

## 181 - ANÁLISE DA EXECUÇÃO DO ENSAIO DE VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM POLIETILENO

### **Samuel Soares Muniz<sup>(1)</sup>**

Engenheiro do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

### **Allan Saddi Arnesen**

Engenheiro e Gerente do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

### **Ricardo Gonçalves**

Técnico em Sistemas de Saneamento do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Costa Carvalho, 300 – Pinheiros – São Paulo – SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9188 - e-mail: [ssmuniz@sabesp.com.br](mailto:ssmuniz@sabesp.com.br).

### **RESUMO**

As redes de distribuição, adutoras e linhas de esgoto em polietileno (PEAD), após a sua instalação, são testadas através do ensaio de verificação de estanqueidade, como uma garantia da correta montagem do sistema. O trabalho teve como objetivo avaliar, através de visitas de campo, a execução do ensaio de estanqueidade como fonte de informação para a execução da revisão da Norma Técnica Sabesp - NTS 190. As visitas reforçaram a importância da correta execução das seis etapas obrigatórias do ensaio para a prevenção da ocorrência de perdas no sistema de abastecimento de água. Das três visitas realizadas, somente em uma foi possível acompanhar o ensaio completo, nas outras duas, os ensaios foram reprovados logo na segunda etapa. As possíveis causas apontam para falhas na vedação das válvulas ou falhas nas conexões soldadas e mecânicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rede de água, Adutora, Ensaio de estanqueidade.

### **INTRODUÇÃO**

Após a instalação de tubulações de redes de distribuição, adutoras e linhas de esgoto em polietileno (PEAD), o ensaio de verificação de estanqueidade é etapa obrigatória. O ensaio tem como principal objetivo avaliar a correta montagem de toda a estrutura da rede, ou seja, tubo e singularidades (uniões, conexões, registros, válvulas, etc.), como um sistema, proporcionando a acomodação da tubulação embaixo da terra.

Atualmente, esse procedimento é normatizado. No Brasil, a norma que faz referência ao assunto é a NBR 15952: sistemas para redes de distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão - verificação da estanqueidade hidrostática em tubulações de polietileno (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011) e, internacionalmente, existe a ASTM F2164: *Standard Practice for Field Leak Testing of Polyethylene (PE) and Crosslinked Polyethylene (PEX) Pressure Piping Systems Using Hydrostatic Pressure* (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2018).

A Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – Sabesp possui uma série de normas próprias e, dentre elas, a Norma Técnica Sabesp (NTS) 190: instalação de redes de distribuição, adutoras e linhas de esgoto pressurizadas em polietileno PE 80 ou PE 100 (SABESP, 2019) descreve no Anexo E a metodologia do ensaio de verificação de estanqueidade. Essa NTS teve sua revisão iniciada recentemente em 2018 e foi concluída em fevereiro de 2019.

A pesquisa teve como objetivo avaliar, através de visitas de campo, a execução do ensaio de estanqueidade em trechos da rede de distribuição de água da Sabesp como fonte de informação para a execução da revisão da NTS 190, tendo como foco: (1) as etapas do ensaio; (2) as análises das aprovações e reprovações; e (3) as prováveis causas de reprovações.

## METODOLOGIA UTILIZADA

O relatório foi elaborado com base em três estudos de caso realizados na cidade de São Paulo. A Tabela 1 contém um resumo com os dados de cada visita.

**Tabela 1: Resumo de informações dos estudos de caso.**

Endereço	Data	Obra	Comprimento <sub>(m)</sub>	D <sub>(mm)</sub>	Material	Equipamento
Rua Dr. Amâncio de Carvalho, Vila Mariana	06/11/18	Empreendimento Imobiliário	200	110	PEAD	Bomba Diafragma Gêmea Hypro, 34 L/min, Pressão 550 PSI (380 mca)
Av. Doutor Ricardo Jafet, Vila Mariana	09/01/19	Empreendimento Imobiliário	210	110	PEAD	Bomba Diafragma Gêmea Hypro, 34 L/min, Pressão 550 PSI (380 mca)
Av. Cid Nelson Jordano, Taboão da Serra	22/01/19	Empreendimento Imobiliário	<100	110	PEAD	Bomba Diafragma Gêmea Hypro, 34 L/min, Pressão 550 PSI (380 mca)

## ETAPAS DO ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

O ensaio é dividido em seis etapas (Figura 1): Enchimento, Elevação a 1.0PN, Estabilização, Elevação a 1.5PN, Registro de Pressões e Despressurização. Destaca-se que antes do início da execução das etapas é obrigatório esperar 24h a partir da execução da última solda.

