

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA HÍDRICA

DIEIMYS SANTOS RIBEIRO

AVALIAÇÃO DE PROFICIÊNCIA DE UM ELIMINADOR DE AR PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PONTO DE CONEXÃO RESIDENCIAL

Dissertação submetida ao programa de Mestrado profissional em Engenharia Hídrica como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Hídrica.

Área de Concentração: Gestão de Sistemas Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Barreira Martinez

Coorientadora: Prof. Dra. Marcia Viana Lisboa Martins

Abril de 2022

Itajubá – MG

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha filha Lara Mariano Ribeiro, espero que o esforço e dedicação empregados para a realização deste trabalho, sirvam de incentivo para demonstrar que as adversidades podem ser superadas e vencidas.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por ter me dado a grande oportunidade de estudar e ter a chance de realizar grandes conquistas em minha vida.

Agradeço também a minha esposa Edilaine Fátima Espolarhic Mariano Ribeiro e a minha filha Lara Mariano Ribeiro, que me incentivaram de todas as maneiras e sempre me apoiaram em todos os momentos.

Quero agradecer imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Barreira Martinez que me instruiu, corrigiu e incentivou durante esta jornada.

Agradeço a minha coorientadora, Prof^a. Dr. Marcia Viana Lisboa Martins, que sempre me incentivou e apoiou.

Agradeço meus amigos e colegas que me apoiaram ao longo do curso, em especial ao Eng. Adriano Silva Bastos, que incansavelmente escutou minhas considerações com paciência e atenção por longos períodos e me motivou a superar meus limites.

Agradeço ao Eng. Fagner Luiz Campos Cardoso que me auxiliou em todos ensaios realizados.

Agradeço a todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica, por todo o conhecimento transmitido e principalmente pelo suporte prestado.

A todos vocês, meu muito obrigado.

RESUMO

RIBEIRO, D.S. (2022), ***AVALIAÇÃO DE PROFICIÊNCIA DE ELIMINADORES DE AR PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PONTO DE CONEXÃO RESIDENCIAL***, Itajubá 133.p. Dissertação de Mestrado em engenharia Hídrica – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá.

Os sistemas de abastecimento de água no Brasil apresentam constantes eventos de desabastecimento, o que propicia a formação de bolsões de ar na rede. No momento em que as redes são colocadas para operar, esses bolsões de ar são conduzidos para os ramais de distribuição e passam pelos hidrômetros. Isso faz com que os hidrômetros contabilizem o ar como água aumentando a conta dos consumidores, o que tem motivado demandas judiciais contra as empresas de serviço de saneamento. Este trabalho apresenta um levantamento da eficiência de equipamentos eliminadores de ar, projetados para serem instalados em cavaletes de abastecimento de água. Dado a importância do assunto, este trabalho busca analisar a eficiência de dispositivos de eliminação de ar frente a ensaios em bancada que visaram a reproduzir situações de operação do dispositivo em campo. Tais ensaios contemplam pressões entre 10 e 50 m.c.a, pressões essas que visam a reproduzir as pressões máxima e mínima da rede de abastecimento estabelecidos na norma ABNT NBR 12218 (ABNT, 2017a). Para cada nível de pressão, os dispositivos foram ensaiados com vazões de 0,18 m³/h, 0,25 m³/h, 0,50 m³/h, 0,75 m³/h, 1,00 m³/h, 1,25 m³/h e 1,50 m³/h. As hipóteses de operação contempladas foram a de abastecimento de água, após o esvaziamento da rede e de ar diluído no escoamento. Os resultados obtidos nos experimentos com retorno de água após um período de desabastecimento do sistema apresentaram valores de rendimento que estão diretamente ligados aos requisitos de pressão e vazão. Por meio da análise dos dados, é possível identificar faixas de pressão e vazão nas quais o equipamento apresenta seu melhor rendimento, e ainda entender seu comportamento dentro de outros cenários de operação. Os ensaios de ar diluído (bifásico) demonstraram que os equipamentos analisados não conseguem eliminar o ar nessa condição, deixando que as bolhas diluídas passem pelos hidrômetros.

Palavras-chave: ar na rede; eliminadores de ar; eficiência.

ABSTRACT

RIBEIRO, D.S. (2022), **ASSESSMENT OF PROFICIENCY OF AIR ELIMINATORS FOR WATER DISTRIBUTION NETWORKS AT THE RESIDENTIAL CONNECTION POINT**, Itajubá 133 p. Master's dissertation in hydric engineering - Institute of Natural Resources, Federal University of Itajubá.

The water supply systems in Brazil present constant events of lack of supply, which leads to the formation of air pockets in the network. At the moment the networks are put into operation these air pockets are conducted to the distribution branches and end up passing through the hydrometers. This causes the water meters to count air as water, increasing the consumers' bills, which has led to lawsuits against the sewage companies. This paper presents a survey of the efficiency of air eliminator equipment designed to be installed in water supply trestles. Given the importance of the subject, this paper seeks to analyze the efficiency of air elimination devices against bench tests that aimed to reproduce situations of the device's operation in the field. These tests contemplate pressures between 10 and 50 m.c.a., pressures that aim to reproduce the maximum and minimum pressures of the supply network according to 12218 (ABNT, 2017a). For each pressure the devices were tested with flow rates of 0.18 m³/h, 0.25 m³/h, 0.50 m³/h, 0.75 m³/h, 1.00 m³/h, 1.25 m³/h, and 1.50 m³/h, the operating hypotheses considered were water supply, after emptying the network, and diluted air in the runoff. The results obtained in the experiments with water return after a period when the system was off-line showed performance values that are directly linked to the pressure and flow requirements. Through data analysis it is possible to identify pressure and flow ranges where the equipment presents its best performance and also understand its behavior within other operation scenarios. The diluted air tests showed that the analyzed equipment cannot eliminate the air and let the diluted bubbles pass through the hydrometers. In all cases the air eliminators showed leaks under some operating conditions.

Keywords: air in the network; air eliminators; efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Diagrama esquemático da bancada de ensaios..... | 31 |
| Figura 2 - Vista lateral direita da bancada de testes..... | 33 |
| Figura 3 - Vista lateral esquerda da bancada de testes..... | 33 |
| Figura 4 - Bomba hidráulica e reostatos. | 34 |
| Figura 5 – Hidrômetro..... | 35 |
| Figura 6 - Curva de correção dos hidrômetros. | 35 |
| Figura 7 - Imagem do medidor de vazão. | 36 |
| Figura 8 - Curva de correção do medidor de vazão..... | 37 |
| Figura 9 – Manômetro..... | 37 |
| Figura 10 - Compressor de ar..... | 38 |
| Figura 11a - Vista explodida do eliminador de ar 1/2” modelo “A”..... | 40 |
| Figura 11b - Vista explodida do eliminador de ar 3/4” modelo “B”..... | 40 |
| Figura 12 - Eliminador modelo C. | 41 |
| Figura 13 – Eliminador modelo D. | 42 |
| Figura 14 - Recipiente disposto abaixo do eliminador de ar. | 43 |
| Figura 15 - Pesagem do recipiente durante a bateria de testes | 45 |
| Figura 16 - Fluxograma do ensaio de estanqueidade..... | 47 |
| Figura 17 - Fluxograma do ensaio sob condições normais de operação..... | 51 |
| Figura 18 - Fluxograma do ensaio sob condições de retorno do fornecimento de água. | 56 |
| Figura 19 – Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador “A” de 1/2”..... | 58 |
| Figura 20 - Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador de ar “B” de 3/4”..... | 59 |
| Figura 21 - Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador de ar “C” de 3/4”..... | 61 |
| Figura 22 - Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador de ar “D” de 3/4”..... | 62 |

LISTA DE TABELAS

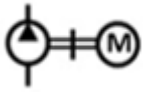
| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Condições hidráulicas dos ensaios..... | 44 |
| Tabela 2 - Registro de valores de ensaio | 46 |
| Tabela 3 - Condições dos ensaios..... | 49 |
| Tabela 4 - Tabela de ensaios | 50 |
| Tabela 5 - Condições para os ensaios de retorno do fornecimento de água..... | 54 |
| Tabela 6 - Tabela de registro dos valores de ensaios. | 55 |
| Tabela 7 - Eficiência do eliminador de ar “A” de $\frac{1}{2}$ ”..... | 57 |
| Tabela 8 - Eficiência do eliminador de ar “B” de $\frac{3}{4}$ ”..... | 59 |
| Tabela 9 - Eficiência do eliminador de ar “C” de $\frac{3}{4}$ ”..... | 60 |
| Tabela 10 -Eficiência do eliminador de ar “D” de $\frac{3}{4}$ ”..... | 62 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| UNIFEI | Universidade Federal de Itajubá |
| LTHE | Laboratório Thermo-Hidroelétrico |
| NBR | Norma Brasileira Regulamentadora |
| INPI | Instituto Nacional da Propriedade Industrial |
| ANA | Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico |
| ISO | Organização Internacional de Normalização |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia |
| CPH | Centro de Pesquisas Hidráulicas |
| UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais |
| UFB | Universidade Federal de Brasília |
| ADASA | Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal |
| CDTUnB | Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília. |
| MU | Modelo de Utilidade |
| PI | Patente de Invenção |
| PVC | Policloreto de vinila |
| PSI | força por polegada quadrada |
| HP | Potência necessária para elevar verticalmente à velocidade de 1 pé/min uma massa de 33,000 libras. |
| RPM | Rotação por minuto |
| dB | Decibéis |
| Pa | Pascal |
| H1 | Hidrômetro 1 |
| H2 | Hidrômetro 2 |
| Conmetro | Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| MG | Minas Gerais |

| | |
|---------|-------------------------|
| RJ | Rio de janeiro |
| By pass | Desviar |
| Tê | Derivação de um sistema |
| Nº | Numero |
| a.C | Antes de Cristo |
| m.c.a. | Metro de coluna de água |

LISTA DE SÍMBOLOS



Bomba Centrífuga.



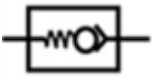
Manômetro.



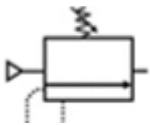
Válvula de gaveta.



Válvula de Esfera



Válvula de Retenção



Pressostato



Eliminador de Ar



Hidrômetro



Medidor de Vazão

SUMÁRIO

Sumário

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.2.1 | Objetivos Específicos..... | 15 |
| 1.3 | HIPÓTESE..... | 15 |
| 1.4 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 15 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 | Legislação..... | 17 |
| 2.2 | Estudos nacionais..... | 18 |
| 2.3 | Pedidos de patentes | 22 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 31 |
| 3.1 | Descrição da Bancada..... | 31 |
| 3.1.1 | Bomba hidráulica e reostatos..... | 34 |
| 3.1.2 | Hidrômetros..... | 34 |
| 3.1.3 | Medidor de vazão..... | 36 |
| 3.1.4 | Manômetros | 37 |
| 3.1.5 | Compressor de ar | 38 |
| 3.1.6 | Balança | 38 |
| 3.1.7 | Eliminadores de ar | 38 |
| 3.2 | Ensaio de estanqueidade | 43 |
| 3.3 | Ensaio em operação nominal..... | 48 |
| 3.3.1 | Simulação em condições normais de operação | 48 |
| 3.3.2 | Simulação em condições de retorno do fornecimento de água..... | 52 |
| 4 | RESULTADOS | 57 |
| 5 | CONCLUSÕES E SUGESTÕES | 63 |
| | APÊNDICES | 65 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| APÊNDICE A | 65 |
| APÊNDICE B | 86 |
| APÊNDICE C | 106 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 128 |

Capítulo 1

1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos, a água é imprescindível para o desenvolvimento humano. As primeiras obras para distribuição de água datam de 6.000 a.C. Na cidade de Knossos, na antiga Creta, por volta de 1.450 a.C. já se dispunha de condutos circulares forçados para distribuição de água (TSUTIYA, 2005). Ao longo da história, avanços no campo do saneamento foram expressivos, inclusive no que se refere ao tipo de material empregado para tal fim (PROCÓPIO, 2007) *apud* (TSUTIYA, 2005). No Brasil, o primeiro sistema de transporte de água remonta ao ano de 1.620, o aqueduto Rio Carioca, cuja obra tinha 270 metros de comprimento e 18 metros de altura (EOS, 2021).

Atualmente, os sistemas de distribuição são constituídos por ramais primários e secundários que interligam as residências ao sistema de tratamento de água. Os sistemas normalmente são extensos e percorrem uma topografia que favorece o acúmulo de ar na rede. Para isso, existem ventosas instaladas na rede em número e locais apropriados. Também, há de se considerar que o aumento do consumo de água associado, a falta de investimento, ações de manutenção e melhoria do sistema, ocasiona intermitência do fornecimento e a admissão de ar nas tubulações. Neste sentido, outros fatores como a falta de energia elétrica, vazamentos por rupturas e manutenções deficitárias contribuem para essa intermitência (LOPES, LARA e LIBÂNIO., 2011) .

Uma vez inserido no sistema, o ar ocupa o espaço que deveria ser preenchido por água. Quando ocorre a retomada normal da distribuição, o líquido impele o ar pra dentro do hidrômetro e este o contabiliza como líquido, segundo (FIGUEIREDO *et al.*, 2017). A proposta desta investigação tem como objeto: i) quantificar o volume de ar registrado nos hidrômetros instalados na rede de distribuição; e ii) verificar se os equipamentos eliminadores de ar são capazes de expulsar esse ar, de forma que este não seja contabilizado pelos hidrômetros. Para tanto, propõe-se aplicar uma metodologia que irá simular condições operacionais em laboratório, de modo que se possa medir a eficiência de dispositivos de eliminação de ar, diante de situações adversas que representem o cenário real de operação.

1.1 JUSTIFICATIVA

A retomada do processo de fornecimento de água após a interrupção do bombeamento de água tem como característica a formação de êmbolos de ar dentro do sistema. Nessas circunstâncias, esses êmbolos se movimentam dentro da tubulação e acabam sendo expulsos do sistema pelas ventosas instaladas na rede. Porém, o ar que não é expulso pelo sistema tende a ser expulso nos pontos finais da rede (torneiras, registros, caixas de água e afins). Isso pode ocasionar a contabilização de ar com uma sobretaxação, que além de não representar um consumo efetivo, se dá de forma aleatória e assimétrica.

Existem no mercado brasileiro equipamentos que, segundo seus fabricantes, eliminam ou bloqueiam a passagem desse ar. Uma pesquisa mostra que existem basicamente dois dispositivos desenvolvidos para esse fim: os eliminadores de ar e os bloqueadores de ar. As concessionárias de abastecimento de água não apoiam a implementação desses dispositivos para eliminação de ar, alegando que sua eficácia ainda não foi certificada (FIGUEIREDO *et al.*,2017), (LOPES, LARA e LIBÂNIO., 2011).

Como tal assunto ainda não se encontra pacificado e nem mesmo regulamentado, as concessionárias de fornecimento de água contrataram estudos demonstrando a ineficácia desses equipamentos de eliminação de ar. Por outro lado, as empresas que produzem tais equipamentos refutam os resultados obtidos nestes ensaios, alegando eficácia. Dentro desse contexto, esta investigação se propõe a testar em bancada de laboratório, dispositivos eliminadores de ar sob condições operacionais a serem definidas mediante a literatura existente, mapeando a eficiência da eliminação de ar na rede por meio desses dispositivos. Para isso, pretende-se utilizar de uma bancada de testes que simula as condições reais do sistema de abastecimento. A mesma, encontra-se instalada no Laboratório Thermo-Hidroelétrico (LTHE) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

1.2 OBJETIVOS

Análise da eficiência na utilização de um dispositivo de eliminação de ar na rede de distribuição de água.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Conceber, projetar, montar e caracterizar a bancada de testes para ensaiar os eliminadores de ar;
- Ajustar a metodologia de ensaios a serem efetuados;
- Ensaiar o sistema sob as condições de escoamento monofásico (somente água e somente ar) e escoamento bifásico (ar e água);
- Calcular a eficiência do eliminador de ar.

