

Verificação do comportamento hidráulico de bloqueadores de ar utilizados em sistemas de abastecimento de água

Verification of the hydraulic behavior of air blockers used in water supply systems

William Alves Tavares(1); Elson Antônio do Nascimento(2); Gabriel de Carvalho Nascimento(3)

1 Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil.

E-mail: williamtavares@id.uff.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4775-1699>

2 Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil.

E-mail: elsonn@id.uff.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9054-9571>

3 Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil.

E-mail: gabrielcn@id.uff.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7974-4875>

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 6, n. 2, p. 18-34, Julho-Dezembro 2019 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Outubro 24, 2018; Aceito: Outubro 28, 2019]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2019.v6i2.3030>

Endereço correspondente / Correspondence address

William Alves Tavares

Rua Passo da Pátria, 156 / Sala 139 - Campus Praia

Vermelha - São Domingos, Niterói, RJ, Brasil.

CEP: 24210-240

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editora: Luciana Oliveira Fernandes

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Por diversos motivos, é possível a presença de ar nas tubulações de fornecimento de água e, conseqüentemente, que volumes de ar sejam contabilizados pelos hidrômetros. Esse fenômeno, além de ocorrer no Brasil, se apresenta também em países como Porto Rico, Peru e México. Existem à venda no mercado brasileiro equipamentos denominados “bloqueadores de ar” que, segundo os fabricantes, impedem a indevida cobrança. Porém, até o momento, não há uma norma específica nem literatura consolidada para aferição e certificação desses dispositivos. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo verificar o comportamento hidráulico dos bloqueadores de ar, a fim de servir como base para futuras discussões entre usuários, fabricantes e órgãos fiscalizadores sobre o adequado uso destes equipamentos. Nos testes experimentais realizados, foram obtidas as curvas de perda de carga *versus* vazão para cinco tipos de bloqueadores. Como complementação, uma modelagem computacional permitiu verificar os possíveis efeitos causados no fornecimento de água. Os resultados mostraram uma grande variação dos valores de pressão mínima necessária para ocorrer o escoamento, desde 0,92 até 8,60 m.c.a., assim como das curvas de perda de carga, significando, em alguns casos, redução drástica da vazão da água fornecida. Como principal conclusão, observou-se a necessidade de uma regulamentação desses dispositivos para possibilitar a elaboração de instruções sobre o correto dimensionamento e uso em cada situação.

Palavras-chave: Bloqueador de ar. Abastecimento de água. Perda de carga. Hidrômetro. Medições e instrumentação em recursos hídricos.

Abstract

For various reasons, it is possible the presence of air in the water supply pipes and, consequently, that air volumes are counted by the hydrometer. This phenomenon, in addition to occurring in Brazil, is also present in countries such as Puerto Rico, Peru and Mexico. There are for sale in the Brazilian market equipment called “air blockers” which, according to the manufacturers, prevent the improper billing. However, to date, there is no specific standard or consolidated literature for admeasurement and certification of such devices. In this context, the objective of this work was to verify the hydraulic behavior of the air blockers, in order to serve as a basis for future discussions among users, manufacturers and supervisory bodies on the adequate use of these equipments. In the experimental tests performed, the load loss *versus* flow curves were obtained for five types of blockers. As a complement, a computational modeling allowed to verify the possible effects caused in the water supply. The results showed a large variation of the values of minimum pressure necessary for flow to occur, from 0.92 to 8.60 m.c.a., as well as the load loss curves, meaning, in some cases, a drastic reduction of the water flow rate. As a main conclusion, it was observed that a regulation of these devices is required to enable the elaboration of instructions on the correct sizing and use in each situation.

Keywords: Air Blocker. Air in water supply. Head loss. Hydrometer. Measurements and instrumentation for water resources.

1 Introdução

A preocupação com o uso dos recursos naturais é algo que vem crescendo de forma geral nas últimas décadas e, em especial, a água se tornou alvo de muita atenção. No Brasil, as questões que envolvem o uso e o gerenciamento da água são regulamentadas pela Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Segundo essa lei, a água é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, portanto, seu uso deve ser cobrado e incentivado a ser racional. Para medir o consumo e efetivar a cobrança da água, são utilizados dispositivos chamados de hidrômetros.

Entretanto, a existência de ar nas tubulações de abastecimento de água é um fenômeno possível. Uma reportagem do G1 (2015a) mostrou que, em alguns pontos de consumo de água na cidade de São Paulo, volumes de ar passaram pelos hidrômetros. Na mesma época, segundo a matéria, foi verificado um aumento no valor das respectivas contas de água.

Estudos realizados por Mello e Farias (2001) e por Lopes, Lara e Libânio (2011), baseados em redes de escala reduzida criadas em laboratório, comprovaram que os hidrômetros, além de medirem volumes de água, também contabilizam volumes de ar. Miranda (2011) também verificou a influência da presença de ar na micromedição, através de testes em laboratório de alguns medidores, concluindo que os registros de volumes de ar são proporcionais às vazões.

Segundo Lopes, Lara e Libânio (2011), alguns consumidores têm adquirido equipamentos, denominados “bloqueadores de ar”, cujos fabricantes e vendedores prometem evitar a indevida cobrança de ar. Reportagens do Jornal da Band (2015) e do G1 (2015b) sobre os bloqueadores de ar mostram relatos de alguns consumidores de água que, após utilizarem esses equipamentos, obtiveram redução em suas contas. Porém, até o momento, não há uma norma específica nem literatura consolidada para procedimentos de detecção e quantificação de ar em redes de distribuição de água, nem de aferição e certificação do desempenho desses dispositivos.