A primeira etapa consiste em realizar o enchimento da linha, provocando a expulsão de todo o ar presente em seu interior. É aconselhável que esse enchimento ocorra a partir do ponto mais baixo do trecho, para facilitar a retirada do ar pela outra saída, porém também pode ser utilizado o ponto mais alto, desde que a empresa executora do ensaio possua equipamento adequado para realizar a sucção do ar.

Em seguida, o trecho deve ser pressurizado até 1 vez a pressão nominal (PN) da rede (tubos e singularidades) para então prosseguir para a próxima etapa, denominada Estabilização. Nessa etapa, o trecho ensaiado deve permanecer por, no mínimo, 180 min a 1,0.PN. Esse tempo mínimo deve ser de 180 min (3h) e é indiscutível, pois é o tempo básico para que a estrutura montada embaixo da terra possa ser acomodada.

De acordo com Danieleto (2007) quando o plástico sofre um tipo de esforço, ocorre o *creep*, que é um efeito de deformação não proporcional ao esforço e independente do tempo de aplicação da força. Assim, quando uma carga é aplicada constantemente, o *creep* promove a queda no módulo de elasticidade do plástico, promovendo o aumento do diâmetro do tubo e, consequentemente, a queda da pressão interna. Entretanto, as variações proporcionadas pelo *creep* são maiores nas horas iniciais e tendem a se estabilizar ao longo do tempo. Logo, o tempo da etapa de Estabilização do ensaio deve ser acima de 3h para minimizar a queda de pressão devido a esse efeito.

A norma ASTM F2164 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2018), por exemplo, é mais restritiva que as referências normativas brasileiras. Ela estabelece que, após o enchimento e expulsão de todo o ar da rede, a tubulação deve ser gradualmente pressurizada até a máxima pressão de ensaio, ou seja, 1,5 vezes o valor de PN, e esse valor deve ser mantido por um período de 4h.

Após a Estabilização, a tubulação é novamente pressurizada, devendo atingir 1,5 vezes a PN. A partir desse valor, inicia-se o registro de pressões, que deve acontecer em três intervalos distintos. Os valores das pressões

são observados, anotados e calculados de acordo com as equações 1 e 2 para concluir se as quedas de pressões são aceitáveis ou consequência de algum problema de instalação.

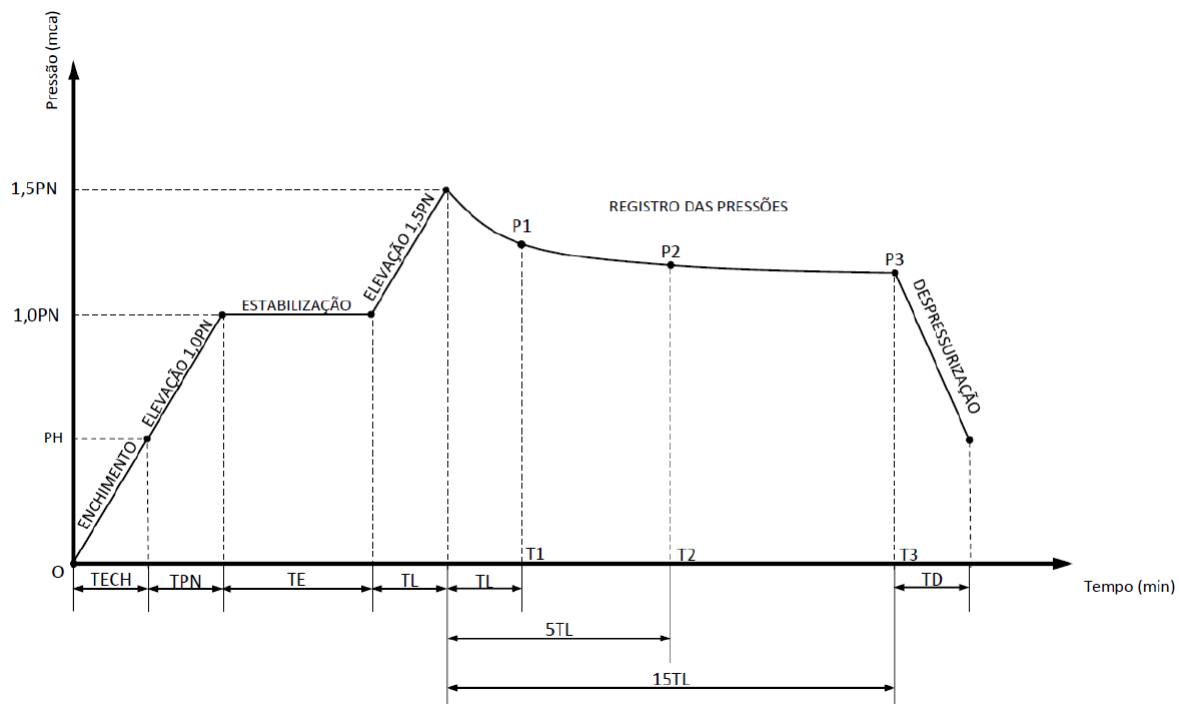
Por último, a tubulação deve ser despressurizada até a pressão de trabalho da rede.