1.3 HIPÓTESE

É possível reduzir a sobretaxação oriunda da existência de ar nos sistemas de distribuição de água, por meio da instalação de eliminadores de ar individualizados.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No capítulo 1 será abordado um histórico sobre a importância da utilização da água para o desenvolvimento dos seres humanos, quando se originaram as primeiras obras de distribuição de água e os avanços ao longo da história mundial. Relata-se ainda as primeiras obras hidráulicas e seus avanços em solos Brasileiro, bem como os problemas da expansão da rede de distribuição de água até os dias atuais. Também são apresentadas situações que possam ocasionar a entrada de ar nas tubulações e o avanço em desenvolvimentos de equipamentos que minimizam os impactos de ar dentro do sistema e a necessidade de ensaios para validar sua aplicabilidade no sistema.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o assunto onde é apresentado normas, leis e trabalhos relevantes realizados sobre o tema abordado. Normas sobre equipamentos e condições de trabalho são explicadas detalhadamente, bem como ensaios laboratoriais realizados em dispositivos semelhantes e seus comportamentos quando inseridos no sistema de distribuição de água.

No capítulo 3, é possível ter um entendimento de todos os componentes que compõe a bancada de ensaios bem como seu posicionamento e sua funcionalidade dentro do sistema que visa a reproduzir todas as condições que o eliminador de ar encontrará em campo. Todos os procedimentos seguiram a ABNT NBR12128 (ABNT, 2017^a).

Dentro do capítulo 4, é possível analisar os resultados do dispositivo de eliminação de ar frente aos ensaios a que foi submetido e seu comportamento dentro de diferentes cenários.

O capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões sobre o tema de retirada de ar dentro de tubulações de fornecimento de água.

Todo material utilizado como referência bibliográfica é apresentado no capítulo 6.

O apêndice é composto pelos procedimentos operacionais de estanqueidade, condições normais de operação e retorno do processo de fornecimento de água, utilizados em todos os ensaios de eliminadores de ar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizada uma pesquisa em *sites* de trabalhos acadêmicos utilizando os seguintes termos: *air eliminator valve*, *air release valve*, *air separator*, *air valve*, *air admittance valve*, *air purge valve* ou uma combinação destas palavras com *house*, *home*, *water*, *water supply*, em casos em que não foram localizados textos na literatura internacional acerca desse problema. O assunto objeto dessa dissertação se configura como um problema fundamentalmente brasileiro. Para tanto, A seguir far-se-á uma descrição acerca desse assunto enfocando a Legislação vigente no Brasil. As publicações mais relevantes e os pedidos de patente no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

2.1 LEGISLAÇÃO

A Lei Nº 14.026 (BRASIL, 2020) de 15 de julho de 2020, que atualizou o “Marco Legal” do saneamento básico e atribuiu à Agência Nacional de Águas (ANA), agora Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), responsabilidades para normatizar os serviços de saneamento no país (BRASIL, 2020). Entre seus artigos e parágrafos, essa Lei institui metas de universalização do acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, com normas de eficiência e garantia de um bom serviço prestado. Contudo, onde o serviço de distribuição de água já está implementado, tem-se como desafio a garantia do abastecimento contínuo.

Segundo Batish (2003), países em desenvolvimento possuem alta intermitência em seus sistemas de distribuição de água, que são causados principalmente, por restrições econômico financeiras e por projetos deficientes. As causas mais comuns, que levam a este desabastecimento, se devem à forma de reinício de operação, a alta carga inicial da rede, aos picos de consumo, a alteração dos coeficientes de resistência e principalmente, à pressão negativa na rede.

A eficiência dos sistemas é objeto da ABNT NBR ISO 37.120 (ABNT, 2017b), que nos sub itens 21.1, 21.2, 21.3, 21.5, 21.6 e 21.7, trata de indicadores de qualidade sobre pontos específicos da prestação de serviço de abastecimento, sendo eles: i) porcentagem da população com acesso; ii) consumo per capita; iii) perdas e valor médio anual de horas de interrupção do abastecimento, entre outros (ABNT, 2017b). Portanto, a ineficiência da prestação de serviço de abastecimento, que pode resultar em períodos de desabastecimento já é objeto de preocupação do Legislador Nacional. Dentro da ABNT NBR 12.218 (ABNT, 2017a), que trata sobre Redes de Distribuição

de Água, nos subitens 5.4.1, 5.7.1 e 5.7.2 verifica-se limites de: i) pressões de serviço máximas e mínimas; ii) velocidades de escoamento máximas e mínimas; e iii) diâmetros das tubulações das redes de abastecimento. Esse conjunto de Normas visa a estabelecer as condições operacionais que asseguram um serviço de qualidade, e portanto, devem servir como parâmetros das condições de fornecimento de água conforme especifica a (ABNT, 1994).

Já a ABNT NBR 212 (ABNT, 1999), que define parâmetros de medidores velocímetros de água fria de até 15 m³/h, trata no seu subitem 5.1.1 dos erros máximos admissíveis em hidrômetros instalados na rede de distribuição e estabelece os limites de erros toleráveis quanto ao registro indicado no hidrômetro *versus* o volume real (ar na rede). A respeito da utilização dos eliminadores de ar, existe a Portaria 246 do INMETRO (BRASIL, 2000), que regulamenta e estabelece as condições as quais os medidores de volume (hidrômetros) com vazões nominais entre 0,6 m³/h e 15,0 m³/h estão sujeitos. Esta Portaria ainda especifica no item 9, subitem 9.4 que qualquer dispositivo adicional a ser instalado junto ao hidrômetro deve ser submetido à apreciação do órgão, com vistas a verificar se o mesmo influencia no desempenho da rede (BRASIL, 2000).

Concomitantemente, a Lei Nº 8.078 de 11 de setembro de 1990, que trata sobre a proteção do consumidor, em seu Artigo 39 § VIII, veda a comercialização de qualquer produto e serviço em desacordo com as normas, tanto da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), (BRASIL,1990). Portanto, sem a devida autorização das autoridades responsáveis, não é possível instalar um eliminador de ar em um ponto de conexão residencial.

2.2 ESTUDOS NACIONAIS

Diversos estudos demonstram que, quando há desabastecimento, ocorre o preenchimento da rede de distribuição com ar. No retorno da operação normal, este ar pode ser contabilizado no hidrômetro como volume de água entregue ao consumidor (LOPES, LARA e LIBÂNIO, 2011);, (FIGUEIREDO *et al.*, 2017). Este fato tem sido objeto de demandas judiciais há várias décadas, pois acaba gerando uma cobrança indevida dos consumidores. Nesse cenário, desde a década de 90, surgiram dispositivos que alegam eliminar ou obstruir o ar contido nos sistemas de distribuição

de água. Esses dispositivos são subdivididos em duas categorias, os eliminadores de ar, que são instalados a montante do hidrômetro e os bloqueadores de ar, instalados a jusante do medidor (FIGUEIREDO *et al.*,2017).

Nos últimos 30 anos, diversos estudos foram realizados a fim de comprovar a eficácia desses dispositivos. Podem ser citados a análise de (LOPES, LARA e LIBÂNIO, 2011), (TIAGO FILHO ,2007) e (FIGUEIREDO *et al.*, 2017).

Em (TIAGO FILHO, 2007), os autores utilizaram bancadas projetadas para simular uma rede de distribuição de água que foi instalada em laboratórios de hidráulica da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Nesta bancada, dois hidrômetros em série, intercalados com o dispositivo eliminador de ar foram utilizados para se obter a eficiência do equipamento em cenários que representariam a operação normal de uma rede de distribuição, incluindo o cenário de desabastecimento. Como conclusão, o estudo de (TIAGO FILHO, 2007) demonstrou que em condições normais de operação da rede, com escoamento bifásico, o eliminador não apresentou diferenças significativas nos volumes medidos pelos hidrômetros. Contudo, no cenário de desabastecimento e preenchimento de ar na tubulação, o eliminador apresentou eficiências de 7% a 88%, dependendo da vazão e pressão inseridas na tubulação.

Em (LOPES, LARA e LIBÂNIO, 2011), foi realizado um estudo em escala simulando um trecho de uma rede de distribuição de água com um ponto de conexão residencial. Para tanto, três experimentos foram realizados no Centro de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal de Minas Gerais (CPH/UFMG). Dois deles, com o objetivo de quantificar ar registrado no hidrômetro em condições normais de operação, e um experimento após um evento de desabastecimento (esvaziamento da rede). Neste sentido, o trabalho relata que, sob condições normais de operação, a quantidade de ar é comparável ao que é encontrado na água natural e que, portanto, não é necessário a instalação do eliminador de ar. Em contrapartida, quando o sistema de distribuição sofre um esvaziamento, no retorno da operação, há uma sobremedição de até 21% do volume registrado contra o volume real. No decorrer de seu estudo, foi identificado também que com uma menor vazão afluyente, há um maior volume de ar sendo registrado pelo hidrômetro. Essa observação sugere que os consumidores de menor faixa de consumo são os maiores prejudicados quando da ocorrência de um evento de desabastecimento.

O relatório de (FIGUEIREDO *et al.*, 2017), realizado na Universidade Federal de Brasília (UNB), um estudo envolvendo cinco bloqueadores de ar, um eliminador de ar

e uma ventosa foi realizado para determinar a eficiência desses dispositivos. A pesquisa, foi segmentada em duas partes. Uma de ensaio laboratorial em uma bancada que simula a rede de distribuição, e outra parte com a instalação in loco dos equipamentos na rede real de abastecimento em pontos estratégicos. A análise na bancada de testes contemplou a verificação da eficácia dos equipamentos em condições normais de operação, com apenas fluxo de água e fluxo misto (bifásico: ar e água), incluindo a condição crítica de esvaziamento e retorno da operação. Dentro deste experimento controlado, também foi analisada a perda de carga atribuída a inserção do equipamento no ponto de conexão e a possibilidade de contaminação da água. Como resultado, o estudo demonstrou que, no caso do eliminador de ar, a eficiência chega a 92% quando da tubulação preenchida somente com ar e de -2% a +3% quando da tubulação trabalhando somente com água ou com uma mistura de água e ar. Já os bloqueadores analisados se situaram entre -213% e +3%. Para o experimento in loco, a variação se demonstrou ser insignificante, situando-se entre -1,55% e +1,98%. O trabalho ainda conclui de forma geral que os bloqueadores de ar podem inserir uma grande perda de carga no sistema, podendo acarretar problemas no abastecimento do reservatório residencial e que os eliminadores de ar deixam o fluido vulnerável à contaminação por agentes patógenos.

De acordo com o trabalho de (LEAL e TEIXEIRA, 2004), foram instalados na cidade de Juiz de Fora – MG dez cavaletes em série aos hidrômetros da concessionária local. Os cavaletes eram compostos por dois hidrômetros e um eliminador de ar entre os dois, dos dez pontos selecionados para instalação, dois tinham históricos de abastecimento contínuo, enquanto os demais pontos tinham históricos de intermitência. Semanalmente eram coletados os dados de leitura para servirem como base de cálculo da eficiência do equipamento em campo. Além desse procedimento, foi realizado em laboratório o ensaio de contaminação do líquido interno da rede de abastecimento, os testes de contaminação foram realizados de três maneiras: i) gravidade, ii) vácuo em condição de estática, iii) vácuo em condição de dinâmica. Os autores, ao contrário dos demais citados, concluíram que o equipamento de eliminação de ar não traz benefícios significativos para o consumidor final. Também foi identificado nos ensaios de contaminação que o equipamento nas três condições ensaiadas apresentou contaminação do líquido interno da tubulação. No que tange a eficácia do equipamento, o autor constatou uma variação de -7,6% a 16,20% da eliminação do ar para o modelo de equipamento ensaiado nas condições descritas acima.

A falta de água cria uma pressão negativa na tubulação, quando isto ocorre o ar entra na rede de distribuição (FALVEY, 1980). Dependendo de uma velocidade mínima de deslocamento o ar consegue ser retirado da tubulação através de ventosas instalados na rede; porém, são instaladas em números ineficientes e locais inadequado (SOUZA et al., 2005). (BRITO; SILVA JUNIOR, 2015), apontam que os hidrômetros são sensíveis aos efeitos do ar dentro das tubulações de abastecimento; portanto, mesmo que a tubulação esteja preenchida com ar, ao realizar a abertura de um registro, o fluxo de ar é contabilizado como líquido.

O experimento em bancada de (SIRTOLI, WATABE SATO e BERTEMES FILHO, 2016) tinha como princípio a observação de dois hidrômetros instalados em série com a instalação de um compressor de ar entre eles. Foram analisadas três situações distintas, somente água (escoamento monofásico), ar e água (escoamento bifásico) e somente ar (escoamento monofásico). Como o volume de líquido e o volume de ar são controlados, a quantidade de ar expelida pelo equipamento foi definida pela diferença indicada nos dois hidrômetros. Quando o sistema foi ensaiado apenas com ar a diferença entre os hidrômetros foi de 462,5 litros; na condição bifásica houve uma diferença de 204 litros entre os hidrômetros; e no ensaio apenas com água, os hidrômetros apresentaram o mesmo resultado. (SIRTOLI, WATABE SATO e BERTEMES FILHO, 2016) concluíram que o hidrômetro tem uma sensibilidade significativa ao ar dentro da tubulação, conclusão essa compartilhada pelo trabalho de (LOPES, LARA e LIBÂNIO, 2011).

O artigo de (SOUZA *et al.*, 2005), apresenta um estudo do comportamento e eficiência de um dispositivo comercial eliminador de ar em condições de funcionamento na rede de distribuição de Campo Grande. Os resultados apresentados pelos autores indicaram que o emprego desse dispositivo naquela rede não apresentou influência significativa nas medições.

O relatório de (FIGUEIREDO *et al.*, 2017), descreve um conjunto de testes destinados a demonstrar que o uso de eliminadores de ar não devem ser usados em ramais prediais.

O artigo de (LOPES; LARA; LIBÂNIO, 2011) apresentou um estudo do volume de ar aferido pelos hidrômetros residenciais; este estudo investigou ventosas, bloqueadores de ar e válvulas eliminadoras de ar e concluiu que sob condições normais de operação da rede, o volume de ar medido pelos hidrômetros é comparável ao encontrado na água natural. Os autores também chegaram à resultados que indicam que à menor

vazão afluyente associa-se ao maior volume de ar aferido pelo hidrômetro, concluindo preliminarmente que os consumidores situados na menor faixa de consumo podem ser os mais prejudicados. A dissertação de mestrado de (PROCÓPIO, 2007) trata do mesmo assunto descrito acima que foi base para o artigo referente a essa dissertação”(LOPES; LARA; LIBÂNIO, 2011).

2.3 PEDIDOS DE PATENTES

Uma pesquisa de anterioridade mostra algumas patentes e tecnologias relacionadas a eliminadores de ar. Os pedidos de patente de invenção (PI) “PI- 0300206-3 A” (DAVID, 2005) ; “PI- 0204536-2 A” (SETUBAL; GONZALEZ, 2002); “PI 9705735-5 A” (ERNESTO; GONZALEZ, 2001); “C3 0000091-4” (GOIRIZ, 2004); “PI 0404777-0 A” (JATOBÁ, 1999); “PI 0304697-4 A” (RODRIGUES, 2004), referem-se a equipamentos e sistemas que operam como ventosas de simples e de dupla ação com variações construtivas principalmente, no que se refere ao formato do flutuador e ao sistema de retorno do flutuador à posição de fechamento do eliminador de ar que pode ser por gravidade ou acionado por molas; analisando-se a descrição dos sistemas apresentados nesse pedidos de patente percebe-se que eles não fazem referências ao problema de contaminação da rede de água por ação dos eliminadores de ar e das ventosas.