Com o intuito de contribuir com informações para maior aprofundamento no estudo e a consequente orientação aos interessados neste tema, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento hidráulico dos principais bloqueadores de ar disponíveis no mercado, através da análise das curvas de perda de carga *versus* vazão dos referidos equipamentos.

Os testes experimentais foram realizados no Laboratório de Hidráulica da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (HidroUFF) e complementados por modelagem computacional feita através do software livre EPANET, que permitiu a simulação do funcionamento dos bloqueadores de ar em condição de instalação em uma rede residencial.

1.1 Presença de ar nas tubulações

Em condições normais de abastecimento, a presença de ar nas redes de distribuição de água é praticamente desprezível. Porém, existem determinadas situações, como manobras de registros de rede, onde volumes significativos de ar entram no sistema e podem alterar o valor do consumo registrado pelos hidrômetros, quando este ar não é eliminado de forma adequada dos troncos principais. Segundo Tsutiya (2005), a ocorrência de ar nas tubulações pode ocorrer por diversos motivos, entre eles os mais expressivos são: parada de bombas, manobra de válvulas ao longo da rede e ocorrência de pressão negativa em trechos elevados.

O item 5.10.3 da norma NBR 12218:1994 (Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) cita a instalação de ventosas de admissão de ar em locais elevados, com o intuito de evitar pressões negativas na tubulação. Portanto, a entrada de ar na tubulação pode ser provocada em situações de baixa pressão, o que ocorre, por exemplo, pelo desligamento de bombas em caso de interrupção do fornecimento de energia elétrica. Ressalta-se que podem e devem ser instaladas, em pontos adequados, as válvulas de expulsão de ar, visando eliminar o ar eventualmente presente na rede.

Em geral, as redes de distribuição de água são divididas em setores e o fornecimento é alternado entre eles no decorrer dos dias, através de manobras de registros. Assim, ocorrem ciclos de esvaziamento (entrada de ar) e enchimento (saída de ar) das tubulações. Esta alternância é feita por manobra manual ou por comando remoto. Em determinadas localidades, há uma probabilidade de maior incidência de ar, como, por exemplo, nas regiões com cotas topográficas mais elevadas. Durante o enchimento da tubulação, as pressões são inferiores àquelas que ocorrem após a estabilização do fornecimento, quando entra em regime pleno de escoamento e as pressões são restauradas.

Na situação em que a rede tem um correto funcionamento, a saída de ar se dá integralmente por válvulas ventosas de expulsão de ar. Porém, em alguns casos, seja por falha de projeto ou de manutenção inadequada das ventosas, o ar não é totalmente eliminado por essas válvulas, podendo, então, ser encaminhado para os pontos de consumo, principalmente, situados em cotas localmente elevadas. Nessa última condição, antes de retornar ao ambiente, o ar passará pelos hidrômetros, instalados nas ligações domiciliares e, potencialmente, resultará em uma medição de significativos volumes de ar em conjunto com o volume de água.

Os efeitos da presença de ar na medição do consumo de água não ocorrem apenas no Brasil. Em Porto Rico, o jornal *El Nuevo Día* publicou matéria em 28 de maio de 2015 a respeito do assunto, onde foi levantada a suspeita de que os possíveis volumes de ar presentes nas tubulações de fornecimento de água poderiam estar sendo registrados pelos hidrômetros (KUILAN, 2015).

No Peru, denúncias foram feitas no ano de 2012 contra a Sedapal, empresa de fornecimento de água da capital daquele país, de que a entrada de volumes de ar nas tubulações de água fez aumentar consideravelmente os valores cobrados de seus clientes, segundo o jornal *Peru 21*. Apesar disso, a empresa alegou, na época, que os hidrômetros não são capazes de contabilizar os volumes de ar (REDACCIÓN PERU 21, 2012).

No México, moradores da cidade de Cuernavaca relataram aumento de 70% em suas contas de água. A suspeita deles é de que a entrada de ar ocorreu no enchimento da tubulação de água. Devido à escassez de água pela qual passou a cidade, o fornecimento de água durante determinado período foi intermitente, fazendo com que, nos esvaziamentos da rede, fosse possível a entrada de volumes de ar. Posteriormente, no enchimento da rede, o ar sairia da rede através dos pontos de consumo de água (SOBERANES, 2017).

1.2 Equipamentos de eliminação de ar

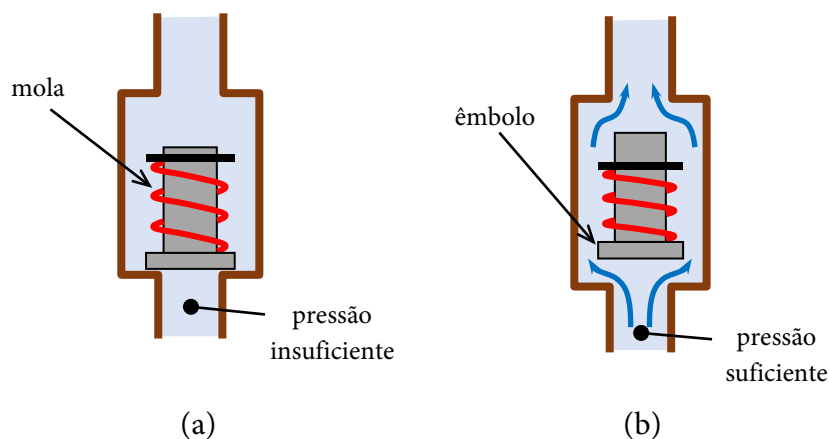
Como formas de expulsão do ar das tubulações de fornecimento de água, empregam-se alguns dispositivos como a válvula ventosa de dupla função e a válvula ventosa de tríplice função, cuja utilização é recomendada por normas.

