 14 anos de serviço contínuo, foram retirados para vários testes em laboratórios oficiais, diversos tubos de ϕ 350 e 450 mm, cabendo-lhes por justiça, todos os resultados das respectivas provas a que foram submetidos.

1) Não se verificou diminuição alguma de vasão dos tubos.
2) Os exames de vista e químico não revelaram enfraquecimento algum ou amolecimento do material.
3) Duas amostras de tubos para pressão de serviço de 5,6 atm. quebraram sob pressão hidráulica interna de aproximadamente 23 e 30 atm.
4) Tubos montados (para 5,6 atm. de serviço) provados a 18 atm. não mostraram a menor perda.
5) Pedaços com o comprimento de 30,5 ctms. aguentaram uma carga máxima externa de esmagamento de 4660 Kgs.
6) Tomadas rosqueadas foram aparafusadas na parede do tubo e arrancadas por meio de u'a máquina de ensaio. O tubo resistiu a uma fôrça de 2.100 Kgs., até que a tomada saiu, não por espanamento da rosca, mas sim por quebra do próprio tubo.
7) A inspeção cuidadosa dos anéis de borracha, mostrou que os mesmos não apresentavam qualquer sinal de alteração, inchação ou fendilhamento. A elasticidade destes anéis à tensão e à torsão revelaram-se iguais a dos anéis novos.

Atualmente, as tubulações de cimento amianto, estão, aos poucos, substituindo tôdas as tubulações de ferro fundido e de concreto nos aquedutos de Winnipeg".

Em março de 1951, o professor Scimemi, diretor do Instituto de Hidráulica da Universidade de Pádua, descrevia também num interessante artigo, publicado na revista italiana "L'Ingegnere" (*), as suas impressões sôbre o assunto:

"... A fim de averiguar o estudo de conservação e a capacidade de vasão dos tubos de cimento amianto, fabricados pelo sistema "Mazza", em aquedutos normais, depois de alguns anos de serviço, foram feitas numerosas vistorias nos aquedutos de Vigévano, do Baixo Piave, de Sestri Levante, no de água de mar da cidade de Gênova, nos de Ostra, de Torino e de Monferrato, construídos, respectivamente, nos anos de 1932, 1932, 1925, 1923, 1928, 1927, 1934, com ditos tubos.

O professor Scimemi, concluiu seu relatório como segue "... Pelo exame mencionado, podem-se resumir os seguintes resultados principais:

Em 1.º lugar, o estado de conservação da tubulação de cimento amianto mantem-se, depois da colocação, pràticamente inalterado, isto seja no que diz respeito aos tubos em si, como às juntas Simplex e Gibault. A superfície interna dos tubos não sofre desgaste ou incrustação, nem por efeito das águas dôces, nem de águas duras.

Sua superfície interna mantêm-se lisa. E' notório que o cimento amianto foi, muitas vêzes, empregado com êxito para conduzir águas particularmente agressivas, por exep.: água de mar de Gênova ou líquidos diferentes da água e que em muitos casos estas aplicações resolveram problemas que, de outra forma, não se teria podido resolver, substituindo inteiros aquedutos que estavam sendo ràpidamente destruídos — por exep.: o aqueduto de Sestri Levante. — O serviço da rêde não sofre por variações de pressão normais e às vêzes excepcionais como acontece nas instalações de recalque de Gênova".

As maiores organizações mundiais do cimento amianto, como a "Johns-Manville", norteamericana, a "Turners Asbestos — Cement Co.", inglêsa, a "Eternit do Brasil Cimento Amianto S. A.", brasileira, a "Uralita S. A.", espanhola, a "Lusalit", de Portugal, a "Everite", da África do Sul, etc. adquiriram as patentes de fabricação dos tubos de cimento amianto

(*) Revista publicada em Março de 1951 — n.º 3.

pelo processo "Mazza". As razões dêste êxito mundial são plenamente convincentes pois, se países do aço como os EE. UU. e a Inglaterra adotaram e estão dando preferência aos tubos de cimento amianto, para canalizações e fins industriais, isto é devido aos elevados índices técnicos e econômicos bem fundados.

Um severo exame sôbre êste tipo de tubos de pressão, poderá esclarecer quaisquer dúvidas.