$$N1 = \frac{\log_e P1 - \log_e P2}{\log_e T2 - \log_e T1} \quad \text{equação (1)}$$

Onde P1 e P2 são os valores das pressões a serem registradas e T1 e T2 são os tempos definidos para o registro das pressões P1 e P2. De acordo com a NTS 190 (SABESP, 2019), N1 deve estar entre 0,04 e 0,25 para realizar o segundo cálculo, caso contrário, se N1 é menor do que 0,04, provavelmente há muito ar na linha e o ensaio deve ser refeito e se N1 é maior que 0,25, a linha deve ser reprovada e os pontos de vazamento corrigidos.

$$N2 = \frac{\log_e P2 - \log_e P3}{\log_e T3 - \log_e T2} \quad \text{equação (2)}$$

Onde N2 é o resultado do segundo cálculo, P2 e P3 são os valores das pressões a serem registradas e T2 e T3 são os tempos definidos para o registro das pressões P2 e P3. De acordo com a NTS 190 (SABESP, 2019), para a rede ser aprovada, a relação N1/N2 deve ser maior ou igual a 0,75, caso contrário, se N2 é maior do que 0,25, a linha deve ser reprovada e se N1/N2 é menor do que 0,75, a linha deve ser reprovada e os pontos de vazamento corrigidos.



**Figura 1: Etapas do ensaio de estanqueidade.**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ESTUDO DE CASO 1: VISITA RUA DR. AMÂNCIO DE CARVALHO

O ensaio de estanqueidade foi planejado para um trecho construído especialmente para alimentar um empreendimento imobiliário. O trecho foi instalado através do método não destrutivo do tipo *Horizontal Directional Drilling* (HDD), interligando as duas pontas com redes existentes de 500 mm e 75 mm, e possui alguns acessórios como luvas e reduções.

O equipamento de pressurização, que foi conectado através do ponto de cloração, estava na cota mais alta. A purga do trecho também foi realizada nesse ponto através do enchimento da rede pela conexão na cota mais baixa.

Foi relatado pela equipe de campo que a cloração já havia acontecido anteriormente ao ensaio e que não há uma regra para a posição dessas fases, depende do setor de distribuição.

Observamos a purga do trecho e o isolamento através dos registros, porém a pressão da rede e de pressurização a 1,0.PN não se estabilizaram. Então houve tentativas de manobras nas válvulas, pois se suspeitava que elas estivessem permitindo a passagem de água.

Reiniciado a purga e a pressurização, o problema persistiu, o que indicou vazamento no trecho em ensaio, possivelmente na conexão soldada ou nas conexões mecânicas.

Assim, o ensaio foi dado como encerrado, com comunicação à equipe da Sabesp e da construtora, e o próximo passo, antes de reparar o trecho, será a pesquisa de vazamentos para tentar identificar a falha.

