

MÓDULO 4

4.8.1 - PROCEDIMENTOS DE TESTES DE ESTANQUEIDADE PARA LINHAS DE ÁGUA, ESGOTO E OUTROS LÍQUIDOS

● Normas Aplicáveis

- NBR 15.950 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Instalação
- NBR 15952 - Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Ensaio de Estanqueidade
- EN 805 - Sistema de Abastecimento de Água – Requisitos para Sistemas e Componentes Externos às Construções
- NP EN 1671 - Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais sob Pressão
- NP EN 1610 - Construção e Ensaio de Ramais de Ligação e Coletores de Águas Residuais

● O que exigir

- Equipamentos e instrumentos de medição calibrados e na precisão requerida;
- Equipamentos de sinalização de segurança e EPI's adequados;
- Equipe habilitada à realização de ensaios de pressão com supervisão e inspeção;
- Equipamentos de registro de pressão e relatórios adequados

● Ensaios de Estanqueidade de Tubulações Plásticas

Os procedimentos utilizados para tubos não plásticos, como aço, concreto e ferro fundido não se adequam a tubos plásticos, em especial tubos de polietileno e polipropileno, devido às suas propriedades viscoelásticas.

Sob uma carga constante o módulo de elasticidade dos plásticos vai caindo, em função do *creep*, assim o diâmetro do tubo aumenta com o passar do tempo, com isso a pressão cai concomitantemente, dificultando a avaliação do teste, pois sugerindo um vazamento.

Quanto maior o tempo de estabilização ou condicionamento, menor será a queda de pressão durante o ensaio, pois as variações (*creep*) são maiores nas primeiras horas, tendendo a estabilizar-se em longo prazo, assintoticamente.

Portanto, os ensaios devem considerar um grande tempo de estabilização, normalmente acima de 3 h, minimizando a queda da pressão durante a avaliação.

É muito difícil definir exatamente as relações entre diâmetro, volume e pressão da tubulação, dado às diversas variáveis, porém os métodos de ensaios de estanqueidade procuram estabelecer tabelas, gráficos, ou fórmulas com valores práticos satisfatórios.

Outros fatores ainda, como variação de temperatura, presença de ar, movimento relativo de juntas mecânicas e eficiência da compactação podem afetar ou confundir o resultado de ensaio de estanqueidade.

Nos tubos enterrados e com menores níveis de pressão de ensaio em relação à pressão nominal do tubo, certamente as variações são menores, por vezes desprezíveis.

Algumas companhias de água possuem procedimentos próprios, que consideram os princípios apresentados a seguir.

● Ensaio de Estanqueidade de Ramais Prediais de Água

Em ligações soldadas, não se deve fazer o ensaio antes do tempo mínimo de resfriamento para aplicar pressão definido nos procedimentos de soldagem.

Devido ao pequeno comprimento da linha, permitindo fácil avaliação visual, estes ensaios são realizados em curtíssimo tempo, tornando desprezíveis as variações dimensionais, e não demandando tempo de estabilização longo.

Antes de furar a rede, conectar uma bomba de água através do adaptador (peça de transição) que conecta o tubo do ramal ao medidor de água (cavalete ou ULMC) e pressurizar o ramal com 1,5 vezes a pressão nominal da tubulação. Manter a pressão por pelo menos 5 minutos e verificar se há vazamentos.

Desacoplar a bomba de água. Conectar o ramal ao medidor de água. Furar a rede e verificar se há vazamentos na ligação ao conjunto medidor e na ligação do Tê de Serviço com a rede.

● Ensaio de Estanqueidade Hidrostático em Linhas de Água e Outros Líquidos

Em redes unidas por soldagem, o ensaio de estanqueidade **não** deve ser iniciado antes do tempo mínimo para aplicar pressão, estabelecido no procedimento de soldagem.

No caso de linhas enterradas, as uniões mecânicas devem preferencialmente estar expostas, para melhor visualização de vazamentos e mais simples correção.

A linha pode ser testada por inteiro ou em seções.

A área de teste deve ser isolada e sinalizada para evitar riscos e danos materiais e pessoais.