SISTEMA DE FABRICAÇÃO "MAZZA"

As matérias primas são duas: cimento Portland, de primeira, e amianto. Êste é cuidadosamente subdividido em suas fibras elementares. A mistura destes dois produtos é efetuada com diluição em água e a massa resultante é conduzida à máquina, onde uma peneira cilíndrica especial gira e se reveste de uma delgadíssima camada da mistura, a qual é tomada por um feltro sem fim, que a conduz para um cilíndro de aço, ou seja o núcleo do tubo, sôbre o qual enrola-se, em espiral, sob forte compressão, até alcançar a espessura necessária.

Uma vez retirado o núcleo de aço, os tubos são submersos em tanques d'água, onde permanecem durante 7 dias e em seguida retirados e expostos, por 21 dias, à secagem, para depois serem torneados nas suas extremidades, passando por prensas automáticas especiais, onde são testados individualmente, à uma pressão igual ao dôbro da de serviço.

PROPRIEDADES

Os tubos de cimento amianto oferecem grande economia, fundada nos três principais motivos:

a) no custo de aquisição;

b) no transporte, colocação e montagem;

c) na conservação.

Nos itens "a" e "c" encontram-se os principais fatôres de economia, pois se os tubos de cimento amianto são bem mais leves que os de ferro, (em média a metade) lògicamente a colocação, inclusive sua montagem simples e rápida, facilitada ainda pelo emprêgo das juntas Simplex ou Gibault, que garantem perfeita vedação, a ponto de permitirem, graças à sua flexibilidade, o movimento dos tubos no terreno, por assentamento ou trepidações.

A economia na conservação é fator primorcial em uma tubulação. Os tubos de cimento amianto não formam incrustações e são imunes à corrosão, graças às propriedades des das matérias primas. O escoamento da linha é inalterável, através dos anos.

E' interessante citar o estudo realizado pelo professor Scimemi, da Universidade de Pádua, sôbre canalizações de tubos de cimento amianto, com mais de 30 anos de serviço, nas quais verificou o perfeito estado de conservação, seja dos tubos ou das juntas, bem como a capacidade de escoamento inalterada.

BAIXO COEFICIENTE DE ATRITO

Ficou demonstrado, através de exames, que em igualdade de diâmetro e perda de carga, a vasão dos tubos de cimento amianto é em média de 40 a 60% maior que a dos tubos de ferro fundido ou aço.

IMUNES AOS TUBÉRCULOS, CORROSÃO E CORRENTES ELÉTRICAS

A formação de granulações e tubérculos, no interior dos tubos metálicos, provoca sensível redução de vasão e pressão, motivo porque, em alguns casos, é indispensável trocar grandes trechos de tubulação com poucos anos de uso; ao contrário, as tubulações de cimento amianto deixam de apresentar tal perigo, assim como aquêle da ação dos agentes agressivos, normalmente presente nos sólos e nos líquidos fracamente ácidos ou alcalínos.

Livres de substâncias metálicas em sua matéria prima, os tubos de cimento amianto são imunes às correntes, tão perigosas nos metálicos.

O seu emprego é, portanto, indispensável, em zonas onde existem condições favoráveis à fenômenos eletrolíticos.

RESISTÊNCIA QUÍMICA

Transcrevemos os dados seguintes de um artigo do professor Antônio Giannone, publicado no "Giornale del Genio Civile" — Maio 1954.

Nos Estados Unidos, do problema da resistência dos tubos de cimento amianto contra a agressividade do terreno ocupou-se o Underground Corrosion Committe, do "National Bureau of Standards" e recentemente apareceu um relatório sôbre êste assunto(1). As observações referem-se a um período de exposição de até 11 anos em terrenos de agressividades diferentes e como exemplo e referência, são indicados na tabela seguinte algumas propriedades de alguns dos numerosos casos relatados na ampla documentação fornecida por pesquisadores americanos.

p H	resistividade ohm/cm	Acidez total equiv. por 100 gr de terreno	Componentes do extrato aquoso mg equiv. por 100 gr de terreno.		
			HCO_3	Cl	SO_4
4,8	17800	5,1	n.d.	n.d.	n.d.
8,0	148	alcalino	1,30	6,05	10,90
2,6	218	297,4	n.d.	n.d.	56,70
6,9	84	14,6	n.d.	12,70	36,60

TABELA N.º 1

Foram examinadas as resistências à ruptura por compressão diametral e por pressão hidrostática, o estado da superfície, o coeficiente de absorção de água e o pêso específico aparente.