O funcionário da contratada responsável pela execução do ensaio disse que situações como essa inviabilizam a tentativa de início do ensaio de estanqueidade. A pressão da rede necessita ficar estável por certo período de tempo (alguns minutos) para então iniciar efetivamente o ensaio. Dessa forma, pode-se concluir que essa avaliação preliminar de pressão é uma etapa importantíssima para a execução, pois ela previne que ensaios de estanqueidade, que poderiam ter sido iniciados, sejam reprovados nas etapas seguintes, gerando perda de trabalho.

Outro ponto colocado em discussão foi à execução de ensaios que, mesmo registrando uma queda de pressão muito grande entre 1,5PN e P1 e tendência de estabilização em P2 e P3, ainda eram aprovados. O funcionário da contratada disse que ensaios com essas características são comuns para diâmetros pequenos devido a expansão do diâmetro do tubo após a pressurização. No caso de tubulações de diâmetros maiores, esse fenômeno já não causa quedas consideráveis entre 1,5.PN e P1.

Foi relatado que para comprimentos de rede muito grandes, o ensaio deve ser dividido em partes. Essa divisão depende do tempo gasto para elevar a pressão a 1,5PN (TL), pois ele influencia os tempos seguintes. É interessante uma faixa de valor ideal para que se possa executar o ensaio de estanqueidade em tempo condizente com o turno de trabalho do funcionário. Logo, essa faixa de valor para o TL pode ser um fator determinante para se calcular a faixa ideal de divisão dos trechos da tubulação que serão isolados.

Dentre os problemas observados, destaca-se a dificuldade de isolamento da rede existente, devido o possível não estancamento das válvulas, possível falha na solda de eletrofusão ou nas conexões mecânicas, gerando pontos vazamentos e a dificuldade de acesso no ponto mais baixo para instalação do equipamento de pressurização.

## **ESTUDO DE CASO 2: VISITA AV. DOUTOR RICARDO JAFET**

O equipamento de pressurização foi conectado no ponto mais alto, mesmo local do ponto de cloração (Figura 2) e, como ele tem capacidade de puxar o ar, foi possível realizado o ensaio sem problemas.



**Figura 2: Ponto de instalação.**

A etapa de enchimento demorou cerca de 6 min para ser executada e foi assegurado que não existia mais ar no interior da tubulação. O manômetro registrou uma pressão nominal estável na rede de 44 mca (Figura 3).

Prosseguiu-se para a etapa de elevação a 1,0.PN, que deveria alcançar 100 mca. O processo demorou 3 min e a pressão ficou estável, indicando que a etapa seguinte poderia ser iniciada (Figura 4).

Durante a etapa de estabilização, o sistema ficou submetido à pressão de 100 mca durante 3 h. Ao final do período, a pressão registrada foi de 78 mca (Figura 5). Essa queda é esperada, pois a pressurização provoca dilatação no tubo, principalmente em pequenos diâmetros.

Na próxima etapa, a pressão foi elevada a 1,5.PN, ou seja, 150 mca (Figura 6). A partir desse valor, as pressões P1, P2 e P3 foram registradas após 10 min, 50 min e 150 min, respectivamente (Figuras de 7, 8 e 9).



**Figura 3: Registro da pressão de trabalho da rede**





**Figura 4: Pressão a 1,0.PN.**



**Figura 5: Pressão registrada após a etapa de estabilização.**



**Figura 6: Pressão a 1,5.PN.**



**Figura 7, 8 e 9: Pressões P1, P2 e P3.**



Por final, foi executada a despressurização do trecho, mantendo a pressão final aproximadamente igual à pressão de trabalho da rede.

Durante o acompanhamento do ensaio, foi utilizado o “MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESTANQUEIDADE – REGISTRO DE PRESSÕES” para avaliar se o novo modelo, proposto para ser incluído na revisão da NTS 190, seria capaz de atender as necessidades reais de campo (Figura 10).

Os cálculos finais foram realizados e a tubulação foi considerada aprovada.

**MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESTANQUEIDADE  
REGISTRO DE TEMPOS E PRESSÕES  
Papel timbrado do executor**

Obra: Empreendimento Imobiliário Av Doutor Ricardo Jafet, 1600  
 Data do início do ensaio: 09/01/19 Data de término: 09/01/19  
 Diâmetro da tubulação: 110 mm Comprimento do trecho: 210 m

**Equipamento:**

Marca: — Modelo: —  
 Vazão máxima (l/min): 30 - 60 l/min Pressão máxima (mca): —

Pressão PH: 44 mca  
 Pressão 1,0.PN: 100 mca  
 Pressão 1,5.PN: 150 mca

Etapa	Hora de início	Hora de término	Tempo (min)
Enchimento	<u>09:17</u>	<u>09:23</u>	TECH: <u>6</u>
Elevação a 1,0.PN:	<u>09:24</u>	<u>09:27</u>	TPN: <u>3</u>
Estabilização:	<u>09:27</u>	<u>12:27</u>	TE: <u>180</u>
Elevação a 1,5.PN	<u>12:27</u>	<u>12:28</u>	TL: <u>1</u>
Despressurização	<u>14:59</u>	<u>15:03</u>	TD: <u>4</u>

Horário T1: 12:38 Pressão P1: 130 mca  
 Horário T2: 13:18 Pressão P2: 120 mca  
 Horário T3: 14:58 Pressão P3: 114 mca

**Figura 10: “MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESTANQUEIDADE – REGISTRO DE PRESSÕES” utilizado durante o acompanhamento do ensaio.**

**ESTUDO DE CASO 3: VISITA AV. DOUTOR RICARDO JAFET**

O ensaio de estanqueidade já tinha sido executado anteriormente, mas a tubulação foi reprovada por apresentar vazamento. Logo, foi realizado o devido reparo e o ensaio foi novamente requerido.

O funcionário da contratada comentou que praticamente todos os ensaios têm sido executados no ponto de cloração e que talvez essa alternativa pudesse ser discutida e incluída em norma. Outro relato foi o fato de que está cada vez mais comum a execução do ensaio na cota mais alta, devido ao ponto de cloro nesse local.

O trecho foi isolado e foi iniciado o enchimento da rede com conseqüente expulsão de ar da linha. Porém, na etapa seguinte, não foi possível alcançar a pressão de pressurização a 1,0.PN. Os funcionários da Sabesp



tentaram algumas vezes executar a abertura e fechamento das válvulas de gaveta para verificar a estanqueidade da rede, mas o problema persistiu. Assim, novamente, a rede foi reprovada no ensaio.

Foi relatado pelos funcionários da Sabesp que as válvulas de gaveta têm apresentado problemas de vedação constantemente, sendo frequente a substituição delas.

## **CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÕES**

A partir das visitas, foi possível observar a grande importância da realização das seis etapas obrigatórias do ensaio de verificação de estanqueidade, principalmente a etapa de Estabilização, devido à necessidade do cumprimento do tempo de 3h para diminuir as consequências do efeito *creep* sobre a execução do ensaio, afinal ele é a única garantia da correta execução do serviço de montagem da rede, tubos e singularidades, prevenindo a ocorrência de perdas no sistema de abastecimento de água.

Das três visitas realizadas, todas envolveram empreendimentos imobiliários, utilizando redes em PEAD com diâmetro de 110 mm. Além disso, outro fator observado em comum foi a utilização do ponto de cloro como o local para a ligação da bomba a rede, demonstrando ser uma alternativa viável para a execução do ensaio.

Somente em uma das visitas foi possível acompanhar o ensaio completo, nas outras duas os ensaios foram reprovados logo na segunda etapa, devido a pressurização a 1,0.PN não apresentar estabilidade. Essa pressão da rede necessita ficar estável por certo período de tempo (alguns minutos) e, quando isso não ocorre, o ensaio não prossegue e é considerado reprovado. As possíveis causas apontam para falhas na vedação das válvulas ou falhas nas conexões soldadas e mecânicas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15952: sistemas para redes de distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão - verificação da estanqueidade hidrostática em tubulações de polietileno. Rio de Janeiro, p. 4. 2011.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM F2164: *Standard Practice for Field Leak Testing of Polyethylene (PE) and Crosslinked Polyethylene (PEX) Pressure Piping Systems Using Hydrostatic Pressure*. West Conshohocken, PA, p. 5. 2018.
3. DANIELETTO, José Roberto B. Manual de tubulações de polietileno e polipropileno: característica, dimensionamento e instalação. São Paulo, p. 528. 2007.
4. SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Norma Técnica Sabesp 190: instalação de redes de distribuição, adutoras e linhas de esgoto pressurizadas em polietileno PE 80 ou PE 100. São Paulo, p. 22. 2019.