A válvula ventosa de dupla função é empregada com a finalidade de expulsão de ar da tubulação durante o enchimento da rede, quando ocorrem baixas pressões, e de admissão de quantidade suficiente de ar durante o esvaziamento. Já a válvula ventosa de tríplice função além das funções exercidas pela ventosa de dupla função, permite a expulsão de volumes de ar durante as condições de operação, quando ocorrem altas pressões.

Outro equipamento, denominado bloqueador de ar, vem sendo instalado por consumidores de água, visando evitar a cobrança de ar em suas contas. Bloqueador de ar é um dispositivo que, em vez de retirar o ar da tubulação, dificulta a sua passagem no ponto de fornecimento. Ele possui uma mola interna ligada a um êmbolo, permitindo o escoamento do fluido - ar, água ou ambos - apenas quando a pressão é superior à mínima necessária (Figura 1).

Esse valor de pressão mínima está diretamente relacionado com a rigidez da mola, variando significativamente entre os diferentes fabricantes. Por outro lado, se a pressão não for suficiente, o dispositivo impossibilitará o escoamento (Figura 1(a)), mesmo que não haja ar no interior da tubulação. A eficácia do dispositivo baseia-se no princípio de que, durante o enchimento da tubulação – quando há ar – as pressões são baixas, incapazes de permitir a abertura dos bloqueadores. Após essa etapa, a rede torna-se pressurizada, sendo o ar reduzido a pequenos volumes no interior da tubulação principal, não representando, portanto, aumento significativo no volume registrado no hidrômetro. Nesta condição, devido ao aumento da pressão, ocorre então a abertura da válvula. Este tipo de equipamento é posicionado à jusante do hidrômetro, dispensando autorização da concessionária para a sua instalação.

Figura 1. Esquemático do funcionamento de um bloqueador de ar fechado (a) e aberto (b)



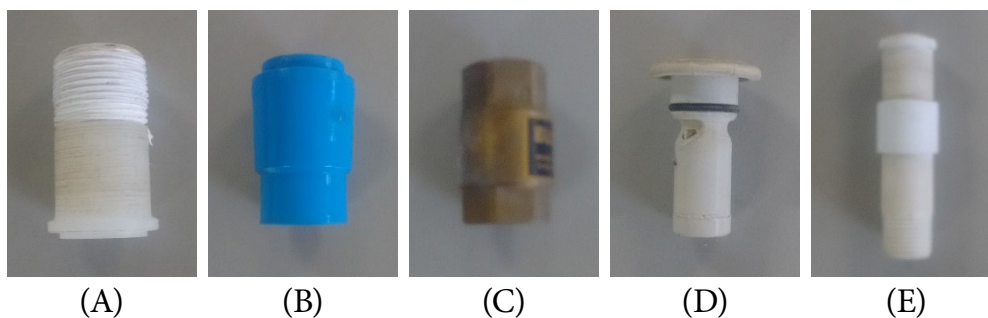
Fonte: Autoria Própria.

Um dos principais documentos normativos relativos a hidrômetros é a Portaria nº. 246, de 07/02/1994, editada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), órgão responsável pelos aparelhos medidores de volumes no país. O item 9.4 desta portaria estabelece que “qualquer dispositivo adicional, projetado para ser instalado junto ao hidrômetro, deverá ser aprovado pelo Inmetro, com vistas à verificação de interferência no funcionamento do medidor”. Embora alguns fabricantes de bloqueadores de ar declarem que seus produtos têm aprovação junto ao referido órgão regulador, o mesmo afirma que “não existe nenhum tipo de dispositivo eliminador de ar aprovado ou autorizado pelo Inmetro” (INMETRO, 2017).

1.3 Bloqueadores testados

Com o objetivo de verificar o comportamento hidráulico dos bloqueadores de ar, foram realizados testes experimentais para obter a perda de carga em diferentes vazões. Foram testados cinco tipos de bloqueadores disponíveis no mercado (Figura 2), adquiridos em lojas de materiais hidráulicos.

Figura 2. Bloqueadores testados no trabalho



Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 1 fornece o diâmetro nominal e tipo de conexão dos bloqueadores usados no trabalho.

Tabela 1. Características dos bloqueadores utilizados

Bloqueador	Diâmetro Nominal (mm)	Tipo de Conexão
A	25	Junto ao hidrômetro
B	25	Soldável
C	20	Roscável
D	25	Interno ao tubo
E	20	Junto ao hidrômetro

Fonte: Autoria Própria.

O tipo de conexão “roscável” é aquele cujo equipamento se conecta à tubulação por meio de rosca interna. Já os dispositivos do tipo “soldável” necessitam de alguma solda (e.g. adesivo plástico) para se unir ao restante da instalação. O bloqueador tipo “interno ao tubo” é inserido na tubulação de modo que fique fixo por meio do encaixe entre as conexões. Alguns bloqueadores devem ser instalados “juntos ao hidrômetro”, em substituição ao tubete, que é preso pela porca e fica em contato com a arruela de vedação.