Os modelos de utilidade (MU) “MU 8101858-4 U2 (BOTTURA; RAVAGNANI; BOTTURA, 2003); “MU 73020900-7 U” (CAMPOS, 2007); “MU 7901811 -4 U” (CAMPOS, 2005a); “MU 7802531-1 U” (CAMPOS; SANTOS; MEIRELES, 2004); “MU 8102401-0 U2” (FERTONANI.; FERTONANI, 2006); “MU 8301492-6 U2” (PEREIRA, 1994); “MU 8300802-0 U2” (PEREIRA, 2000); “MU 8301285-0 U” (SACRAMENTO, 2004a); “MU 7801791-2 U” (CAMPOS; SANTOS; MEIRELES, 2004); “MU 8400843-1 U” (SANZ, 1996); “MU 7401566-4 U” (SILVA, 2003); “MU 8401091-6 U” (TURA, 2001a); “MU 8600837-4 U (TURA, 2005); “MU 8501863-5 Y1” (SANTOS; FELISBERTO, 1998) apresentam soluções similares as propostas em ventosas tradicionais, sendo que alguns deles apresentam pistões e outras configurações geométricas nos locais das câmaras de flutuação sem no entanto, fazer referência ao problema de contaminação da rede de abastecimento.

O modelo de utilidade “MU 7901812-2 U” (TURA, 2001b) apresenta um eliminador de ar equipado com um cilindro dotado de válvulas mecânicas cujo funcionamento permite a retirada do ar contido na rede hidráulica, ele também propõe a utilização de um elemento de obstrução da entrada da água para o sistema prevenindo uma

possível contaminação da água que flui pela rede de abastecimento, o problema de contaminação é resolvido por meio de uma obstrução mecânica.

O modelo de utilidade “MU 7900652-3 U (MATHIEU, 2000) refere-se a um sistema de controle de refluxo com sangria de ar que opera com uma válvula de desvio (do inglês *by pass*) fazendo que o ar passe por um caminho alternativo (*by pass*), evitando que o hidrômetro admita ar preservando o sistema e a rede de possíveis contaminações, uma vez que o circuito é fechado e não permite contato com o exterior; essa solução com válvula de desvio faz com que o ar passe por um ramal lateral (*by pass*), de forma que o medidor de água (hidrômetro) não admita ar no seu interior. O modelo de utilidade MU 8002884-5 U2 (COSTA, 2009) apresenta uma alternativa de disposição interna que modifica o mecanismo de funcionamento dos eliminadores tradicionais sem, no entanto, se ater ao problema de contaminação da rede.

O Modelo de utilidade MU 8801822-9 U2 (CONCEIÇÃO, 2012) apresenta uma disposição construtiva aplicada a um eliminador de passagem de ar em hidrômetro que funciona de forma similar a um bloqueador de ar que não permite que o ar entre no interior do hidrômetro reservando a passagem apenas para água; o sistema se propõe a evitar a contabilização do ar existente na rede, ele também não faz referência ao problema de contaminação da rede.

O modelo de utilidade “MU 8302884-6 U” (CAMPOS, 2005a), intitulado de “eliminador de ar de redes públicas de abastecimento de água com medidor do ar eliminado e à prova de contaminação externa” apresenta uma solução de expurgo de ar, onde um sistema do tipo “chapéu chinês” acoplado a eliminador de ar com um sifão impede a entrada de ar externo ou de objetos indesejados no circuito de ar.

O Modelo de Utilidade “MU 7302090'7 U” (PEREIRA, 1994) publicado em 17/05/1994 apresenta uma “disposição construtiva aplicada a eliminador de ar de hidrômetros” constituída de um corpo cilíndrico equipado com sistema de válvulas de escape de ar e boia acoplado a uma lâmina de bloqueio, que tem a função de direcionar o ar até uma chaminé de saída com furos, que permite que o ar saia do sistema; este sistema funciona de forma semelhante a uma ventosa. Entretanto, nesse caso o sistema de expurgo de ar é feito por uma lâmina e não uma esfera como em ventosas tradicionais, apesar de alegar que o expurgador de ar opera de forma conveniente, ele não faz menção a eficiência de retirada de ar da rede e nem menciona a influência da

velocidade do escoamento na ascensão das bolhas de ar e no funcionamento do eliminador de ar.

O modelo “MU 74015664 U” (SANZ, 1996), publicado em 04/06/1996, propõe um modelo de um “mini eliminador de ar de tubulações hidráulicas” que é feito utilizando-se de uma conexão “Tê” e um flutuador de corpo cilíndrico acoplado a uma agulha de vedação que funciona com o princípio de uma ventosa tradicional. Entretanto, o memorial descritivo dessa solicitação não cita o efeito da velocidade do escoamento na funcionalidade do eliminador de ar e não comenta a influência da pequena dimensão longitudinal do dispositivo na eficiência da retirada de ar do sistema.

A Patente de Invenção “PI 9602365-1 A” (SANTOS; FELISBERTO, 1998), publicada em 01/09/1998, propõe um “eliminador de ar” que utiliza uma caixa d’água de passagem blindada que permite a retirada de ar do sistema sob forma contínua. O pedido não deixa claro como se dará a retirada de ar da caixa blindada e não faz referência sobre a velocidade de passagem da água pelo sistema e qual a influência que isso pode ter na eficiência do referido sistema proposto.

A Patente de Invenção “ PI 9705735-5 A” (JATOBÁ, 1999), de 06/07/1999 “pistão eliminador de ar”, apresenta um dispositivo para ser instalado no cavalete da rede de saneamento que é composto de um cilindro com um pistão interno equipado com molas de retorno e com flutuadores esféricos que operam de forma similar a uma ventosa. Apesar da complexidade apresentada, o referido pedido de patente não faz alusão da influência da velocidade do escoamento na ascensão das bolhas de ar e na eficiência da retirada do ar do sistema ao qual se encontra acoplado.

O Modelo de Utilidade “MU 7900652-3 U” (MATHIEU, 2000), de 24/10/2000, apresenta um “sistema de controle de refluxo com sangria de ar” que tem um duto de derivação de ar, com arranjo similar a um duto em paralelo com o hidrômetro, que liga um dispositivo eliminador de ar tradicional, posicionado antes (a montante) do hidrômetro a uma válvula que o proponente denominou de válvula anti-refluxo localizada depois (a jusante) do hidrômetro. De acordo com a descrição desse MU, essa derivação impede que o ar passe pelo hidrômetro; entretanto, a descrição apresentada não deixa claro como funciona essa válvula anti-refluxo e nem como o sistema de derivação (*by-pass*) irá impedir que a água também passe por esse caminho não sendo contabilizada pelo hidrômetro; também, não faz alusão acerca da influência da velocidade do escoamento no interior dos dutos na ascensão das bolhas de ar.

O Modelo de Utilidade “MU 7901812-2 U” (TURA, 2001a), de 13/03/2001 descreve um “eliminador de ar em sistemas hidráulicos” com corpo cilíndrico dotado de válvulas mecânicas acionadas por boias e alavancas que se propõe a regular o nível de água no interior do cilindro permitindo apenas a passagem de água e permitindo a retirada do ar contido na rede hidráulica, a descrição do referido pedido não deixa claro como esse sistema irá operar, se limitando apenas a descrever um conjunto de subsistemas, alavancas e válvulas, a descrição desse MU não faz referência a eficiência do sistema e tampouco, sobre a velocidade de escoamento da água no seu interior.

O Modelo de Utilidade “MU 7901811-4 U” (TURA, 2001b) de 13/03/2001 apresenta um eliminador de ar em sistemas hidráulicos que guarda semelhanças com o “MU 7901812-2 U” (TURA, 2001a), descrito anteriormente e tem em seu interior, um cilindro dotado de válvula mecânica, cujo funcionamento permite a retirada do ar contido na rede hidráulica, bem como a obstrução da entrada da água para o sistema, internamente possui uma boia e mola de compressão que regula a pressão externa ao cilindro. Entretanto, o referido pedido não deixa claro como esse sistema irá operar se limitando apenas a descrever um conjunto de subsistemas, alavancas e válvulas; também, não faz referência a eficiência do sistema e tampouco, sobre a velocidade de escoamento da água no seu interior.

O pedido de patente “C2 0000091-4 E2” (ERNESTO; GONZALEZ, 2001) de 18/12/2001 descreve um aparelho de “eliminação do ar dos sistemas hidráulicos residenciais, comerciais e industriais” composto por corpo captador, regulador, tampa e com vedação contra entrada de fluidos externos à rede de captação de água. Esse pedido não descreve o funcionamento do aparelho e nem faz referência aos princípios de funcionamento do mesmo.

O Modelo de Utilidade “MU 7802531-1 U” (PEREIRA, 2000), publicado em 13/06/2000, descreve um dispositivo eliminador de ar para hidrômetros composto por uma carcaça dotada de acoplamentos para entrada e saída de água, e um sistema de bloqueio, que emprega uma boia em seu interior, na base desse sistema de bloqueio existe uma palheta cuja função é bloquear a passagem de ar para o hidrômetro. Esse ar, não encontrando saída, escapará para a atmosfera através do orifício existente na tampa do dispositivo, com a presença de água na tubulação, o sistema de bloqueio flutua, liberando a passagem da água para o hidrômetro, com a interrupção do fluxo de água, o sistema de bloqueio desce, permitindo o escape do ar, esse sistema; entretanto, não faz alusão ao efeito da velocidade do fluxo na eficiência do eliminador

de ar e nem nas dimensões mínimas para que o ar não passe pelo dispositivo sob vazões elevadas.

O pedido de patente “PI 9805286-1 A” (GOMES, 2000), de 12/09/2000, se refere a um “bloqueador e eliminador de ar em tubulações” e é constituído por duas caixas em PVC ou bronze, na primeira caixa há o bloqueador de ar, que possui em seu interior uma boia e uma válvula que impede o retomo da água, o eliminador de ar está alojado em uma segunda caixa e tem na sua parte superior um duto de escape para ar com tampa em forma de pirâmide, junto com um filtro contra impurezas. Em seu interior, possui uma esfera de cortiça que se desloca dentro de um cilindro seguro por braço de alavanca, que permite a abertura e fechamento do recipiente e o escape do ar. A descrição desse sistema não deixa claro quais os princípios de funcionamento do bloqueador e do eliminador de ar e omite as possíveis interferências da velocidade de entrada da água no sistema. Também, não faz alusão a eficiência do sistema e nem a forma de instalação das duas caixas.

O Modelo de Utilidade “MU 8002884-5 U2” (COSTA, 2009), de 19/02/2002 intitulado “disposição introduzida em dispositivo eliminador de ar para rede fluvial” descreve um aparato para ser utilizado em redes de abastecimento de água. O material publicado descreve apenas um conjunto de peças, mas não deixa claro e evidente como estas peças irão interagir e operar de forma a expurgarem o ar do sistema. Teve sua solicitação recusada em caráter terminal pelo INPI em 05/10/2010.

O pedido de Patente “C3 0000091-4” (SETUBAL; GONZALEZ, 2002) de 05/03/2002 “eliminação do ar dos sistemas hidráulicos residenciais, comerciais e industriais” se refere a um eliminador de ar com flutuador esférico e com membranas internas que operam de forma similar a uma ventosa. Esse dispositivo tem carcaça cilíndrica; entretanto, ao analisar o memorial descritivo do mesmo, não se identifica nenhuma alusão à velocidade do fluxo interno e nem as dimensões do aparato.

O Modelo de Utilidade “MU 8101858-4 U2” (SILVA, 2003), publicado em 01/07/2003 “EVIT-AR” é constituído por eliminador de ar com corpo arredondado que tem, em sua parte externa superior, um chapéu cônico que é acoplado no corpo do eliminador de ar, apresentando saídas para expelir o ar. Possui também, válvula de dupla ação dotada externamente de nervuras para facilitar seu rosqueamento e borracha de vedação, colocada na junção entre a válvula de dupla ação e o hidrômetro, para evitar vazamentos. É instalado no cavalete através de um “T”, evitando que o ar da rede seja contabilizado. Seu funcionamento é similar ao de uma ventosa. A descrição

mostra apenas fundamentos de operação, mas não descreve parâmetros dimensionais que correlacione sua funcionalidade às velocidades de escoamento e teve seu arquivamento mantido pelo INPI em 10/14/2012.

O Modelo de utilidade “MU 8102401-0 U2” (BOTTURA; RAVAGNANI; BOTTURA, 2003) de 11/02/2003 “aperfeiçoamentos em dispositivo eliminador de ar de hidrômetro” descreve um aparato constituído por carcaça de contenção na forma de calotas esféricas ligadas entre si por flanges radiais transpassadas por parafusos de fixação e porcas. A carcaça de contenção de ar apresenta uma abertura inferior que se encontra radialmente incorporada em um trecho de tubulação. É provida de uma peça móvel delgada que se desloca pela abertura inferior. Essa peça móvel tem na sua extremidade superior um formato tronco-cônico, que permite a sua passagem axial por uma sede de válvula fixada na parede superior do corpo superior da calota. Na sede de válvula, é acomodada uma esfera como elemento valvular que se desloca para cima e para baixo no interior de uma cúpula vazada por onde escapa o ar, seu funcionamento é similar ao de uma ventosa. A descrição deste pedido não faz referências as características dimensionais e nem a influência da velocidade da água no dispositivo na eficiência do sistema; o ultimo despacho desse pedido no INPI é de 22/11/2005.

O Modelo de Utilidade “MU 8301492-6 U2” (CAMPOS; SANTOS; MEIRELES, 2004) descreve um “eliminador de ar de redes públicas de abastecimento de água com medidor ou totalizador de vazão do ar eliminado” e tem como objetivo mensurar a quantidade de ar expelida pela rede pública, teve sua publicação em 14/12/2004.

O Pedido de Invenção “PI 0204536-2” (FERNANDES, 2002), “eliminador de ar de redes de abastecimento de água pública e de processos industriais” publicado em 08/06/2002 apresenta um sistema similar a uma ventosa, a proposta mostra um aparato constituído por uma carcaça cilíndrica com um flutuador também cilíndrico encimado por uma válvula troco cônica que tem a função de expulsar o ar da rede. A descrição desse aparato é bastante sumária e não traz nenhuma referência as características de velocidade de passagem da água e nem a eficiência esperada na retirada do ar do sistema.

O Modelo de Utilidade “MU 8300802-0 U2” (SACRAMENTO, 2004a), publicado em 14/12/2004, propõe um eliminador de ar, que funciona como uma ventosa e que faz referência a um sistema de descontaminação que veda a entrada de ar sob circunstâncias de cheias ou atos de terceiros. Entretanto, esse sistema não descreve

e nem cita as interferências causadas pela velocidade do escoamento na eliminação do ar da rede.

O Modelo de Utilidade “MU 8301285-0 U2” (SACRAMENTO, 2004b), publicado em 14/12/2004, também descreve um eliminador de ar a ser instalado em posição vertical em tubulação de água, tem seu funcionamento similar ao de uma ventosa. Tal como no pedido do Modelo de utilidade MU 8300802-0 U2, cita uma tampa anti-contaminação, mas não faz nenhuma descrição de como a mesma funciona. Esse sistema também não descreve e nem cita as interferências causadas pela velocidade do escoamento na ascensão das bolhas e na eliminação do ar da rede.