A notável homogeneidade dos resultados das experiências permite tirar as seguintes conclusões:

1.º) A resistência mecânica dos tubos à ruptura, seja por compressão diametral ou por pressão hidrostática, mantêm-se após exposição de até 11 anos em terrenos de diferentes e até grandes agressividades (veja tabela 1) sempre maiores do que as requeridas pelas "Federal Specifications" (2).

2.º) Tôdas as amostras examinadas, não mostraram sinais notáveis de deterioração também em terrenos particularmente agressivos por acidez excessiva ou pela presença de elevadas concentrações de sulfatos.

3.º) Embora em algumas amostras se notem na superfície, depois da exposição no terreno, menor dureza em comparação com o material original, isto é, embora seja evidente o início da corrosão, as resistências mecânicas, sempre para o período de observação considerado, não acusaram diminuição sensível.

Na Grã-Bretanha os tubos de cimento amianto, fabricados pelo processo "Mazza", para canalização de água sob pressão apareceram há cêrca de 25 anos e desde então seu emprêgo assumiu gradativamente notável extensão. Pesquisas a respeito da resistência à corrosão de tubos não protegidos por betumes, foram executadas no "Building Research Station Department of Scientific and Industrial Research", mas em virtude do breve espaço de tempo desde a introdução no uso prático de tal material, trata-se então (1933-1935) apenas de prova acelerada de laboratório.

Recentemente, reconheceu-se a utilidade de fazer maiores pesquisas sôbre o estado de conservação de tubos com muitos anos de serviço e nas mais diferentes condições, com referência à agressividade do terreno e das águas.

As pesquisas foram levadas à cabo pelo mesmo "Building Research" e com resultados conseguidos resumidos no fascículo impresso em 1952 (3) do qual reproduzimos as seguintes interessantes conclusões:

---

(1) Irving A. Denison e Melvin Romanoff: "Effect of Exposure to soils on the properties of asbestos — cement pipe". Nat. Bur. of Sand. Journ. 47, 367, 1951.

(2) Federal Specification for Pipe: Asbestos — Cement S. S. P., 351, 1942.

(3) Jones F. E. e Latham J. P.: "A Survey of the behaviour in use of asbestos — cement pressure pipes. — National Building Studies, Special Report, n.º 15, Londres, 1952.

1.º) Para os tubos examinados todos protegidos por revestimento betuminoso, constatou-se o bom estado de conservação dos mesmos.

2.º) Para a duração da exposição, dentro da qual foi possível observar o estado de conservação dos tubos, isto é, dentro de 17 anos, pode-se afirmar com certeza:

a) que para águas e terrenos não corrosivos o tubo de cimento amianto se comporta perfeitamente.

b) que em terreno sulfatado a resistência química do cimento amianto é, em todo o caso alta e que, portanto, êste material constitui uma útil alternativa para os tubos de aço, os quais podem ser ràpidamente corroidos em terrenos argilosos-sulfatados.

Indicamos por referência que uma tubulação de 6″ com 9 anos e meio de serviço para transporte de água contendo bióxido de carbono livre (pH = 5), apareceu em ótimas condições de conservação na superfície interna.

Igualmente em bôas condições de conservação foram encontradas tubulações de cimento amianto com 12 anos de serviço em terrenos ácidos ou argilosos-sulfatados.

RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Provas de abrasão nas paredes internas dos tubos de cimento amianto foram efetuadas pelo Prof. L. Santarella, da Escola Politécnica de Milão. Estas provas foram repetidas nas mesmas condições em tubos de cimento comum. Os resultados (expostos no certificado n.º 4.122 do Laboratório de Provas de Materiais da Escola Politécnica) que transcrevemos integralmente, são interessantes do ponto de vista prático por 2 motivos:

1) Salientam a grande resistência dos tubos de cimento amianto à abrasão e, portanto, sua capacidade de conduzir água com pequenas quantidades de areia em suspensão.

2) E' posta em evidência a muito menor resistência dos tubos de cimento comum às mesmas provas e que não podem ser comparadas, nem sob êste aspecto, aos tubos de cimento amianto.

1.ª PROVA

Encheram-se um tubo de cimento amianto e outro de *cimento comum* com a mesma quantidade de abrasivos, fechando suas extremidades e fazendo-os girar horizontalmente em redor dos seus eixos. Mediu-se em seguida a diminuição de pêso dos dois corpos de prova, depois de determinado número de voltas.