● Avaliação pela Variação da Pressão

O procedimento a seguir vem sendo utilizado com sucesso na avaliação de tubos de polietileno e polipropileno nas linhas de líquidos em geral.

- O trecho a ser testado deve ser isolado com flanges cegos e colarinhos soldados ao tubo, ou outros tipos de dispositivos de fechamento mecânicos específicos, adequadamente dimensionados e ancorados para suportar as pressões de ensaio. As extremidades do tubo deverão possuir dispositivos para purga de ar, enchimento de água e medição de pressão. Se possível, registradores de pressão são aconselháveis.
- Sempre que possível, a pressurização deve ser no ponto mais baixo da linha para facilitar a expulsão de ar durante o enchimento da mesma. Esta posição também registra a máxima pressão e facilita o controle se necessária alguma liberação de água. Quando não for possível aplicar a pressão pelo ponto mais baixo, descontar da pressão de ensaio a altura manométrica entre o ponto mais baixo da linha e o de entrada de pressão.
- A linha deverá estar enterrada e com o aterro adequadamente compactado. As juntas mecânicas deverão estar expostas. Recomenda-se que, se possível, as juntas soldadas também fiquem expostas durante o ensaio.
- Se o trecho possuir ventosas ou outros dispositivos de ventilação/proteção, durante o enchimento da linha esses dispositivos devem estar abertos para permitir a purga de ar. Recomenda-se que inclusive ventosas automáticas sejam checadas e tenham as bolas de vedação temporariamente retiradas para assegurar-se a expulsão de ar.
- Proceder ao enchimento da linha lentamente.
- Deve-se cuidar para expulsar todo ar da linha.

- Quando a linha estiver completamente cheia, fechar as ventosas e dispositivos de purga de ar. Checar inclusive as ventosas automáticas.
- A seguir, **eleva a pressão à pressão nominal da tubulação (PN)**.
- Deixar a tubulação estabilizar por no mínimo 3 horas.
- Se possível, é preferível que o ensaio recomece no dia seguinte ao enchimento da linha.
- Iniciar a pressurização da linha, elevando a pressão com uma razão de aumento o mais constante possível, até **1,5 vezes a pressão nominal** da tubulação. Feche a válvula de entrada de água. Anote o tempo decorrido do instante inicial da pressurização até atingir a pressão de ensaio (**TL**). Se TL for menor que 10 minutos, considere TL igual a 10 minutos.
- Iniciar a contagem contínua de tempo. Registrar a pressão de ensaio (**P1**) depois de decorrido tempo (**T1**), onde T1 = TL.
- Fazer um segundo registro de pressão (**P2**) após decorrido tempo (**T2**), desde o início da contagem, onde T2 = 5.TL.
- Fazer um terceiro registro de pressão (**P3**) após decorrido tempo (**T3**), desde o início da contagem, onde T3 = 15.TL
- Proceder aos seguintes cálculos:

$$N1 = \frac{\log_e P1 - \log_e P2}{\log_e T2 - \log_e T1}$$

a) SE N1 < 0,04 → PROVAVELMENTE HÁ MUITO AR NA LINHA
O ENSAIO DEVE SER REFEITO

b) Se N1 > 0,25 → A LINHA ESTÁ REPROVADA
CORRIGIR OS PONTOS DE VAZAMENTOS.

- Proceder aos próximos cálculos:

$$N2 = \frac{\log_e P2 - \log_e P3}{\log_e T3 - \log_e T2}$$

a) Se N2 > 0,25 → A LINHA ESTÁ REPROVADA,

b) Se N1/N2 < 0,75 → A LINHA ESTÁ REPROVADA.
CORRIGIR OS VAZAMENTOS.

c) Se N1/N2 ≥ 0,75 → A LINHA ESTÁ APROVADA.

- Se o ensaio apontar evidências de vazamentos na linha, iniciar verificando as juntas mecânicas, depois as soldadas. Se não for encontrado vazamento em juntas, então pode haver ruptura em tubos, ou em válvulas.
- Após os reparos, refazer o ensaio de estanqueidade.
- Se necessário novo ensaio de estanqueidade, este deverá ser executado depois de decorrido intervalo de tempo ≥ 5 x T3.