2 Método

2.1 Calibração dos manômetros

Este primeiro teste teve por objetivo avaliar a precisão dos manômetros e, conseqüentemente, a confiabilidade dos resultados obtidos nos testes posteriores. A bancada hidráulica (Figura 3) utilizada para todas as medições realizadas neste trabalho fornece uma vazão máxima de 2,50 m³/h, com pressão máxima em torno de 20 m.c.a.

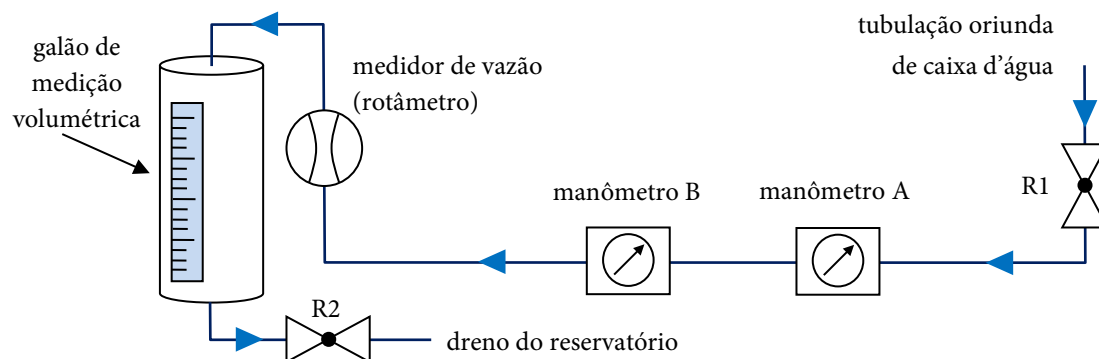
Figura 3. Bancada hidráulica utilizada para realização dos testes



Fonte: Autoria Própria.

O manômetro A foi instalado imediatamente após o manômetro B e o registro de gaveta R1 permitia variar a vazão e, conseqüentemente, a pressão na bancada (Figura 4).

Figura 4. Esquema para calibração dos manômetros



Fonte: Autoria Própria.

A perda de carga real entre os manômetros é desprezível; portanto, a pressão lida deveria ser idêntica. No entanto, devido à imprecisão destes equipamentos, uma pequena diferença de valores foi observada, o que pode ser justificado pela margem de erro de leitura admitida (Tabela 2).

Tabela 2. Pressões registradas para calibração dos manômetros

Pressão no manômetro (m.c.a.)	
A	B
1,3	1,2
2,0	2,0
2,8	3,0
3,6	3,6
4,4	4,5
5,4	5,6
6,0	6,2
6,8	7,2
7,6	7,8

Fonte: Autoria Própria.

Para eliminar a influência destes erros nos resultados da pesquisa, foi obtida a curva de correlação entre as pressões p_A e p_B , lidas nos manômetros A e B, respectivamente, representada pela equação:

$$p_B = 1,05p_A - 0,107 \quad \text{Eq.1}$$

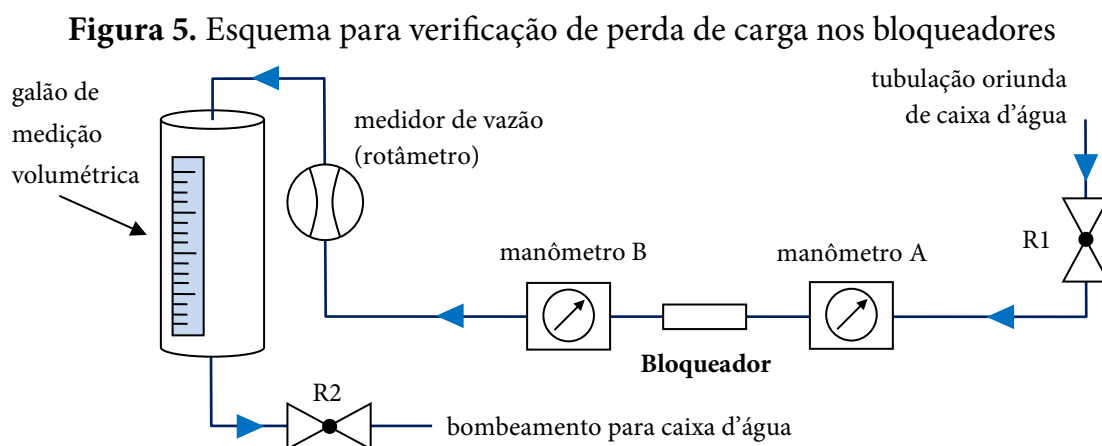
, com um coeficiente de correlação $R^2 = 0,9984$.

Portanto, o valor medido em B deve ser corrigido pela equação que fornece o valor equivalente em A (Eq.2), o que corresponde à inversa da função apresentada pela Eq. 1.

$$P_{B\text{corrigido}} = (p_B + 0,107)/1,05 \quad \text{Eq.2}$$

2.2 Perda de carga dos bloqueadores

Para determinação das perdas de carga dos bloqueadores, utilizou-se a mesma montagem anterior, acrescentando-se apenas o bloqueador entre os dois manômetros (Figura 5).



Fonte: Autoria Própria.

O teste da perda de carga ΔH consistiu em obter a diferença de pressão registrada pelos dois manômetros (Eq.3) para diferentes vazões. Como os manômetros foram posicionados numa mesma altura, a perda de carga ΔH é equivalente à perda de pressão Δp .

$$\Delta H = \Delta p = p_A - p_{B\text{corrigido}} \quad \text{Eq.3}$$

, onde p_A é o valor da pressão registrada pelo manômetro A e $p_{B\text{corrigido}}$ é o valor corrigido da pressão registrada pelo manômetro B, conforme a Eq. 2.