		Tubo de *Cimento Amianto*	Tubo de *Cimento*
— Diâmetro interno	mm	149	148,5
— Diâmetro externo	mm	163	210
— Comprimento	mm	130	134
— Velocidade de rotação-r.p.m.		30	30
— Abrasivo: limalha de aço n.º 5	kg	1	1
— Número de voltas		409300	408000
— Diminuição de pêso	g	1	12,5

2.ª PROVA

Os corpos de prova retirados dos dois tubos acima mencionados foram submetidos nas suas superfícies internas à abrasão numa área circular de 28,3 cm² por meio de um jato de 1 kg de limalha de aço n.º 5 à pressão de 1,5 atm.

		Diminição de pêso dos dois corpos de prova	
1.º)	Cimento amianto	1.ª prova g 0,8	2.ª prova g 0,9
2.º)	Cimento	1.ª prova g 15,7	2.ª prova g 14,5

RESISTÊNCIA ÀS TREPIDAÇÕES E AOS IMPACTOS

Resiliência

Uma série importante de ensáios sôbre a resiliência dos tubos de cimento amianto foram executados pelo Prof. Castiglia, da Escola Politécnica de Torino. Tais provas puzeram em evidência a capacidade dos tubos de cimento a suportar trepidações e verificações de cargas.

IMPACTO

As experiências feitas pelo Engenheiro Perfetti do Instituto Experimental das Estradas de Ferro Italianas, a fim de determinar a resistência ao impacto, têm grande interêsse prático, porquanto, no transporte dos tubos e durante ou depois de sua colocação, pode acontecer que êles sejam submetidos à choques, tombos, golpes de picareta ou marreta. Estas provas puseram em evidência não apenas a tenacidade como também a não fragilidade dos tubos de cimento amianto. Sob a ação dos golpes, os tubos ficaram furados sem formação de trìncas.

A seguinte tabela fornece os resultados numéricos dos ensáios de impacto, executados deixando cair uma esféra de aço de alturas progressivamente crescentes até conseguir furar o tubo.

Diâmetro do tubo d mm	Espessura do tubo S mm	Altura de queda da esfera m	Pêso da esfera kg	Trabalho Kgm	Total trabalho Kgm	L d2 / S
100	12	0,90	12	10,8	42	—
200	16	1,60	25	40,0	182	455
200	32	2,00	25	50,0	406	508
300	24	1,80	12	21,6	115	431
400	32	1,85	12	22,2	106	530
						Média 481

Além das mencionadas experiências de laboratório, durante a guerra de 1939/1945, foram efetuadas importantes observações sôbre o comportamento de tubulações de cimento amianto, submetidas à condições excepcionais.

Em algumas cidades européias atingidas por bombardeios observou-se que as tubulações resistiram aos golpes e às ondas de pressão, transmitidas através do solo, melhor do que os tubos de ferro fundido. Êste comportamento explica-se seja pela flexibilidade das juntas como pela resistência e elasticidade do material.

Outra prova significativa de resistência foi fornecida durante o terremoto que atingiu parte da Califórnia em 1940.

Nas zonas mais atingidas existiam diversas tubulações de água e enquanto nas tubulações de outros materiais verificaram-se graves danos, nas tubulações de cimento amianto as quebras foram insignificantes.

IMPERMEABILIDADE E AÇÃO ANTIBACTÉRIANA

Limitamo-nos a transcrever a êsse respeito as conclusões a que chegaram conhecidos experimentadores por meio de cuidadosas pesquisas sôbre os tubos de cimento amianto.

Prof. A. Missiroli do Laboratório de Bacteriologia e Microbiologia do Departamento de Saúde Pública da Itália.

"... O tubo de cimento amianto é constituido por muitas camadas concêntricas tão bem soldadas entre sí que formam um material compacto o que explica sua impermeabilidade, fornecendo assim o primeiro requisito a ser tomado em consideração na escôlha

de tubos para canalizações sob pressão. De fato, consequência imediata da permeabilidade é a perda de certa quantidade de líquido circulante, motivo pelo qual quando se tratar de água potável há motivos para recear correntes centrípedas do sólo, eventualmente poluidas, quando, como acontece frequentemente em muitos aquedutos, por diminuição de carga se verifica uma "depressão".

O mesmo professor, referindo-se a requisitos de impermeabilidade bacteriana, concluiu:

"... a busca do Bacilo Coli nos tubos de cimento amianto, resultam sempre negativas e de outro lado, a flora bacteriana da água na entrada e na saída nunca apresentou diferenças qualitativas ou quantitativas que deixassem supôr passagem do líquido ou de germes contidos no tubo externo".