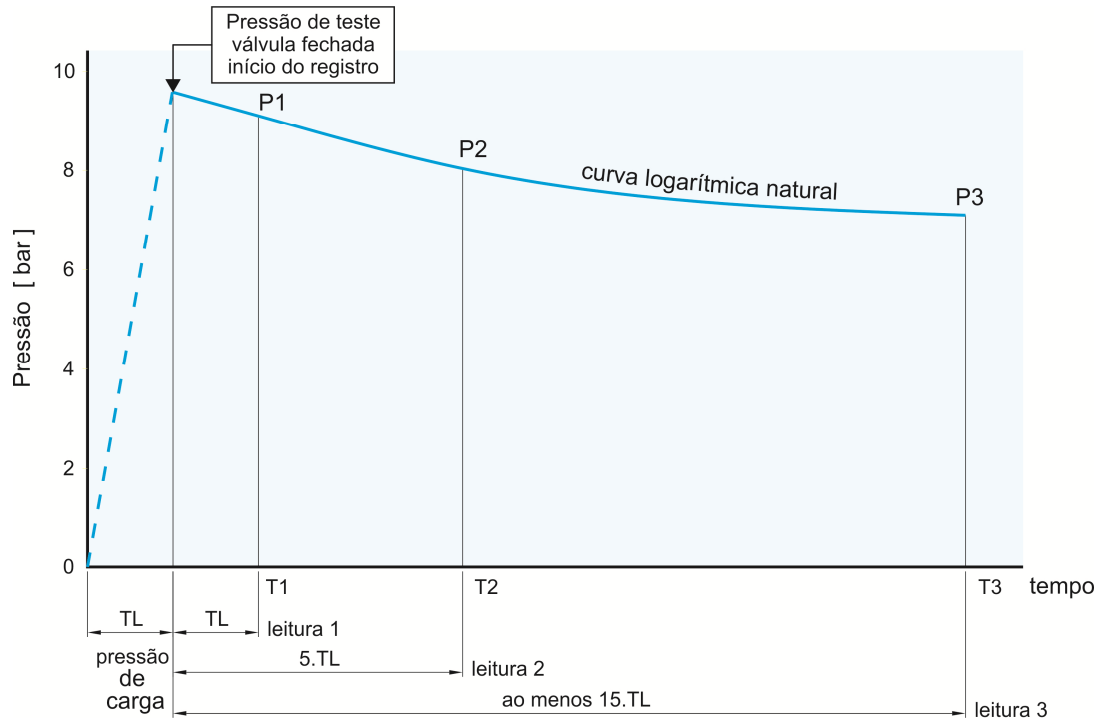


Fig. 8.16 - Gráfico típico de ensaio de estanqueidade

• Avaliação pela Variação Volumétrica

Esse método é mais utilizado na América do Norte, e consiste na avaliação do aumento de volume interno da tubulação após um período determinado e ensaio.

Os procedimentos de preparação da tubulação e dos instrumentos de ensaio são os mesmos do método anterior.

A primeira fase de ensaio, a de estabilização ou condicionamento, é de 3 horas. Eleva-se a pressão a $1,5 \times PN$ e se compensa a expansão do tubo a cada 1h, retornando à pressão inicial de teste.

A seguir, aguarda-se um período de 1 a 3 h, após o quê, mede-se a quantidade de água necessária para retornar à pressão de ensaio. A quantidade de água não deve superar aquela dada numa tabela, como por exemplo a **Tabela abaixo**, que foi construída para tubo PE 80 SDR 11, considerando variação da deformação (ϵ) de 0,1% para 1h, 0,2% para 2h e 0,28% para 3 h, após a estabilização inicial de 3 h.

A norma EN 805 propõe dois métodos:

- a) medição de água retirada; ou
- b) medição de água bombeada

No primeiro método, mantém-se a pressão de ensaio por ao menos 1 hora, a seguir para-se o bombeamento e mede-se a pressão resultante após 1 hora (**P1**). Reinicia-se o bombeamento até atingir a pressão de ensaio novamente. Daí, começa-se a retirar água até que a pressão volte a (**P1**). Mede-se o volume de água retirado.