As perdas de carga foram obtidas para as vazões de 20, 60, 100, 150, 300, 500, 1.000, 1.500 e 2.000 L/h. Para cada bloqueador e vazão, o mesmo teste foi repetido três vezes.

2.3 Simulação no software EPANET

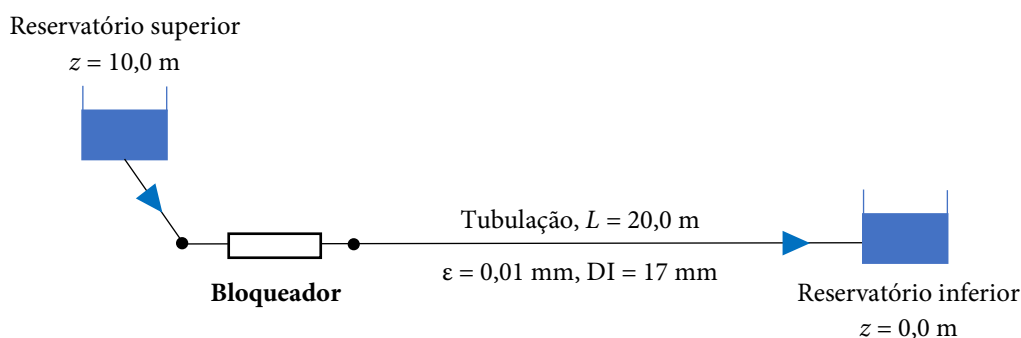
Com o objetivo de simular a utilização dos bloqueadores de ar numa tubulação de água e verificar os possíveis efeitos causados no fornecimento, foi utilizando o software de domínio público EPANET 2.0 (ROSSMAN, 2000), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* – EPA) e traduzido para o português por pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (ROSSMAN, 2009).

A utilização desse software foi motivada pela complexidade dos cálculos envolvendo as variáveis de pressão e vazão presentes numa simulação de instalação hidráulica. O uso de programas computacionais de solução é uma alternativa para problemas envolvendo cálculos repetitivos e iterativos como estes (WHITE, 2011, p.380). O EPANET possibilita, através de iterações envolvendo a equação de Colebrook-White, maior rapidez na realização dos cálculos em relação ao uso, por exemplo, de uma planilha eletrônica.

Foi modelado um pequeno sistema de distribuição de água, conforme esquematizado na Figura 6, formado por:

- ♦ um reservatório superior, localizado numa cota de 10 metros, correspondente à pressão mínima de fornecimento estabelecida pela NBR 12218;
- ♦ um reservatório inferior localizado na cota zero, correspondente à cisterna;
- ♦ uma tubulação de 20 metros de comprimento, diâmetro interno de 17 mm, rugosidade 0,01 mm e coeficiente de perda de carga localizada total $K = 29$ (i.e. conexões e hidrômetro), correspondente à simplificação da instalação hidráulica no interior de uma residência; e
- ♦ uma válvula na saída do reservatório superior, correspondente ao bloqueador de ar.

Figura 6. Modelo simplificado da instalação hidráulica entre o ponto de fornecimento (local do hidrômetro) e a cisterna inserido no EPANET



Fonte: Autoria Própria.

Para o cálculo da perda de carga distribuída, foi adotada a equação de Darcy-Weisbach (WEISBACH, 1845):

$$\Delta H = L \frac{f}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,0826 L \frac{f Q^2}{D^5} \quad \text{Eq.4}$$

, onde ΔH é o valor da perda de carga unitária (m), Q é o valor da vazão, D é o diâmetro interno do tubo e f é o fator de atrito, calculado pela equação de Colebrook-White (COLEBROOK, 1939):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad \text{Eq.5}$$

, onde Re é o número de Reynolds e ε é a rugosidade.

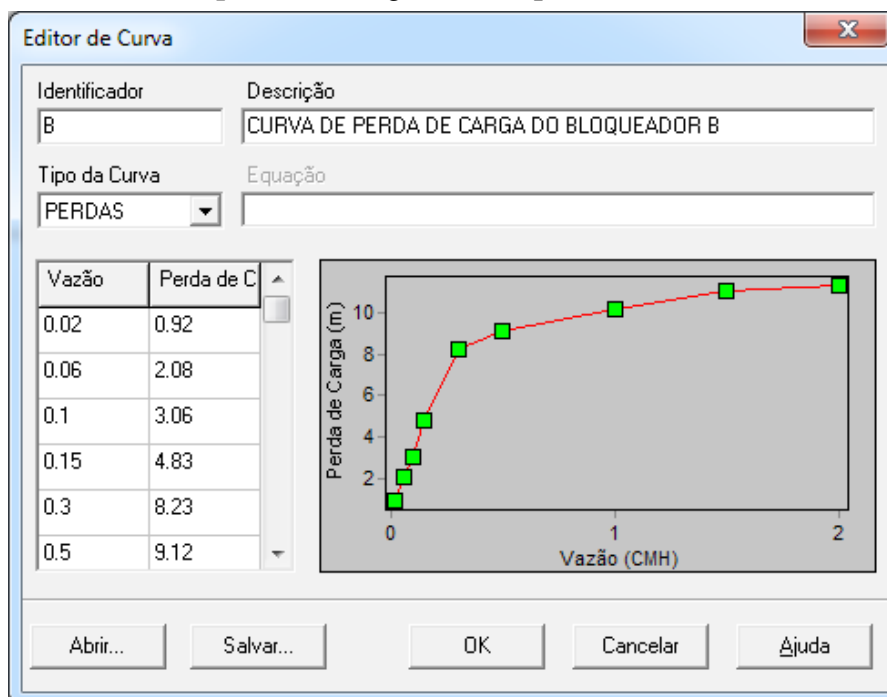
A perda de carga localizada é calculada por (PORTO, 2006):

$$\Delta H = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Eq. 6}$$

, onde K é o coeficiente de perda de carga localizada, correspondente às conexões (ex.: curvas, tês e hidrômetro), e V é a velocidade média de escoamento.