AÇÃO ANTIBACTERIANA

Prof. O. Casagrandi — Professor de Higiene da Faculdade de Medicina de Pádua.

"... Nas canalizações de cimento amianto a quantidade de bactérias contidas numa água potável diminui nas mesmas condições particulares em que n'outras canalizações (ferro, ferro fundido, aço) costuma aumentar".

Referindo-se a uma experiência a respeito dos germes patogênicos o Professor Casagrandi concluiu:

"... Os germes patogênicos, capazes de produzir as terríveis epidemias hídricas, postos nas mencionadas condições de experiência, perdem ràpidamente sua vitalidade nos tubos de cimento amianto: êstes, portanto, são superiores, do ponto de vista higiênico, a outros materiais para canalizações contendo ferro".

DADOS CALORIMÉTRICOS

Transcrevemos a seguir os dados calorimétricos, determinados no Instituto de Física Experimental da Universidade de Gênova, dirigido pelo professor Occhialini.

COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA

Tubo de cimento amianto comprimido em média $a = 8{,}8 \times 10^{-6}$.

Exemplo: Cálculo do alongamento e da dilatação de um tubo de cimento amianto com comprimento de 4 metros — ϕ 150 mm — espessura 14 mm — por efeito de temperatura de 100° C.

Aplicando a fórmula $\Delta l = l\, a\, \Delta t$ resulta:

aumento do diâmetro	cmts.	$15 \times 0{,}0000088 \times 100 = 0{,}0132$
aumento do comprimento	m	$4 \times 0{,}0000088 \times 100 = 0{,}00352$

COEFICIENTE DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA

(Quantidade de calôr em grandes calorías transmitida através de 1 m² de tubo de cimento amianto com a espessura de 1 m, por efeito de cada gráu de diferença de temperatura, durante 1 hora).

$$K = 0{,}45 \text{ Cal/h/°C (temperatura máxima 100° C)}$$

A quantidade de calôr através de 1 m² de parede ideal com espessura de 1 metro para uma diferênça de temperatura Δt durante o tempo T (horas) é dada pela fórmula seguinte:

$$Q = K \frac{S \times T \times \Delta t}{s}$$

onde:

Q = Quantidade de calôr transmitido através da superfície S com espessura "s" e por uma diferença de temperatura Δt.

Resulta que se podem considerar as espessuras das paredes diretamente proporcionais aos respectivos coeficientes de condução térmica.

Pode-se, portanto, fazer interessante comparação entre o comportamento calorimétrico de diversos materiais e verificar por exemplo que uma tubulação metálica, para produzir a mesma queda de temperatura que uma tubulação de cimento amianto correspondente, deveria possuir uma espessura 134 vêzes maior.

CALÔR ESPECÍFICO

(Quantidade de calôr necessário para aquecer de 1° C a temperatura de 1 g de substância).

Tubo de cimento amianto normal C = 0,23 cal.

GOLPE DE ARIETE

Como é conhecido, a máxima sobrepressão por golpe de ariete, é diretamente proporcional celeridade "a" da onda perturbadora e à velocidade "v" de escoamento d'água na tubulação.

Daí resulta a oportunidade de se empregar tubulações em baixo valor de "a" e de "v".

As tubulações de cimento amianto em virtude de seu módulo de elasticidade relativamente baixo (módulo E = 200-300.000 Kg/cm²) fornecem celeridade da onda de pressão muito reduzida em comparação com o que se verifica em tubos de ferro fundido e de aço. Para o cimento amianto, notam-se celeridades em 15 a 35% aproximadamente menores do que para o ferro fundído e em 20 a 40% menores do que para o aço. Na mesma proporção resulta também diminuída a máxima sobrepressão por golpe de ariete.

CÁLCULO HIDRÁULICO DAS TUBULAÇÕES

Para o cálculo hidráulico das tubulações de cimento amianto são geralmente usadas as fórmulas seguintes:

1) Tipo antigo (Bazin, Darcy, Flamant, etc.).
2) Tipo exponencial (Scimemi, Williams & Hazen, Ludin, etc.).

1 — FÓRMULA DO TIPO ANTIGO

Estas fórmulas, embora ultrapassadas, dão resultados aceitáveis dentro dos limites normais de velocidade.