O Pedido de invenção, “PI 0404777-0 A” (RODRIGUES, 2004), intitulado “eliminador de ar em dutos hidráulicos”, publicada em 13/06/2004, descreve um aparato composto por uma câmara cilíndrica, contém duas válvulas eliminadora-retentoras (ou flutuadores), que realizam a função de eliminar o ar da tubulação e ao mesmo tempo retém a água quando da falta de abastecimento ou no caso da tubulação de distribuição de água estar esvaziada. Guarda similaridade com uma ventosa, mas tem seu princípio de funcionamento baseado em duas válvulas. A descrição apresentada pelo postulante, entretanto, não esclarece de forma derradeira como essas válvulas operam e nem faz alusão a velocidade de passagem da água no seu interior.

O Pedido de Invenção, “PI 0300206-3 A” (GOIRIZ, 2004) “eliminador de ar” de 19/10/2004 propõe um sistema de desvio do ar (*by pass*) baseado em um sistema fechado e que guarda semelhanças com o “MU 7900652-3 U” (MATHIEU, 2000) de 24/10/2000. Esse sistema possui um “Tê” instalado a montante do hidrômetro e acoplado a um eliminador de ar similar a uma ventosa; a saída dessas ventosas está ligada por meio de um duto a um outro “Tê” instalado logo a jusante do hidrômetro. Quando houver ar no sistema, espera-se que o mesmo seja desviado do hidrômetro, evitando com isso, que o ar seja contabilizado como água; entretanto, o postulante não descreve, de forma derradeira, como irá impedir que esse desvio (*by pass*). Também, não funciona como um conduto paralelo, permitindo a passagem de água sem a sua contabilização pelo hidrômetro, como se pode notar.

O Pedido de Invenção, “PI 0304697-4 A” (DAVID, 2005), que tem como título “dispositivo eliminador de ar aplicado em rede hidráulica” de 28/06/2005, tem seu funcionamento similar a uma ventosa tradicional e possui uma válvula unidirecional que bloqueia o retorno da água impedindo que o ar entre no sistema em eventos de falta de água ou de parada do sistema. O relatório descritivo não faz alusão às

relações dimensionais do eliminador de ar em função da velocidade de passagem de água na ascensão das bolhas de ar.

O Modelo de Utilidade “MU 7801791-2 U” (TURA, 2005) de 21/06/2005 propõe um sistema eliminador de ar composto por um flutuador similar a uma ventosa acoplado a uma câmara separadora de ar. No relatório descritivo existe apenas um detalhamento das partes constitutivas do aparato, mas não existe nenhuma referência ou correlação entre as dimensões e a velocidade de passagem da água na ascensão das bolhas de ar.

O Modelo de Utilidade “MU 8400843-1 U” (CAMPOS, 2005b) propõe que os hidrômetros tradicionais venham acoplados a um eliminador de ar em uma peça única, essa proposta faz referência apenas a um arranjo construtivo. O Modelo de utilidade “MU 8302884-6 U” (CAMPOS, 2005a), de 26/07/2005 denominado “eliminador de ar de redes públicas de abastecimento de água com medidor do ar eliminado e à prova de contaminação externa” propõe a utilização de um sistema de 'chapéu chinês' ou 'sifão invertido' que, em caso de submersão cria um bolsão de ar que protege e bloqueia a entrada de água no eliminador de ar. O relatório descritivo apresenta um conjunto de soluções para evitar a contaminação da rede, mas não faz referência ao funcionamento do eliminador de ar e nem correlaciona a velocidade de passagem da água à eficiência do aparato.

O Modelo de utilidade “MU 8401091-6 U” (FERTONANI.; FERTONANI, 2006), intitulado “disposição construtiva aplicada em conjunto eliminador de pressão de ar em hidrômetros”, apresenta um dispositivo similar a uma ventosa equipada com diafragma, mola de retorno, dispositivo retentor e válvula de respiro e flutuador. O relatório descritivo traz uma relação de componentes, mas não elucida de forma derradeira como o dispositivo opera, também não faz alusão à velocidade da água no seu interior e qual influencia na sua efetividade, apenas cita um dado de redução de volume contabilizado sem, no entanto, mostrar como esse valor foi obtido.

O Modelo de utilidade “MU 8600837-4 U” (CAMPOS, 2007), que tem o título, “disposição introduzida em eliminador de ar para rede de distribuição de água”, apresenta um aparato similar a uma ventosa equipada com uma válvula especial que permite o expurgo de ar e um tampão de vedação contra agentes de contaminação externa. Ao analisar o relatório descritivo não se consegue identificar qual a forma operativa dessa válvula especial e nem como o referido tampão de vedação vai

funcionar, também não se identifica nenhuma referência a velocidade do escoamento no interior do dispositivo.

O Modelo de utilidade “MU 8801822-9 UZ” (CONCEIÇÃO, 2012), “disposição construtiva aplicada em eliminador de passagem de ar em hidrômetro” apresenta um sistema destinado a bloquear a passagem de ar pelos ramais de alimentação e é composto por um conjunto de peças e elementos que são acionados pela pressão hidráulica e por um conjunto de molas.

A Patente de Invenção “PI 9702755-3” (SOUSA, 1999) apresenta um “dispositivo bloqueador de entrada de ar para hidrômetros” que funciona como uma válvula de retenção.

O Modelo de utilidade “MU 8501863-6 Y1” (SANTOS, 2014), com data de concessão de 30/12/2014 e intitulado “conjunto eliminador de ar da rede de água em tubulações hidráulicas”, descreve um equipamento destinado a bloquear o ar em redes de distribuição liberando-o lentamente, e isso faz com que o hidrômetro apenas contabilize a água que passa no sistema. O proponente descreve que esse dispositivo é constituído por um conjunto de peças, pistões, orifícios calibrados e molas e deve ser instalado depois do hidrômetro.

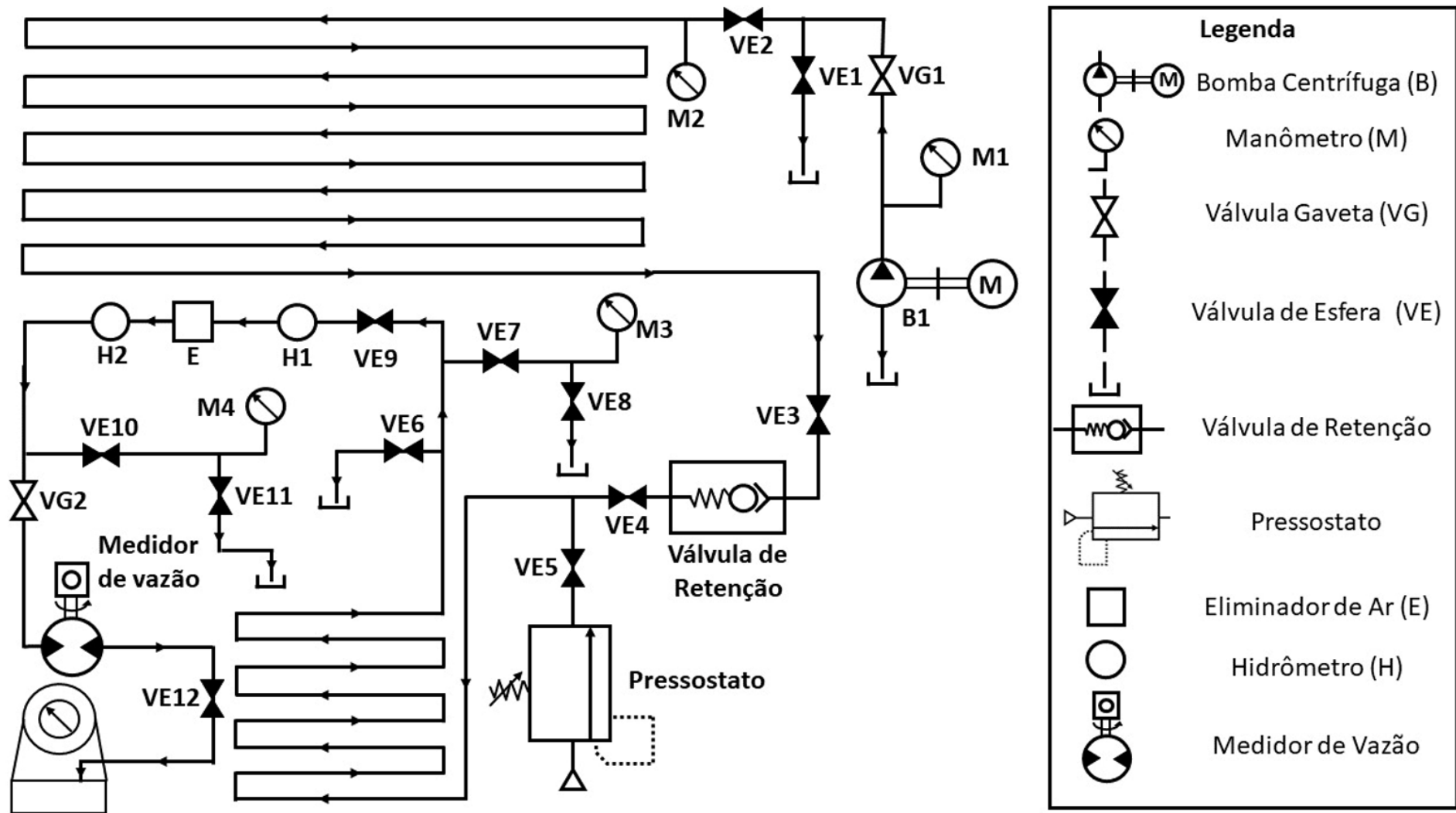
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA BANCADA

A bancada de testes de proficiência em eliminadores de ar é composta por três tubulações de diâmetros de 4", 2" e ½", uma bomba hidráulica e quinze válvulas que são utilizadas para a operação da bancada. Para cada tipo ensaio são necessárias diferentes sequências de posicionamento das válvulas. A bancada conta com cinco manômetros com escala de 0 a 10 bar com divisão de 0,2 bar, Classe A. Conforme pode ser observado na Figura 1, o manômetro 1 está instalado na saída da bomba, o manômetro 2, no início da tubulação secundária, o manômetro 3 na entrada do cavalete e o manômetro 4 foi instalado na saída do cavalete.

A bancada é composta por um segmento de tubulação de 4" com 12 m de comprimento que simula a rede principal de distribuição de água, o segundo segmento é de 2", com 40 m de extensão, que simula a rede secundária de distribuição, seguida por uma tubulação de ½" com 44 m, que simula a ligação da residência a rede de distribuição. A bancada está interligada a um sistema de bombeamento a montante e um dispositivo de medição volumétrica a jusante, este último composto por um suporte onde foram instalados o recipiente e uma balança utilizados para pesagem do fluido. O dispositivo de eliminação de ar está instalado no cavalete entre os dois hidrômetros de forma que se consiga realizar os ensaios de operação nominal do dispositivo. A faixa operacional dos dois hidrômetros, se situa entre 0,15 e 1,5 m³/h. Após a saída do cavalete, foi instalado o um medidor de vazão com faixa de medição entre 1 e 25 l/min e com pressão máxima de trabalho de 1.75 m.c.a. Os ensaios contemplam pressões entre 10 m.c.a e 50 m.c.a conforme a ABNT NBR 12218 (ABNT, 2017a). Os ensaios são realizados com intervalos de vazão de 0,25 m³/h. A bancada também dispõe de um compressor de ar com valores máximos de vazão e de pressão iguais à 160 l/min e 115 PSI, respectivamente, utilizado para preenchimento da tubulação nos ensaios. Nas Figuras 2 e 3 apresenta-se as fotos das bancada montada no laboratório.

Figura 1 - Diagrama esquemático do circuito de ensaios.



Fonte: Autor (2021).

A bancada foi caracterizada para a realização de ensaios e foi verificada a funcionalidade e estanqueidade da mesma. Para tanto, foi realizado um teste sem a presença do dispositivo de eliminação de ar, em que foram medidos os valores da vazão nos dois hidrômetros instalados, confrontando-se os resultados obtidos. Todos os ensaios respeitaram a ABNT NBR 12218 (ABNT, 2017a) itens 5.4.1, 5.7.1 e 5.7.2, que tratam das pressões máximas e mínimas de serviço, das velocidades de escoamento máximas e mínimas e dos diâmetros das tubulações das redes de abastecimento. Ao fundo das Figuras 2 e 3, destacam-se a tubulação de 2" na cor verde. Na parte inferior da banca, está instalado a tubulação de 1/2" na cor azul e o ponto de entrada de ar no canto inferior direito.

Figura 2 - Vista lateral direita da bancada de testes.



Fonte: Autor (2021).

Figura 3 - Vista lateral esquerda da bancada de testes.



Fonte: Autor (2021).

3.1.1 Bomba hidráulica e reostatos

A bomba de água é da marca Oerlikon®, possui capacidade de recalque de 20 m³/h e altura manométrica de 100 m.c.a. Possui dois reostatos variáveis da marca Oerlikon® que são utilizados para o controle de pressão e vazão da bomba. Um dos reostatos é utilizado para ajustes mais robustos e o segundo utilizado para ajustes finos, conforme a Figura 4. O segmento de recalque possui dimensão de 14 metros e diâmetro de 4”.

Figura 4 - Bomba hidráulica e reostatos.



Fonte: Autor (2021).

3.1.2 Hidrômetros

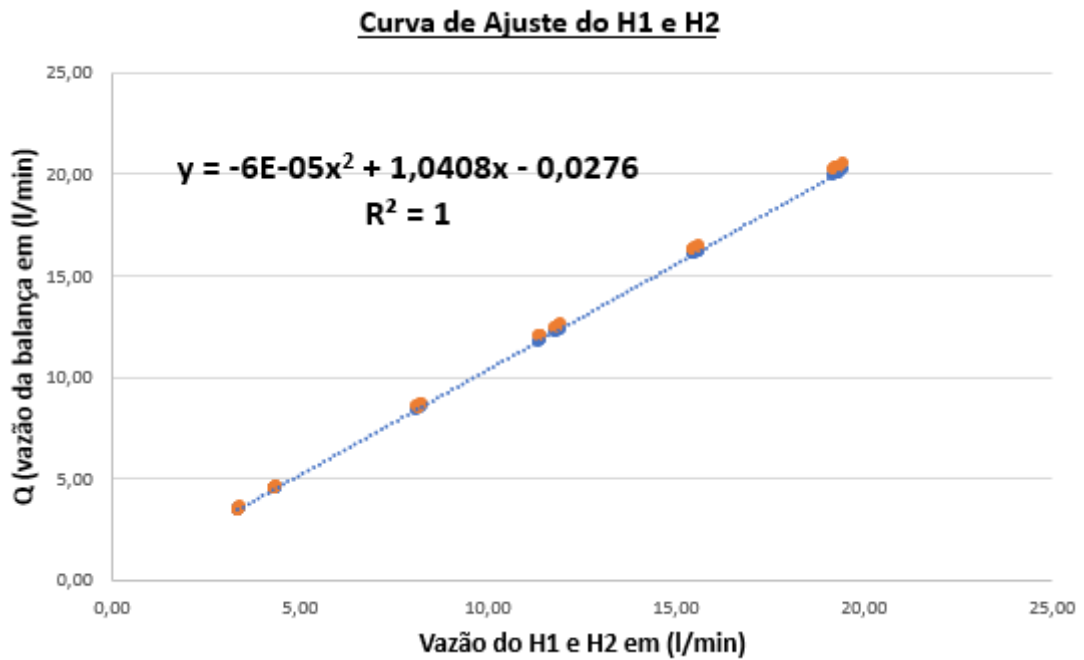
Os dois hidrômetros usados nos ensaios foram da marca FAE®, classe B, magnéticos e vazão máxima de 1,5 m³/h, Figura 5. Para se obter maior precisão nos ensaios fez-se o levantamento da curva de correção dos hidrômetros, conforme a Figura 6. Para tanto, os hidrômetros foram submetidos a pressões e vazões distintas durante um determinado tempo. Toda água usada durante o ensaio foi reservada em um recipiente e este por sua vez pesado e seus valores anotados. As leituras dos hidrômetros foram anotadas no início e final de cada ensaio e os valores comparados com o pesado. Assim, foi possível traçar a curva de correção dos equipamentos. Foram realizados ensaios nas pressões máximas e mínimas da norma (ABNT, 2017a), respectivamente, 10 m.c.a. e 50 m.c.a.