As curvas de perda de carga *versus* vazão dos bloqueadores, obtidas nos testes experimentais, foram inseridas no programa (Figura 7). Ressalta-se que os valores de vazão foram introduzidos com unidade m^3/h .

Figura 7. Curvas de perda de carga dos bloqueadores inseridas no EPANET

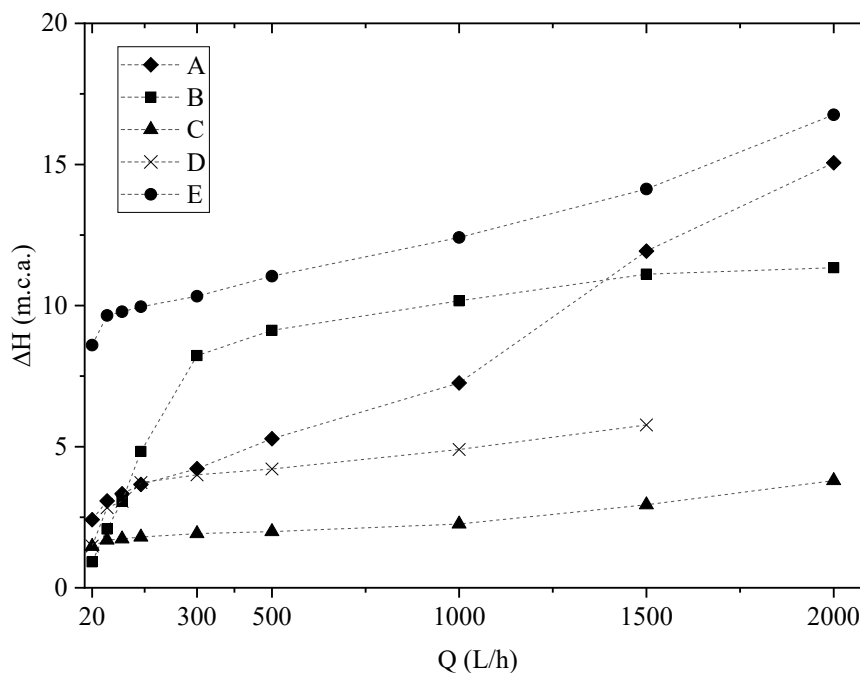


Fonte: Autoria Própria.

3 Resultados e Discussões

3.1 Perda de carga dos bloqueadores (experimental)

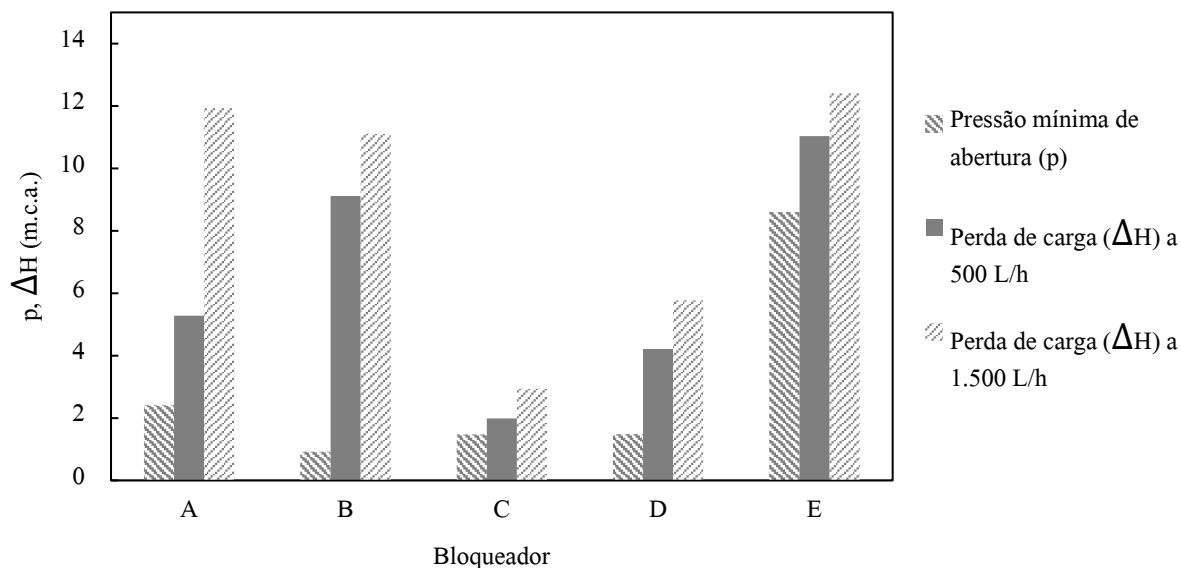
De posse dos valores de perda de carga levantados experimentalmente, foram traçadas as curvas de perda de carga *versus* vazão (Figura 8), com base na média dos valores obtidos nas três repetições realizadas.