BAZIN

$$V = \frac{87\sqrt{r}}{\gamma + \sqrt{r}}\sqrt{ri}$$

Os seguintes valôres de γ foram determinados experimentalmente pelo professor Scimemi para tubos de cimento amianto, sejam novos como usado: (1)

V =	0,50	0,70	0,80	1,00	1,50	2,00 m/s
γ =	0,08	0,07	0,06	0,055	0,05	0,04

O professor Scimemi aconselha assumir γ = 0,06 para velocidades de 0,80 m/seg. e maiores.

Para tubos usados de aço e ferro fundido γ vale respectivamente

$$\gamma = 0{,}18 - 0{,}20$$
$$\gamma = 0{,}23 - 0{,}45$$

(1) Prof. E. Scimemi: Misure di deflusso nei tubi "Eternit". Annali Scuola Ing. de Padova. Ano 1 n.° 1 — 1925.

DARCY

Querendo calcular como ainda agora se faz frequentemente, pela fórmula clássica de Darcy

$$i = \frac{y}{L} = \beta \frac{Q^2}{d^5}$$

pode-se fixar em média para o tubo de cimento amianto o coeficiente

$$\beta = 0{,}016$$

correspondente ao valôr acima mencionado para $\gamma = 0{,}06$ *na fórmula de Bazin.*

Como se sabe os valôres médios do coeficiente B para tubos de aço e de ferro fundido em serviço são respectivamente:

$$\beta = 0{,}0025$$

$$\beta = 0{,}0040$$

Calculando com êstes coeficientes deduz-se que:

— Em igualdade de diâmetro e de vasão, a perda de carga das canalizações com tubos de cimento amianto "Mazza" é, em média, 36% menor que a de tubos de aço e em 60% menor que a de tubos de ferro fundido.

— Em igualdade de diâmetro e de perda de carga, a vasão dos tubos de cimento amianto é, em média, 25% maior do que a dos tubos de aço e em 58% maior do que a dos tubos de ferro fundido.

— Em igualdade de vasão e perda de carga, a economia no diâmetro das canalizações de cimento amianto é, em média, de 8,5% comparadas com as canalizações de aço e de 16,7% comparadas com as de ferro fundido.

2 — FÓRMULAS EXPONENCIAIS

Elas assumem a fórma

$$V = K D^z J^y$$

São fórmulas suficientes para todos os fins práticos para números de Reynolds, compreendidos entre 10^4 e 10^6.

Nesta fórmula:

V = Velocidade de escoamento d'água em m/seg.

Q = Vasão em m^3/seg.

D = Diâmetro da tubulação em metros

J = Perda de carga em m por metro corrido de tubulação.

SCIMEMI

O Prof. Scimemi depois de exaustivas experiências efetuadas sôbre tubos novos como sôbre tubos com mais de 20 anos de serviço em 5 diferentes aquedutos (1), achou a seguinte fórmula válida para tubos de cimento amianto, novos ou usados

$$V = 61{,}55 \quad D^{0{,}68} \quad J^{0{,}56}$$

$$\text{ou } Q = 48{,}34 \quad D^{2{,}68} \quad J^{0{,}56}$$

Esta fórmula é muito usada também no exterior e foi confirmada como rigorosamente válida para números de Reynolds entre 10^4 e 10^6 (2).

---

(1) Veja E. Scimemi: "Sulle condotte di amianto-cemento "Eternit" di lungo esercizio" Revista "L'Ingegnere", marzo 1951.

(2) Veja P. Lamont "Atti Congressi A. I. D. A." — 1952 e 1955.

WILLIAMS-HAZEN

Fórmula muito usada na América

$$V = 0{,}3547 \quad CD^{0{,}63} \quad J^{0{,}54}$$

$$Q = 0{,}2785 \quad CD^{2{,}63} \quad J^{0{,}54}$$

C = Coeficiente de Williams e Hazen, dependendo da natureza do tubo.

C = 140 para tubos processo "Mazza", sejam novos como usados (para tubos de ferro fundido em serviço normal, assume-se geralmente C = 80 ÷ 100).

A verificação do coeficiente C para o tubo de cimento amianto foi, entre outros, efetuada em 1949 pela Pitometer Company de New York, sôbre canalizações de 18″ com 14 anos de serviço em terrenos corrosivos de Winnipeg.

Foi achado para C o valor de140.

CONCLUSÃO

Pelos dados, experiências e resultados enumerados, pode-se concluir que está plenamente justificada a aplicação de tubos de cimento amianto em nosso país, não tendo fundamento técnico qualquer indecisão quanto a sua aplicação em adutoras e rêdes de distribuição de água, uma vêz que, os benefícios econômicos e de segurança, são altamente consideráveis.