Figura 5 – Hidrômetro.



Fonte: Autor (2021).

Figura 6 - Curva de correção dos hidrômetros.



Fonte: Autor (2021).

3.1.3 Medidor de vazão

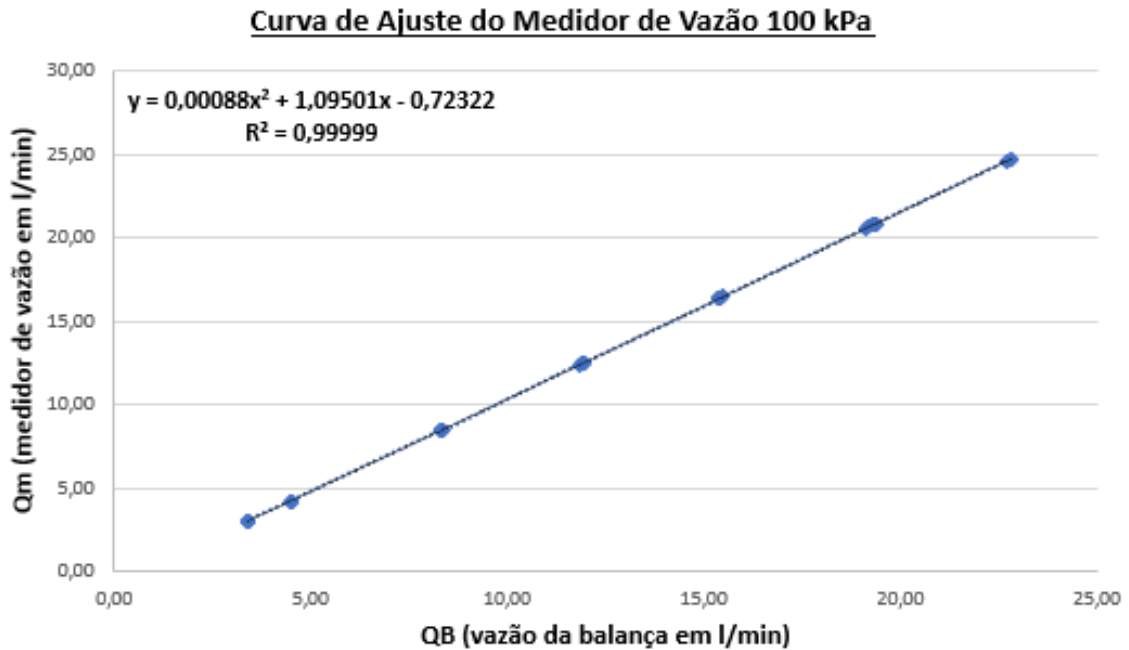
O medidor de vazão utilizado nos ensaios foi da marca Louchen ZM®, com pressão máxima de 170 m.c.a. e fluxo máximo de 25 l/min, Figura 7. O medidor de vazão foi instalado logo após uma válvula de gaveta utilizada para ajustar a vazão no equipamento. Na bancada, o medidor de vazão está disposto logo após o segundo hidrômetro. Para levantamento da curva de correção do equipamento, foi realizado uma série de testes semelhantes aos ensaios de ajustes dos hidrômetros. Para cada vazão, toda a água utilizada no experimento era reservada em um recipiente e posteriormente pesada para comparação dos dados obtidos no medidor de vazão durante os ensaios. Com os dados em mãos, foi possível levantar a curva de correção do equipamento, como pode ser analisado na Figura 8.

Figura 7 - Imagem do medidor de vazão.



Fonte: Autor (2021).

Figura 8 - Curva de correção do medidor de vazão.

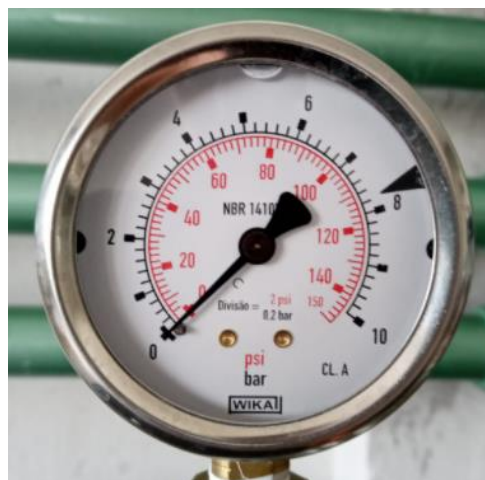


Fonte: Autor (2021).

3.1.4 Manômetros

Os manômetros utilizados são da marca WIKA® com as seguintes características: pressão máxima de 10 bar, divisão de 0,2 bar, classe A, rosca de 1/4", visor em vidro, glicerinado, temperatura máxima de utilização de 50 Graus *Celsius*, medição de fundo de escala de 7,8 bar, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Manômetro.



Fonte: Autor (2021).

3.1.5 Compressor de ar

O compressor de ar da marca Vulcan®, modelo VC25-1 tem as seguintes características: vazão máxima de 160 l/min, pressão máxima de 115 *PSI*, tanque com 25 litros de capacidade, potência de 2,5 HP, rotação de 3.450 RPM, nível de ruído de 95 dB. A Figura 10 apresenta o compressor de ar.

Figura 10 - Compressor de ar.



Fonte: Autor (2021).

3.1.6 Balança

A balança utilizada para pesagem mássica realizada nos ensaios é da marca Elgin®, modelo DP-3005 e suas características são: capacidade máxima de 30 Quilogramas, carga mínima de 100 gramas, com divisão de 5 gramas. As dimensões do prato de pesagem são 340 mm x 240 mm, possui bateria interna com duração de até 40 horas,

3.1.7 Eliminadores de ar

São dispositivos instalados antes do hidrômetro para expelir o possível ar da rede de abastecimento, antes que o ar seja contabilizado como água. Geralmente, são confeccionados utilizando boias e flutuadores que expõem o ar e conduzem água para o seu destino. Os equipamentos ensaiados tem modelos de flutuadores com formatos variados e tais formatos impactam diretamente em seus rendimentos.

3.1.7.1 Eliminadores modelos A e B

Os eliminadores de ar têm seu comportamento de funcionamento muito semelhante à de uma ventosa, todo feito de polipropileno e hermeticamente fechado. Na parte interior eles possuem um flutuador que se eleva com a passagem de água pelo seu interior e dois orifícios que são responsáveis por conduzir o ar até um orifício primário que fica na parte superior dos eliminadores de ar. À medida que a água ocupa a câmara onde o flutuador fica, o orifício primário é selado, impedindo que haja expulsão de líquido. Acima do dispositivo descrito existe uma esfera em aço responsável por selar o equipamento contra entrada de ar em situações de pressão negativa na rede de abastecimento. Os modelos ensaiados têm todas as características idênticas, diferenciando apenas os orifícios de conexão no sistema, que podem ser de $\frac{1}{2}$ ", modelo "A", ou $\frac{3}{4}$ " modelo "B", conforme pode ser observado nas Figura 11a e 11b.

Figura 11a - Vista explodida do eliminador de ar 1/2" modelo "A".

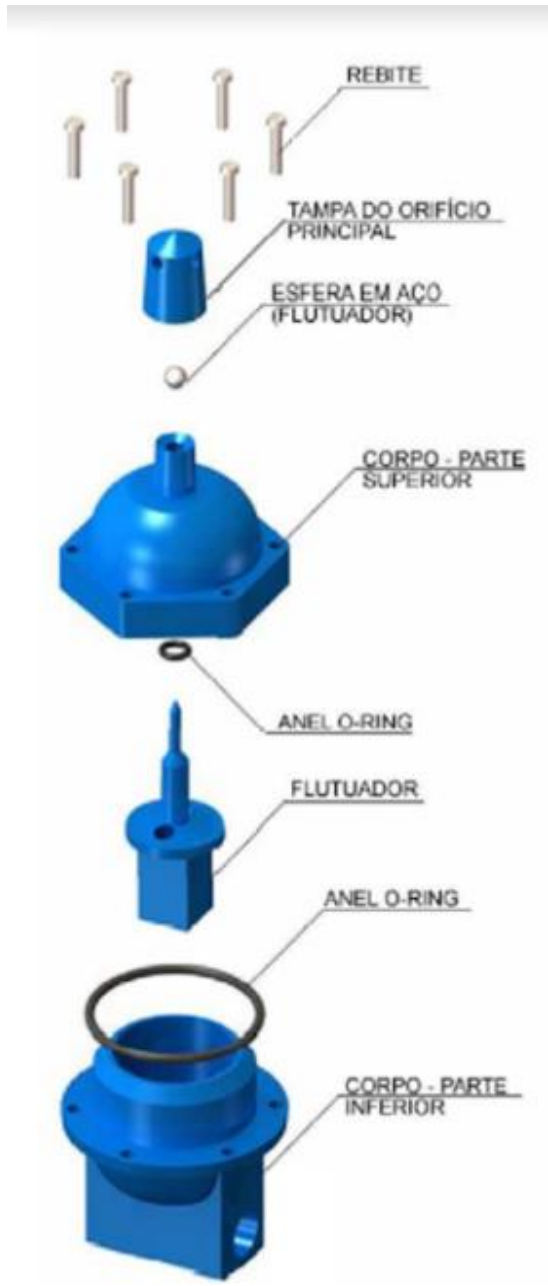
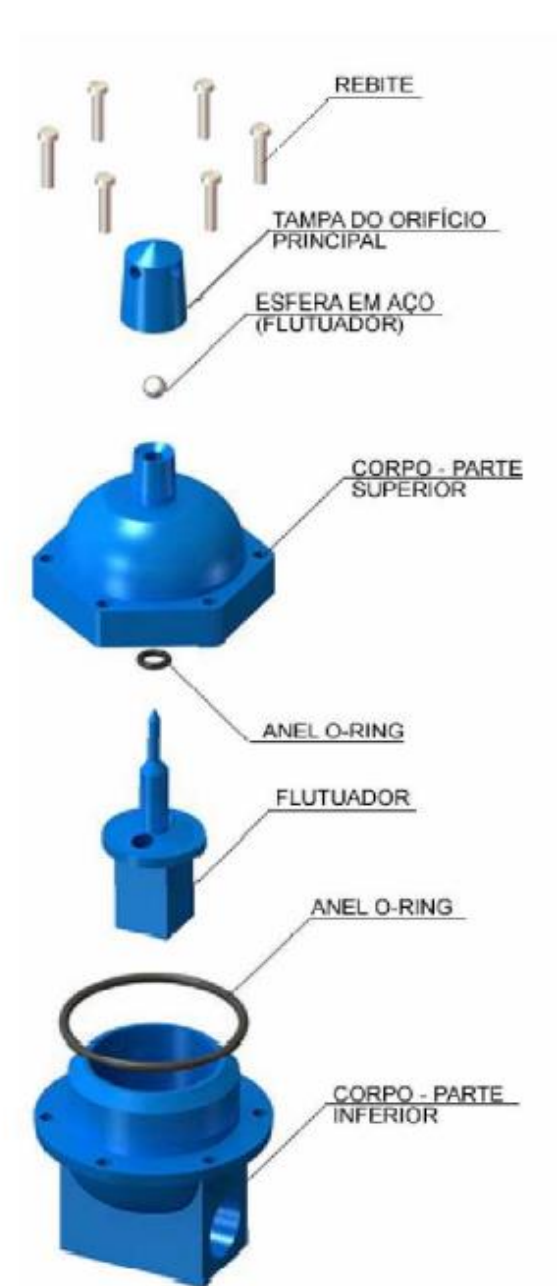


Figura 11b - Vista explodida do eliminador de ar 3/4" modelo "B".



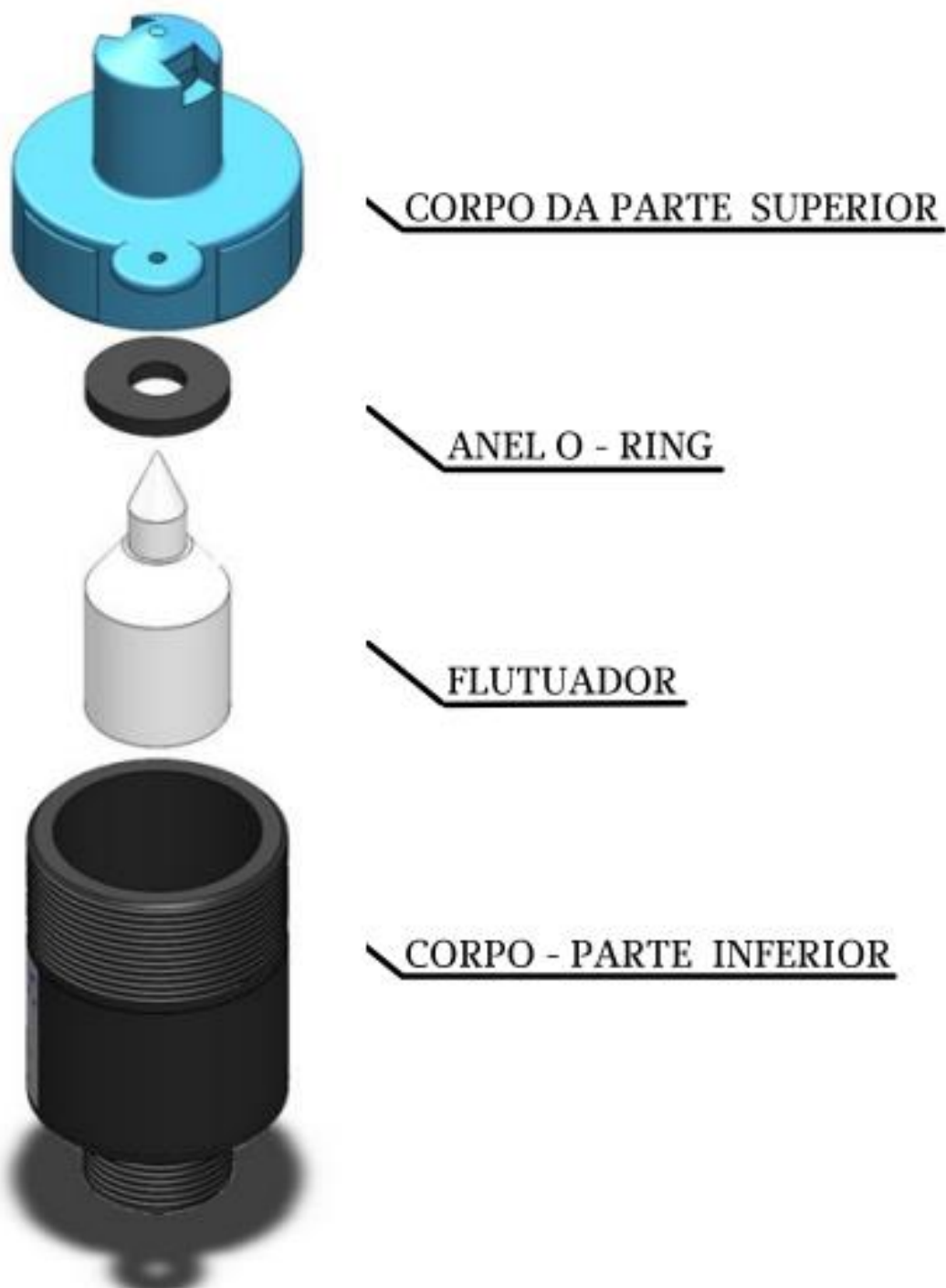
Fonte: Autor (2021).