No segundo método, mantém-se pressão de ensaio por ao menos 1 hora e, por meio de algum instrumento de medida volumétrica, registra-se a quantidade de água bombeada para se manter a pressão de ensaio no período. Esse método não permite o uso da fórmula seguinte para tubos poliolefinicos, sendo então recomendado o método a) da medida da água retirada.

O volume de água medido após 1 hora de ensaio deve ser menor que o valor calculado usando-se a fórmula:

$$\Delta V_{max} = 1,2V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_p} \right)$$

Onde: ΔV_{max} : Volume de água medido em litros (l)

V: Volume interno da Tubulação ensaiada em litros (l)

Δp : Perda de Pressão (*Pressão de Ensaio – P1*) (KPa)

E_w : Módulo de elasticidade da água em KPa ($2,05 \times 10^6$)

D: Diâmetro interno da tubulação em metros (m)

e: Espessura do tubo em metros (m)

E_p : Módulo de Elasticidade do tubo em KPa para o tempo de ensaio de 1 a 10h
(PE 80 = 2 a 4×10^5 ; PE 100 e PP = 3 a 5×10^5)

1,2: Fator de tolerância, devido ar na linha, por exemplo.

Tabela exemplo de expansão admitida em teste de estanqueidade para Tubo PE 80 SDR 11

DE mm	PE 80		1ª hora	2ª hora	3ª hora
	e	DI	l/m	l/m	l/m
63	5,80	51,40	0,004	0,008	0,012
75	6,90	61,20	0,006	0,012	0,016
90	8,20	73,60	0,009	0,017	0,024
110	10,00	90,00	0,013	0,025	0,036
125	11,40	102,20	0,016	0,033	0,046
140	12,80	114,40	0,021	0,041	0,058
160	14,60	130,80	0,027	0,054	0,075
180	16,40	147,20	0,034	0,068	0,095
200	18,20	163,60	0,042	0,084	0,118
225	20,50	184,00	0,053	0,106	0,149
250	22,80	204,40	0,066	0,131	0,184
280	25,50	229,00	0,082	0,165	0,231
315	28,70	257,60	0,104	0,209	0,292

• Ensaio Alternativo

Apesar de se demonstrarem métodos bastante bons de avaliação, os ensaios hidrostáticos de estanqueidade expostos acima são um tanto complexos.

Algumas instalações menos críticas podem justificar uma forma mais simplificada para avaliar-se a estanqueidade.

Uma maneira de se contornar o efeito do *creep* é aplicar um tempo de estabilização relativamente grande, a seguir diminuir a pressão, ocorrendo a “recuperação” gradual do módulo de plastodeformação (*creep modulus*), provocando a diminuição da deformação (diminuição do diâmetro) e o volume interno do tubo durante um período curto, dentro do qual se faz a avaliação.

O procedimento é apresentado a seguir:

- Pressurizar a tubulação com **1,5 vezes a pressão nominal por 4 horas**, sempre compensando eventuais quedas de pressão;
- Abaixar a pressão para **0,5 bar e aguardar de 1 a 2 horas**, não devendo haver queda de pressão nesse período.

**MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO DE
ESTANQUEIDADE HIDROSTÁTICO**

papel timbrado do executor

Obra: _____

Data do Ensaio: ___/___/___

Descrição do trecho: _____

Pressão Nominal da linha: _____

Pressão de Ensaio: _____

Fonte de Pressão: _____

Data Início de ensaio: ___/___/___ Hora Início de ensaio: __:__

Hora Término de operação de purga e enchimento da linha: __:__

Tempo de estabilização da linha _____:____

Data Início pressurização: ___/___/___ Hora Início pressão: __:__

Tempo para pressurização (TL): _____ min

Tempo T1: _____ min Pressão P1: _____

Tempo T2: _____ min Pressão P2: _____

Tempo T3: _____ min Pressão P3: _____

$$N1 = \frac{\log_e P1 - \log_e P2}{\log_e T2 - \log_e T1} =$$

$$N2 = \frac{\log_e P2 - \log_e P3}{\log_e T3 - \log_e T2} =$$

$N1/N2 =$

Conclusão: _____

Responsável pelo ensaio:

Nome Assinatura

Inspetor:

Nome Assinatura