Figura 8. Perda de carga ΔH versus vazão Q nos bloqueadores A, B, C, D e E

Fonte: Autoria Própria.

Observa-se que é necessária uma pressão mínima para provocar alguma vazão, considerada como 20 L/h (menor entre as testadas neste trabalho), o que está associado à abertura do êmbolo (compressão da mola). O valor mínimo de pressão varia significativamente entre os diversos bloqueadores testados (Figura 8). Para o bloqueador E, por exemplo, a abertura ocorre muito próxima ao mínimo estabelecido pela norma NBR 12218, que é de 10 m.c.a, ou seja, considerando-se as demais perdas de carga na instalação hidráulica de uma residência até a cisterna, conclui-se que, em muitos locais, a instalação desse bloqueador pode provocar uma redução na vazão a ponto de inviabilizar o abastecimento.

A Figura 9 fornece um comparativo entre as pressões mínimas de abertura (p) de cada bloqueador, bem como suas respectivas perdas de carga (ΔH) quando submetidas às vazões de 500 L/h e 1.500 L/h. Essas vazões foram escolhidas por serem consideradas as mais recorrentes no fornecimento de água. A vazão de 1.500 L/h é típica em instalações residenciais de pequeno porte e a de 500 L/h foi adotada como um extremo inferior para análise comparativa.

Figura 9. Pressão mínima de abertura (p) e perdas de carga (ΔH) dos bloqueadores

Fonte: Autoria Própria.

O bloqueador B apresenta a menor pressão de abertura entre todos e, por outro lado, possui a maior taxa de aumento da perda de carga, ultrapassando a queda de pressão de 10 m.c.a. para vazões ainda, relativamente, pequenas. Isso significa que, apesar da pressão mínima estabelecida por norma ser capaz de abrir seu êmbolo, ele causará uma redução significativa da vazão ao ser instalado. Em menor proporção, o mesmo ocorre para o bloqueador A. Nota-se que, entre as vazões de 500 L/h e 1.500 L/h, os bloqueadores A, B e E causam elevadas perdas de carga.

Conforme mencionado anteriormente, a eficácia destes dispositivos é baseada no princípio de que o ar ocorre na tubulação durante o enchimento da mesma e, conseqüentemente, em condições de baixa pressão. Quando essa etapa é finalizada, a rede está pressurizada e o fluido deve ser capaz de abrir o êmbolo do bloqueador. Portanto dois pontos são importantes para seu correto funcionamento: pressão mínima de abertura imediatamente superior à que ocorre durante o enchimento da rede e pequeno aumento da perda de carga ao alcançar a vazão nominal. Nesse sentido, observa-se que os bloqueadores B, C e D apresentam uma pressão mínima de abertura muito baixa (menor que 1,5 m.c.a.) e, dependendo do local de instalação, incapaz de impedir a passagem de ar. Por outro lado, os bloqueadores A e B resultaram num aumento demasiado da perda de carga, enquanto o bloqueador E exige uma pressão relativamente elevada para sua abertura (8,6 m.c.a.).

Observando-se as curvas de perda de carga *versus* vazão (Figura 8), verifica-se um comportamento hidráulico não linear desses dispositivos. Portanto, a avaliação do impacto da instalação deles exige cálculos mais sofisticados, considerando-se a curva de cada bloqueador. Ressalta-se que foi utilizado o *software* EPANET pelo fato de ser uma ferramenta computacional que permite a realização desses cálculos.

3.2 Cálculo da redução de vazão provocada

O primeiro cálculo realizado com o software EPANET foi o correspondente ao cenário em que não há um bloqueador de ar instalado. Nesse caso, o valor de vazão obtido foi de 1.500 L/h, o que corresponde ao equilíbrio da pressão de fornecimento considerada (10 m.c.a.) com a perda de carga distribuída (tubulação) e localizada (conexões) adotadas, conforme descrito anteriormente.

Em seguida, foram calculadas as vazões de escoamento resultantes da instalação de cada um dos bloqueadores analisados (Tabela 3). Essas vazões foram comparadas com aquela obtida no cenário sem bloqueador, calculando-se então a redução percentual de vazão ocasionada.

Tabela 3. Redução da vazão causada pelos bloqueadores

Bloqueador	Vazão (m ³ /h)	Redução* (%)	Perda de carga (m.c.a.)
A	0,84	44%	6,64
B	0,46	69%	8,93
C	1,28	15%	2,63
D	1,04	31%	4,97
E	0,14	91%	9,91

* Com base na vazão sem bloqueador (1,5 m³/h)

Fonte: Autoria Própria.

Entre todos os avaliados, a maior redução de vazão ocorreu para o bloqueador E e foi de 91%. Esse resultado está compatível com o gráfico de perda de carga *versus* vazão (Figura 8), quando comparado com os demais bloqueadores, pois apresenta a maior perda de carga inicial (Figura 8 e Tabela 3) e um aumento consistente de perda de carga. O bloqueador C, por outro lado, resultou na menor redução de vazão (15%).

Os resultados obtidos diferem entre todos os bloqueadores, desde a maior até a menor redução de vazão calculada. Isso demonstra a divergência que há entre as características destes componentes, o que não é especificado pelos fabricantes.

Ressalta-se que os valores calculados foram obtidos considerando-se a pressão mínima de fornecimento estabelecida pela NBR 12218, que é de 10 m.c.a. Em locais com pressões superiores, a redução de vazão ocasionada pelos bloqueadores seria menos intensa.