3.1.7.2 Eliminador modelo C

O eliminador de ar "C" tem sua atuação semelhante aos modelos "A" e "B", sua estrutura é toda composta por polipropileno e hermeticamente fechado. Na parte interior, o equipamento possui um flutuador diferente dos modelos A e B, o flutuador tem uma ponta aguda e um anel de vedação que alavanca com a passagem de água

pelo seu interior, o ar é conduzido pelo espaço entre o flutuador e a carcaça do equipamento até um orifício primário que fica na parte superior do eliminador de ar, este modelo em questão não dispõe de câmara secundária. À medida que a água ocupa a câmara onde o flutuador fica, o orifício de retirada do ar é selado, impedindo a saída de água do sistema, conforme pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Eliminador modelo C.

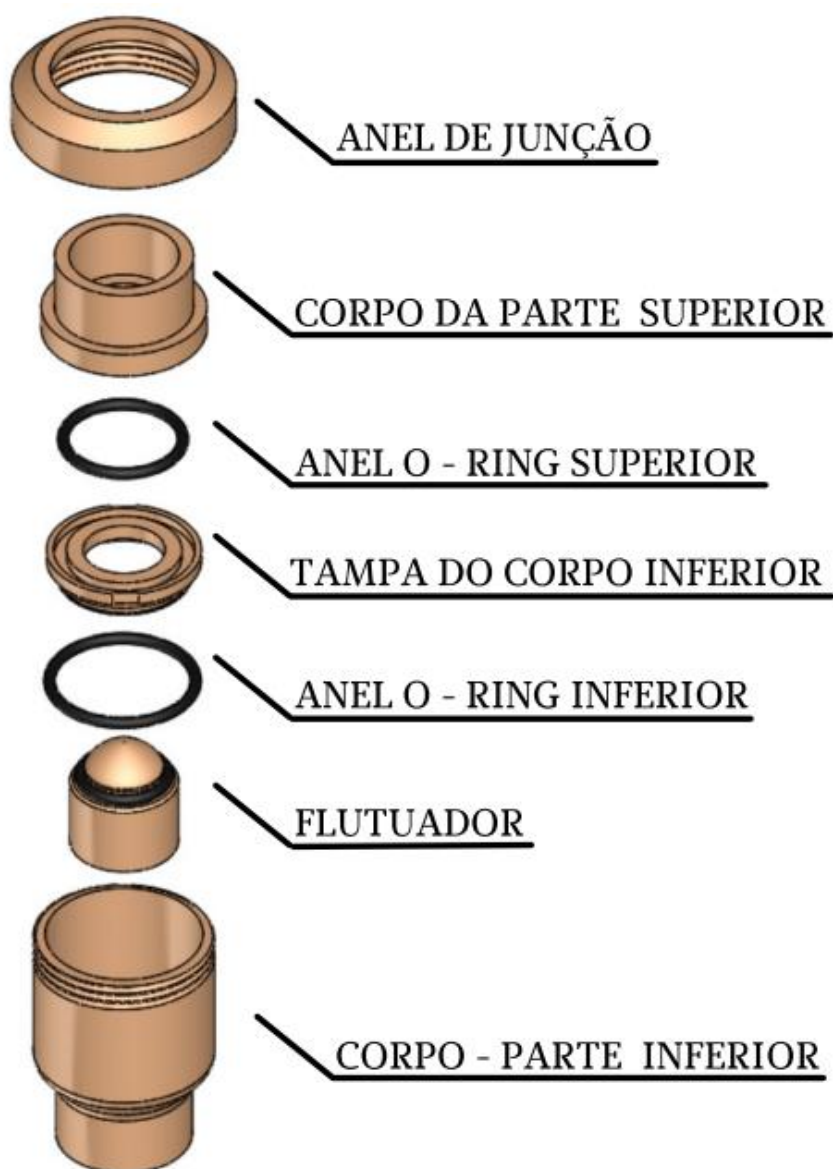


Fonte: Autor (2021).

3.1.7.3 Eliminador modelo D

O eliminador de ar modelo D, é confeccionado em polipropileno, tem seu funcionamento relacionado diretamente com a atuação de seu flutuador, que diferente dos outros modelos tem o flutuador com uma cabeça cilíndrica e, sua operação é similar à de uma ventosa. Em situações de desabastecimento da linha o flutuador movimenta-se para baixo, abrindo o orifício de escape de ar. Na passagem de água pela tubulação, o flutuador sobe e sela a passagem de saída do ar, este modelo também não dispõe de câmara secundária e nem de orifícios para expulsão do ar, conforme a figura 13 demonstra.

Figura 13 – Eliminador modelo D.



Fonte: Autor (2022).

3.2 ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

O ensaio de estanqueidade dos dispositivos eliminadores de ar, consiste em verificar se durante a operação dos equipamentos há escape de água pelo dispositivo. Para realização do ensaio o dispositivo deve ser instalado entre os dois hidrômetros da bancada de teste (Figura 14) e, submetido às condições de pressão máximas de serviço e das velocidades máximas e mínimas de escoamento da rede de distribuição, estabelecidas nos itens 5.4.1 e 5.7.1 na ABNT NBR 12.218 (ABNT, 2017a).

Figura 14 - Recipiente disposto abaixo do eliminador de ar.



Fonte: Autor (2021).

Durante o ensaio, deve-se posicionar um recipiente abaixo dos equipamentos para captação de líquidos que possam ser expelidos pelos dispositivos durante os testes. O ensaio de estanqueidade do dispositivo eliminador de ar é realizado considerando o mesmo tempo de ensaio em todas as condições de vazão e pressão estabelecidas, o tempo definido foi de 300 segundos, tempo esse necessário para que a água percorra todo o circuito independentemente da pressão e vazão ensaiadas. Os testes contemplam os seguintes intervalos de vazão: 0.18, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 e 1.5 m³/h e pressões variando em intervalos de 10 m.c.a entre 10 e 50 m.c.a e com tempo de 300 segundos. A Tabela 1 apresenta a sequência e os parâmetros dos ensaios.

Tabela 1 - Condições hidráulicas dos ensaios.

| ETAPAS | VAZÃO DE ENSAIOS (m³/h) | PRESSÃO DE ENSAIO (kPa) | TEMPO (segundos) |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,18 | 100 | 300 |
| 2 | 0,25 | 100 | 300 |
| 3 | 0,50 | 100 | 300 |
| 4 | 0,75 | 100 | 300 |
| 5 | 1,00 | 100 | 300 |
| 6 | 1,25 | 100 | 300 |
| 7 | 1,50 | 100 | 300 |
| 8 | 0,18 | 200 | 300 |
| 9 | 0,25 | 200 | 300 |
| 10 | 0,50 | 200 | 300 |
| 11 | 0,75 | 200 | 300 |
| 12 | 1,00 | 200 | 300 |
| 13 | 1,25 | 200 | 300 |
| 14 | 1,50 | 200 | 300 |
| 15 | 0,18 | 300 | 300 |
| 16 | 0,25 | 300 | 300 |
| 17 | 0,50 | 300 | 300 |
| 18 | 0,75 | 300 | 300 |
| 19 | 1,00 | 300 | 300 |
| 20 | 1,25 | 300 | 300 |
| 21 | 1,50 | 300 | 300 |
| 22 | 0,18 | 400 | 300 |
| 23 | 0,25 | 400 | 300 |
| 24 | 0,50 | 400 | 300 |
| 25 | 0,75 | 400 | 300 |
| 26 | 1,00 | 400 | 300 |
| 27 | 1,25 | 400 | 300 |
| 28 | 1,50 | 400 | 300 |
| 29 | 0,18 | 500 | 300 |
| 30 | 0,25 | 500 | 300 |
| 31 | 0,50 | 500 | 300 |
| 32 | 0,75 | 500 | 300 |
| 33 | 1,00 | 500 | 300 |
| 34 | 1,25 | 500 | 300 |
| 35 | 1,50 | 500 | 300 |

Fonte: Autor (2021).

Ao final de cada ciclo, é necessário fazer uma inspeção visual no recipiente e caso haja líquido no mesmo, esse deve ser pesado, medido e registrado conforme apresentado na Figura 15. Os dados registrados foram utilizados para mensurar se houve o desperdício de água por meio do dispositivo durante sua operação nas condições determinadas. A partir desses dados, é possível obter a faixa de funcionamento ideal. Os ensaios de estanqueidade dos dispositivos devem respeitar o mesmo tempo de ensaio em todas as etapas. Ao final de cada ciclo foi realizada uma inspeção visual nos recipientes e, caso existisse líquido, esses recipientes eram pesados e seus valores medidos e anotados na Tabela 2.

Figura 15 - Pesagem do recipiente durante a bateria de testes



Fonte: Autor (2021).

Tabela 2 - Registro de valores de ensaio

| Pressão | | Tempo de ensaio | Peso da massa de água (gr) | | |
|----------------|--------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| Ensaio | Vazão | | (PVI) (gr) | (PVF) (gr) | Diferença |
| 1 | 0,18 | 300 | | | |
| 2 | 0,25 | 300 | | | |
| 3 | 0,50 | 300 | | | |
| 4 | 0,75 | 300 | | | |
| 5 | 1,00 | 300 | | | |
| 6 | 1,25 | 300 | | | |
| 7 | 1,50 | 300 | | | |

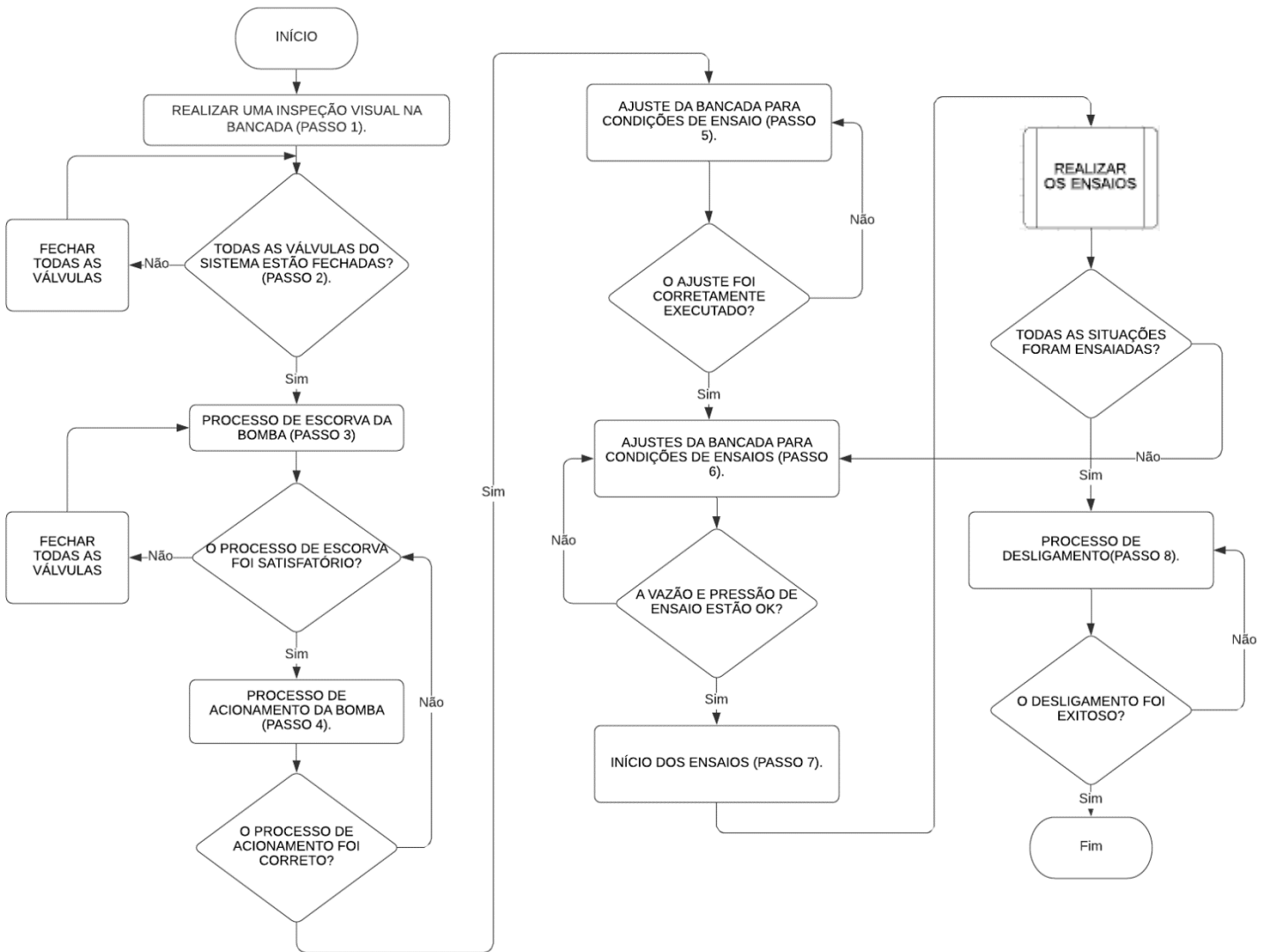
Fonte: Autor (2021).

Onde:

- PVI – Peso do recipiente inicial;
- PVF – Peso do recipiente final;
- $Dif = PVF - PVI$;

. O procedimento operacional padrão descrito no Apêndice (a) apresenta detalhes desse ensaio. A Figura 16 apresenta o fluxograma do ensaio de estanqueidade.

Figura 16 - Fluxograma do ensaio de estanqueidade.



Fonte: Autor (2021).

Os dados iniciais e finais de cada bateria de ensaios deveriam ser registrados na Tabela 2. Esses procedimentos permitiram calcular a perda de água do dispositivo durante sua operação e analisar seu comportamento de trabalho em vazões e pressões distintas. Na sequência, o recipiente foi todo higienizado, para dar andamento na próxima bateria de ensaios.

3.3 ENSAIOS EM OPERAÇÃO NOMINAL

O procedimento operacional padrão descrito no Apêndice (b) apresenta as etapas para realização do teste, em bancada de laboratório, de dispositivos eliminadores de ar sob condições operacionais de funcionamento, com a finalidade de mapear a eficiência da eliminação de ar na rede por meio desses dispositivos. Os ensaios foram realizados com intervalos de vazão de 0,25 m³/h. Os ensaios contemplaram pressões entre 100 kPa e 500 kPa conforme a ABNT NBR 12.218 (ABNT, 2017a). Para controle da pressão, a bancada possui um manômetro na entrada do circuito, e outro manômetro no final do circuito da bancada. Entre eles, foi instalado um medidor de pressão um “U” invertido, para uma conferência dos manômetros. A bancada também contém um medidor de vazão e temperatura da água, instalado a jusante do circuito da bancada. Logo em seguida, foi instalado uma balança para pesagem do fluido utilizado durante a realização do ensaio. Duas situações distintas foram avaliadas, quais sejam: i) a primeira corresponde a condições normais de operação, sendo o fluido bifásico, contendo água e ar, nessa situação o ar é injetado dentro do sistema e produz um escoamento de bolhas juntamente com o escoamento de água; ii) a segunda corresponde a hipótese de desabastecimento ou inoperabilidade da rede, sendo o fluido monofásico, contendo somente ar em parte de tubulação da bancada. Os testes visaram a observar a diferença de resultados obtidos nos dois hidrômetros instalados na bancada, um a jusante do eliminador de ar e outro a montante. A eficiência do equipamento foi obtida pela diferença de volumes registrada pelos hidrômetros dividida pelo volume à montante, multiplicado por 100.

3.3.1 Simulação em condições normais de operação

Neste modelo de ensaio, o fluido utilizado inicialmente é somente água. Após o fluxo ser estabilizado, ocorre a inserção de ar no sistema juntamente com o fluxo de água. Para cada ensaio, deve-se reproduzir a faixa de vazão de trabalho dos hidrômetros variando de 0,18 a 1,5 m³/h, com intervalos de 0,25 m³/h e as pressões mínima e máxima, da rede de distribuição de água que vão de 100 a 500 kPa, conforme na ABNT NBR 12.218 (ABNT, 2017a), dispostos na Tabela 3. O tempo de cada ensaio é descrito na Tabela 3. A Figura 17 apresenta o fluxograma do ensaio.

Tabela 3 - Condições dos ensaios

| ETAPAS | VAZÃO DE ENSAIOS (m ³ /h) | PRESSÃO DE ENSAIO (kPa) | TEMPO DE ENSAIOS (SEG) |
|--------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 0,18 | 100 | 180 |
| 2 | 0,25 | 100 | 180 |
| 3 | 0,50 | 100 | 180 |
| 4 | 0,75 | 100 | 180 |
| 5 | 1,00 | 100 | 180 |
| 6 | 1,25 | 100 | 180 |
| 7 | 1,50 | 100 | 180 |
| 8 | 0,18 | 200 | 180 |
| 9 | 0,25 | 200 | 180 |
| 10 | 0,50 | 200 | 180 |
| 11 | 0,75 | 200 | 180 |
| 12 | 1,00 | 200 | 180 |
| 13 | 1,25 | 200 | 180 |
| 14 | 1,50 | 200 | 180 |
| 15 | 0,18 | 300 | 180 |
| 16 | 0,25 | 300 | 180 |
| 17 | 0,50 | 300 | 180 |
| 18 | 0,75 | 300 | 180 |
| 19 | 1,00 | 300 | 180 |
| 20 | 1,25 | 300 | 180 |
| 21 | 1,50 | 300 | 180 |
| 22 | 0,18 | 400 | 180 |
| 23 | 0,25 | 400 | 180 |
| 24 | 0,50 | 400 | 180 |
| 25 | 0,75 | 400 | 180 |
| 26 | 1,00 | 400 | 180 |
| 27 | 1,25 | 400 | 180 |
| 28 | 1,50 | 400 | 180 |
| 29 | 0,18 | 500 | 180 |
| 30 | 0,25 | 500 | 180 |
| 31 | 0,50 | 500 | 180 |
| 32 | 0,75 | 500 | 180 |
| 33 | 1,00 | 500 | 180 |
| 34 | 1,25 | 500 | 180 |
| 35 | 1,50 | 500 | 180 |

Fonte: Autor (2021).

Cada ensaio deve ser realizado 3 vezes e os dados obtidos anotados na Tabela 4. O valor a ser considerado, deve ser a média aritmética simples dos resultados coletados. É necessário realizar a leitura inicial nos hidrômetros (H1 e H2) e anotar na Tabela 4. E ao final de cada bateria de ensaios, deve-se repetir a leitura nos hidrômetros (H1 e

H2) e preencher a Tabela 4. São necessários 2 hidrômetros, pois um é instalado à montante e outro à jusante do eliminador de ar.

Tabela 4 - Tabela de ensaios

| ENSAIO | VAZÃO VOLUMÉTRICA | HID 1 | | | HID 2 | | | BALANÇA(Kg) (Vr) |
|--------|----------------------|-------|-----|----|-------|-----|----|---------------------|
| | | Li1 | Lf1 | D1 | Li2 | Lf2 | D2 | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

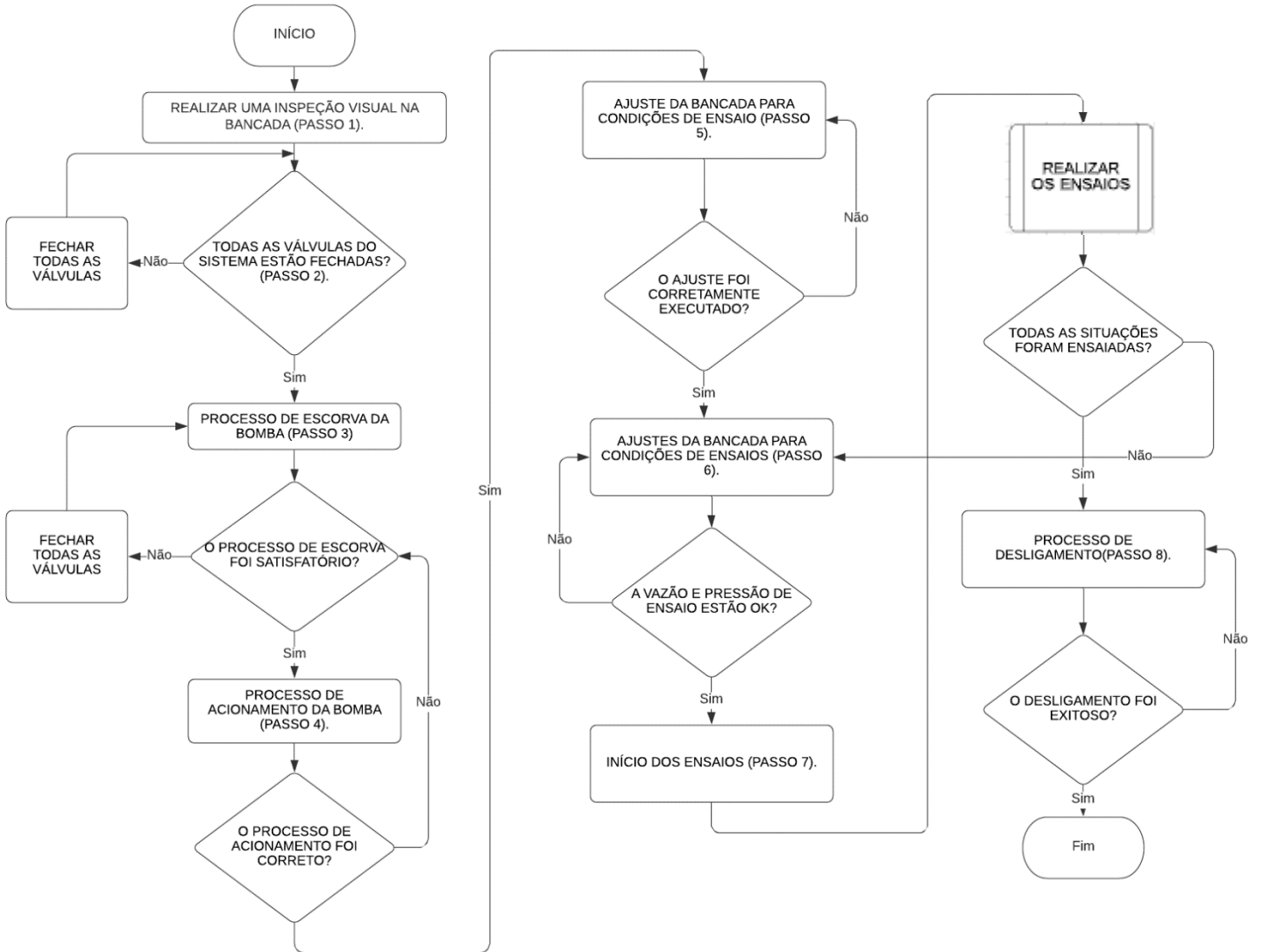
Fonte: Autor (2021).

Onde:

- Li1 – Leitura Inicial no hidrômetro 1;
- Lf1 – Leitura final no hidrômetro 1;
- Li2 – Leitura Inicial no hidrômetro 2;
- Lf2 – Leitura final no hidrômetro 2;
- $D1 = Lf1 - Li1$;
- $D2 = Lf2 - Li2$;
- Vr = Valor do reservatório;

A Figura 17 apresenta o fluxo do processo do ensaio em condições normais de ensaio para todas as etapas do processo.

Figura 17 - Fluxograma do ensaio sob condições normais de operação.



Fonte: Autor (2021).

Para a determinação da eficiência do equipamento são medidos os volumes registrados nos hidrômetros de montante e de jusante, bem como o volume de água em um reservatório que está posicionado sobre uma balança e serve para medição mássica do volume escoado, substituindo o reservatório calibrado normalmente utilizado. Assim, para cada vazão e pressão estabelecidas, é possível determinar a eficiência do equipamento sob condição de operação normal ($E_{nor\%}$), que é obtida pela Equação 1 apresentada a seguir:

$$E_{nor\%} = \frac{D_1 - D_2}{V_R} * 100 \quad 1$$

Onde:

$E_{nor\%}$ = eficiência do equipamento sob condições normais de operação (%)

D.1= volume medido no hidrômetro de montante (m³)

D.2= volume medido no hidrômetro de jusante (m³)

VR = volume medido no reservatório calibrado (m³)

3.3.2 Simulação em condições de retorno do fornecimento de água.

O procedimento operacional padrão descrito no Apêndice “c” neste documento apresenta as etapas para realização do teste, em bancada de laboratório, de dispositivos eliminadores de ar sob condições operacionais de funcionamento, com a finalidade de mapear a eficiência da eliminação de ar na rede por meio desses dispositivos na condição de interrupção e posterior retorno do fornecimento de água. Para simular a situação na qual o abastecimento de água ocorre logo após o esvaziamento total da rede de distribuição, impôs-se uma vazão previamente determinada para ajustar a pressão e vazão do ensaio. Após o ajuste de vazão e pressão ser obtido, fecha-se a válvula V7 de forma que o fluxo de água seja temporariamente interrompido na tubulação de ½”. O próximo passo é retirar toda água da tubulação de ½” mediante a injeção de ar. O volume interno dessa tubulação é de 8,88 litros, que foi obtido mediante medição mássica da água drenada do sistema. Nessa manobra, um compressor de ar é acionado e sua válvula de conexão é acoplada na V6 para que toda água do sistema seja expelida. Após o expurgo de toda água, o compressor é desligado e a válvula V6 é fechada. As válvulas, registros e demais componentes do sistema são mantidos na posição ajustada inicialmente, de forma a se obter as mesmas condições iniciais de escoamento. Na sequência, é realizado a leitura inicial nos hidrômetros (H1 e H2) e anotados na Tabela 6, então deve ser aberto a válvula V7 respeitando os tempos de cada ensaio conforme a Tabela 5, e então, se procede a leitura dos volumes escoados nos 2 hidrômetros (H1 e H2). Após o ensaio, são verificadas a vazão e pressão que estão passando pelo sistema. No caso de se detectar que alguma destas grandezas seja diferente da condição inicial

(devido a algum imprevisto), os dados são descartados e o ensaio é repetido. O procedimento operacional padrão descrito no Apêndice (c) apresenta detalhes desse ensaio. Todos os ensaios realizados são antecipadamente definidos, levando em consideração a (ABNT, 2017a) subitens 5.4.1, 5.7.1 e 5.7.2, que tratam sobre limites de: i) pressões de serviço máximas e mínimas; ii) velocidades de escoamento máximas e mínimas; e iii) diâmetros das tubulações das redes de abastecimento. Todos os pontos ensaiados encontram-se dispostos na Tabela 5. Cada ensaio é realizado 3 vezes e os dados obtidos anotados na Tabela 6. O valor a ser considerado, deve ser a média aritmética simples dos resultados coletados, como já descrito anteriormente.

Tabela 5 - Condições para os ensaios de retorno do fornecimento de água.

| ETAPAS | VAZÃO DE ENSAIOS (M3/H) | PRESSÃO DE ENSAIO (kPa) | LITROS DE ÁGUA RETIRADOS DO SISTEMA (l) | TEMPO DE ENSAIOS (SEG) |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| 1 | 0,18 | 100 | 8,8 | 180 |
| 2 | 0,25 | 100 | 8,8 | 180 |
| 3 | 0,50 | 100 | 8,8 | 120 |
| 4 | 0,75 | 100 | 8,8 | 60 |
| 5 | 1,00 | 100 | 8,8 | 60 |
| 6 | 1,25 | 100 | 8,8 | 60 |
| 7 | 1,50 | 100 | 8,8 | 60 |
| 8 | 0,18 | 200 | 8,8 | 180 |
| 9 | 0,25 | 200 | 8,8 | 180 |
| 10 | 0,50 | 200 | 8,8 | 120 |
| 11 | 0,75 | 200 | 8,8 | 60 |
| 12 | 1,00 | 200 | 8,8 | 60 |
| 13 | 1,25 | 200 | 8,8 | 60 |
| 14 | 1,50 | 200 | 8,8 | 60 |
| 15 | 0,18 | 300 | 8,8 | 180 |
| 16 | 0,25 | 300 | 8,8 | 180 |
| 17 | 0,50 | 300 | 8,8 | 120 |
| 18 | 0,75 | 300 | 8,8 | 60 |
| 19 | 1,00 | 300 | 8,8 | 60 |
| 20 | 1,25 | 300 | 8,8 | 60 |
| 21 | 1,50 | 300 | 8,8 | 60 |
| 22 | 0,18 | 400 | 8,8 | 180 |
| 23 | 0,25 | 400 | 8,8 | 180 |
| 24 | 0,50 | 400 | 8,8 | 120 |
| 25 | 0,75 | 400 | 8,8 | 60 |
| 26 | 1,00 | 400 | 8,8 | 60 |
| 27 | 1,25 | 400 | 8,8 | 60 |
| 28 | 1,50 | 400 | 8,8 | 60 |
| 29 | 0,18 | 500 | 8,8 | 180 |
| 30 | 0,25 | 500 | 8,8 | 180 |
| 31 | 0,50 | 500 | 8,8 | 120 |
| 32 | 0,75 | 500 | 8,8 | 60 |
| 33 | 1,00 | 500 | 8,8 | 60 |
| 34 | 1,25 | 500 | 8,8 | 60 |
| 35 | 1,50 | 500 | 8,8 | 60 |

Fonte: Autor (2021).

Tabela 6 - Tabela de registro dos valores de ensaios.

| TESTE | VAZÃO (m ³ /h) | PRESSÃO (kPa) | HIDRÔMETRO 1 | | | HIDRÔMETRO 2 | | | Eficiência do eliminador $E_{esv\%}$ |
|-------|------------------------------|------------------|--------------|-----|------------|--------------|-----|------------|---|
| | | | Li1 | Lf1 | Dif. H1 | Li2 | Lf2 | Dif. H2 | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

Fonte: Autor (2021).