4 Considerações finais

A entrada de ar em tubulações de abastecimento de água pode ocorrer por diversos motivos, causando a sobremedida do consumo ao passar pelos hidrômetros. Cinco “bloqueadores de ar” de diferentes fabricantes foram objeto de estudo do

presente trabalho, que se baseou em ensaio experimental, para obtenção da curva de perda de carga; complementado por modelagem computacional, para estimativa do impacto na vazão fornecida.

Todos os bloqueadores disponíveis no mercado até o momento, baseiam-se no princípio de que a presença significativa de ar na tubulação só ocorre durante o enchimento e, conseqüentemente, está atrelada à uma baixa pressão.

Os resultados obtidos divergiram expressivamente entre os diferentes bloqueadores testados. Enquanto parte deles apresentou pressões de abertura muito baixas (mínimo de 0,92 m.c.a.), o que permitiria a entrada de ar em determinados locais, outros causaram perdas de carga elevadas (12,41 m.c.a.), o que reduziria significativamente a vazão fornecida ou, até mesmo, impediria o fluxo, dependendo do local de instalação.

Tendo em vista a disparidade de resultados entre os bloqueadores testados, a eficácia de cada um fica totalmente atrelada à pressão atuante durante enchimento da rede e abastecimento em regime estabilizado no local em que se pretende instalá-lo, o que deve ser apurado por técnicos qualificados. Portanto, ressalta-se a necessidade de regulamentação e fiscalização destes equipamentos por parte dos órgãos responsáveis. As condições em que cada modelo pode ter eficácia devem ser devidamente esclarecidas pelos seus fabricantes, com informações claras das características hidráulicas de cada modelo.

Caso todos os pontos de fornecimento instalassem os bloqueadores disponibilizados até o momento, cujo princípio de funcionamento é o mesmo, a hipótese de baixa pressão durante o enchimento da rede seria invalidada, pois não haveria mais pontos de livre saída do ar. Portanto, não devem ser descartadas novas soluções para bloqueio ou eliminação de ar.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218:1994 - *Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro, 1994.4p.
- AUMENTA procura de válvulas bloqueadoras de ar em SP. *Jornal da Band*. 17 fev. 2015. Disponível em: <https://noticias.band.uol.com.br/jornaldaband/videos/15378425/aumenta-procura-de-valvulas-bloqueadoras-de-ar-para-hidrometro-em-sp.html>. Acesso em: 09 out. 2019.
- BRASIL. Lei Federal nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 jan. 1997.
- COLEBROOK, C. F. Turbulent flow in pipes with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws. *Proc. Institution Civil Engrs.*, 12, p. 393-422, 1939.
- El colmo: Sedapal cobra por el aire que corre por las tuberías. *Redacción Peru 21*. Disponível em: <https://peru21.pe/lima/colmo-sedapal-cobra-aire-corre-tuberias-12899>. Acesso em: 27 jun. 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (2000). INMETRO, *Portaria Nº 246* de 17 de outubro de 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Notícias e Eventos. Disponível em: <http://inmetro.gov.br/noticias/conteudo/501.asp>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- KUILAN, Gloria Ruiz. AAA cobra por aire em las tuberías. *El Nuevo Dia*, Porto Rico, 28 maio 2015. Locales. Disponível em: <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/aaacobraporaireenlastuberias-2052872/>. Acesso em: 27 jun. 2018.
- LOPES, Ney Procópio; LARA, Márcia; LIBÂNIO, Marcelo. Quantificação em escala de bancada do volume de ar em ligações prediais de água. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 16, n. 4, p. 343-352, 2011.
- MELLO, Elton J; FARIAS, Rubens de Leão. O ar e a sua influência na medição do consumo de água. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21 Anais... João Pessoa: Abes, 2001.
- MIRANDA, I. S. L. *Presença de ar no Sistema de Abastecimento de Água: influências na macro e micromedição*. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. 88p.
- PORTO, Rodrigo de Melo. *Hidráulica básica*. 4. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.
- ROSSMAN, L.A. *EPANET 2.0: Manual do Usuário*. p. 201, 2009. Disponível em: http://lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=34. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ROSSMAN, Lewis a. *EPANET 2: User's Manual*. Cincinnati US Environmental Protection Agency National Risk Management Research Laboratory v. 38, sep. 2000. 200p. Disponível em: <http://nepis.epa.gov>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SOBERANES, Carlos. Se excede SAPAC em cobros por aire em las tuberías. *Diario de Morelos*, Cuernavaca, 24 jun. 2017. Disponível em: <https://www.diariodemorelos.com/noticias/se-excede-sapac-en-cobros-por-aire-en-las-tuber%C3%ADas>. Acesso em: 27 jun. 2018.

SP: hidrômetros registram ar em vez de água e geram gastos inexistentes. *GI*. 08 mar. 2015a. Disponível em: <http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2015/03/sp-hidrometros-registram-ar-em-vez-de-agua-e-geram-gastos-inexistentes.html>. Acesso em: 12 out. 2019.

TESTES avaliam aparelho que promete bloquear ar e baixar conta de água. *GI*. 15 mar. 2015b. Disponível em: <http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2015/03/testes-avaliam-aparelho-que-promete-bloquear-ar-e-baixar-conta-de-agua.html>. Acesso em: 09 out. 2019.

TSUTIYA, M.T. *Abastecimento de água*. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014. 643p.

WEISBACH, J. *Lehrbuch der Ingenieur und Maschinen Mechanik*, Vol. 1. Theoretische Mechanik, Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1845. 535p.

WHITE, Frank M. *Mecânica dos fluidos*. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 880p.