Onde:

- Li1 – Leitura Inicial no hidrômetro 1;
- Lf1 – Leitura final no hidrômetro 1;
- Li2 – Leitura Inicial no hidrômetro 2;
- Lf2 – Leitura final no hidrômetro 2;
- $Dif.1 = Lf1 - Li1$
- $Dif.2 = Lf2 - Li2$
- $E_{esv\%} = (((Dif.1 - Dif.2) * 1000)/8,88)*100$

A eficiência do equipamento, após o esvaziamento da rede ($E_{esv\%}$), é dada pela Equação 2, apresentada a seguir:

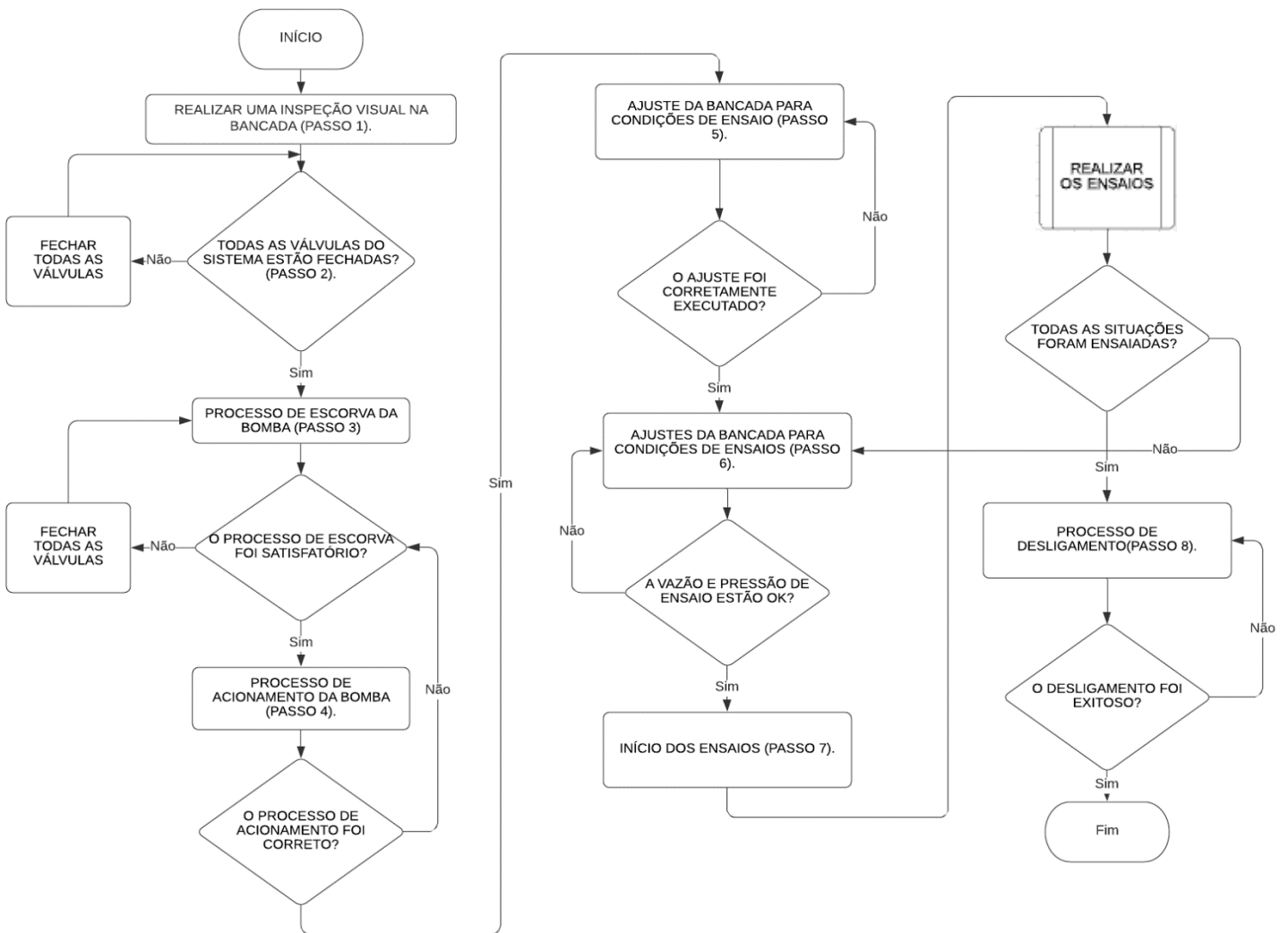
$$E_{esv\%} = \left[\frac{(Dif.1 - Dif.2) * 1000}{8,88} \right] * 100 \quad 2$$

Onde:

- $Dif.1$ = volume medido no hidrômetro de montante (m³)
- $Dif.2$ = volume medido no hidrômetro de jusante (m³)
- 8,88 = Volume (l) da tubulação preenchido com ar para realizar os ensaios

A Figura 18 apresenta o fluxograma do ensaio detalhadamente, proporcionando uma visão dos passos necessários para a realização dos ensaios.

Figura 18 - Fluxograma do ensaio sob condições de retorno do fornecimento de água.



Fonte: Autor (2021).

Todos os ensaios devem ser executados em (no mínimo) triplicata. Os ensaios realizados foram antecipadamente definidos levando em consideração a ABNT NBR12.228 (ABNT, 2017a).

4 RESULTADOS

Nos ensaios com os eliminadores de ar “A”, “B” e “C”, nas condições normais de operação da rede de distribuição de água, com pressões de 0,1 MPa (10 m.c.a.), 0,2 MPa (20 m.c.a.), 0,3 MPa (30 m.c.a.), 0,4 MPa (40 m.c.a.) e 0,5 MPa (50m.c.a.) e vazões de 0,18m³/h, 0,25m³/h, 0,50 m³/h, 0,75 m³/h, 1,0 m³/h, 1,25 m³/h e 1,5 m³/h, verificou-se que em todas as situações testadas, nas quais foi feita a inserção de ar na posição da V6, as medições dos hidrômetros foram idênticas (mesmos valores), mostrando que nessa condição, os equipamentos não conseguem eliminar o ar. Os volumes registrados nos hidrômetros e no reservatório calibrado não apresentaram diferenças em todos ensaios e apresentaram 0% de eficiência. Assim sendo, pôde-se concluir que, nessas condições, não houve ar que pudesse ser retirado pelos “eliminadores de ar” do ramal predial. Por outro lado, em caso de abastecimento de água, após o esvaziamento total da rede da bancada de teste, situação que simula a interrupção do fornecimento e posterior abastecimento da rede, o ar presente na tubulação foi empurrado pela água até o ramal predial. Neste caso, o eliminador “A” que tem diâmetro de ½” o “eliminador de ar” revelou para a pressão de 0,1 MPa (10 m.c.a.) uma eficiência variável de 10% para a vazão de 0,18 m³/h a 37,3% para a vazão de 1,5 m³/h. Na pressão de 0,2 MPa (20 m.c.a.) a eficiência foi igual a 6,9% para a vazão de 0,18 m³/h e 42% para vazão de 1,25 m³/h. Na pressão de 0,3 MPa (30 m.c.a.), a eficiência foi igual a 19,7% para a vazão de 0,18 m³/h e 79,8% para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,4 MPa (40 m.c.a.), a eficiência foi igual a 19,7% para a vazão de 0,18 m³/h e 79,8%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,5 MPa (50 m.c.a.), a eficiência foi igual a 16,3% para a vazão de 0,18 m³/h e 74,8%, para vazão de 1,50 m³/h. Os valores estão apresentados na Tabela 7.

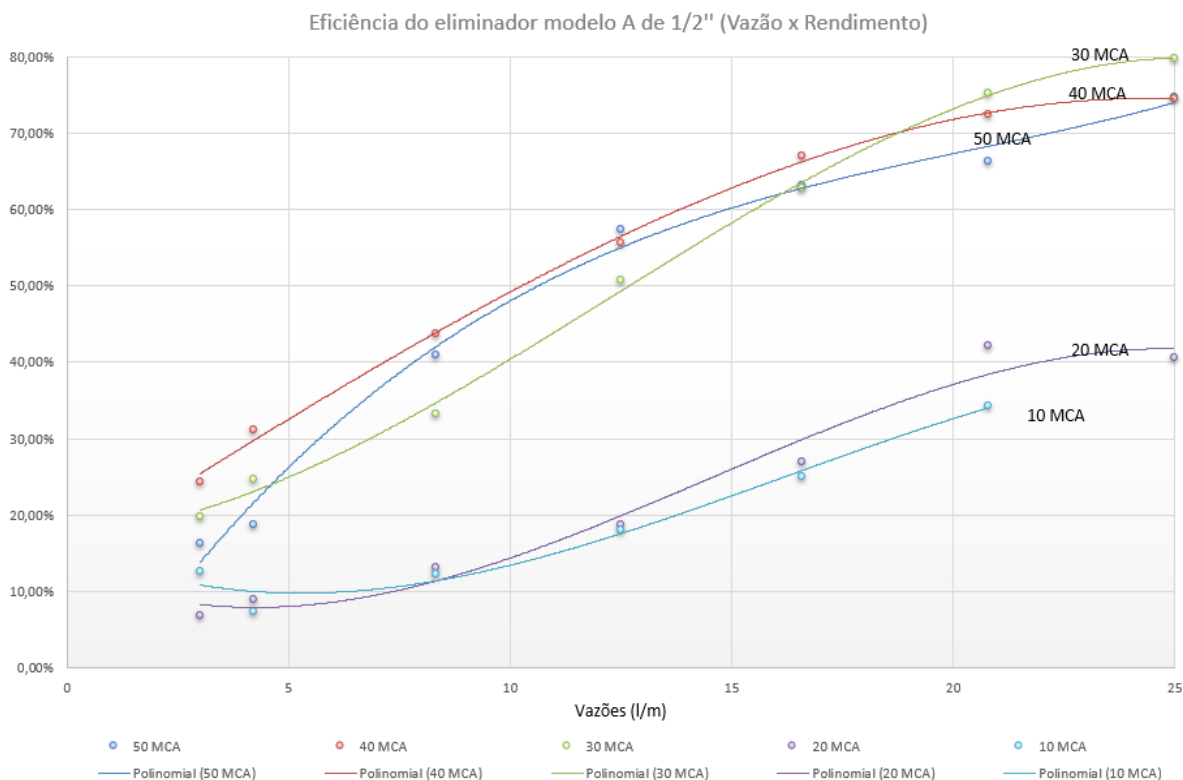
Tabela 7 - Eficiência do eliminador de ar “A” de ½”.

| | 10 m.c.a | 20 m.c.a | 30 m.c.a | 40 m.c.a | 50 m.c.a |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0,18 m³/h | 12,6% | 6,9% | 19,7% | 24,4% | 16,3% |
| 0,25 m³/h | 7,4% | 9,0% | 24,7% | 31,1% | 18,7% |
| 0,50 m³/h | 12,3% | 13,2% | 33,3% | 43,8% | 40,9% |
| 0,75 m³/h | 18,0% | 18,8% | 50,7% | 55,7% | 57,4% |
| 1,00 m³/h | 25,1% | 27,0% | 62,8% | 67,1% | 63,2% |
| 1,25 m³/h | 34,3% | 42,1% | 75,3% | 72,5% | 66,4% |
| 1,50 m³/h | 37,3% | 40,6% | 79,8% | 74,5% | 74,8% |

Fonte: Autor (2021).

O gráfico da Figura 19 apresenta a variação da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador “A” de 1/2”.

Figura 19 – Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador “A” de 1/2”.



Fonte: Autor (2021).

Para o eliminador “B” de diâmetro de 3/4” em caso de abastecimento de água, após o esvaziamento total da rede da bancada de teste, o ar presente na tubulação foi empurrado pela água até o ramal predial. Neste caso, o “eliminador de ar B” revelou para a pressão de 0,1 Mpa (10 m.c.a.) uma eficiência variável de 12% para a vazão de 0,18 m³/h a 37% para a vazão de 1,5 m³/h. Na pressão de 0,2 Mpa (20 m.c.a.), a eficiência foi igual a 16% para a vazão de 0,18 m³/h e 42%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,3 MPa (30 m.c.a.), a eficiência foi igual a 13% para a vazão de 0,18 m³/h e 54% para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,4 MPa (40 m.c.a.), a eficiência foi igual a 19% para a vazão de 0,18 m³/h e 52%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,5 MPa (50 m.c.a.), a eficiência foi igual a 13% para a vazão de 0,18 m³/h e 65%, para vazão de 1,50 m³/h. Apresentados na Tabela 8.

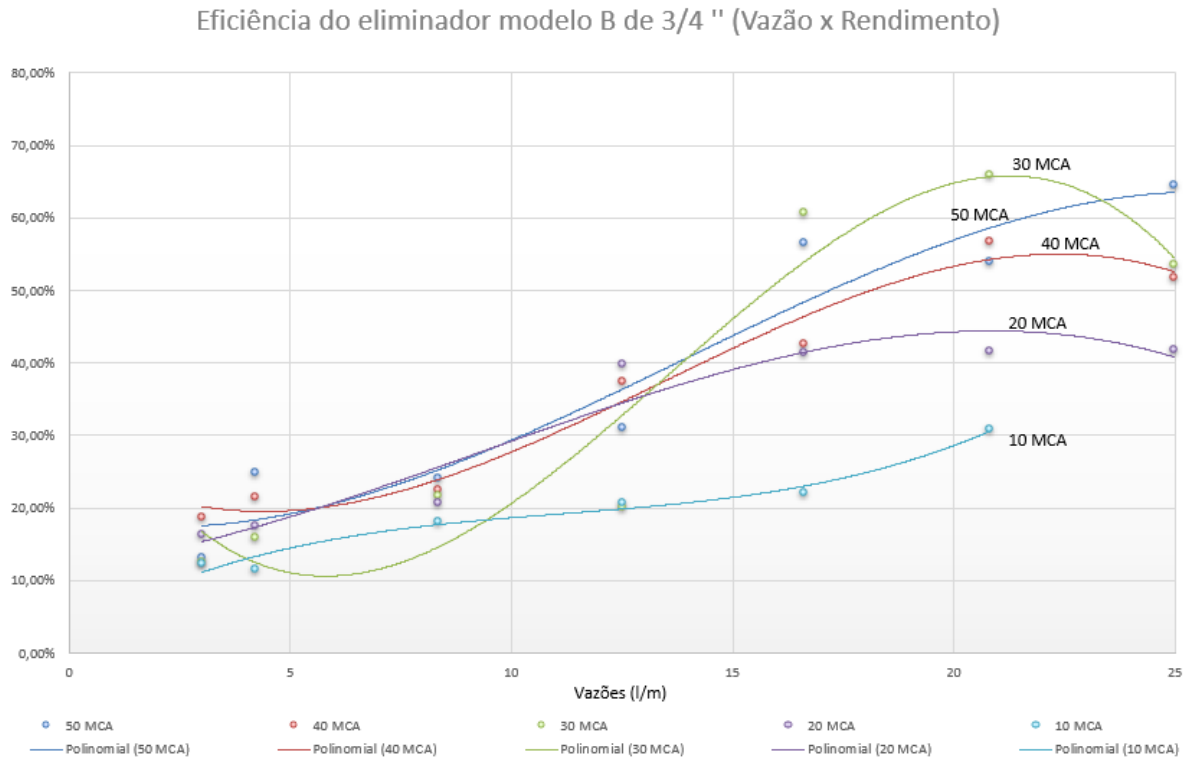
Tabela 8 - Eficiência do eliminador de ar "B" de 3/4".

| | 10 m.c.a | 20 m.c.a | 30 m.c.a | 40 m.c.a | 50 m.c.a |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,18 m ³ /h | 12% | 16% | 13% | 19% | 13% |
| 0,25 m ³ /h | 11% | 18% | 16% | 22% | 25% |
| 0,50 m ³ /h | 18% | 21% | 22% | 22% | 24% |
| 0,75 m ³ /h | 21% | 40% | 20% | 37% | 31% |
| 1,00 m ³ /h | 22% | 41% | 61% | 43% | 57% |
| 1,25 m ³ /h | 31% | 42% | 66% | 57% | 54% |
| 1,50 m ³ /h | 37% | 42% | 54% | 52% | 65% |

Fonte: Autor (2021).

Os resultados apresentados no gráfico da Figura 20 evidenciam a variação da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas, para o eliminador "B" de 3/4".

Figura 20 - Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador de ar "B" de 3/4".



Fonte: Autor (2021).

Para o eliminador “C” de diâmetro 3/4” em caso de abastecimento de água, o ar presente na tubulação foi impelido pela água até o ramal predial. Neste caso, o eliminador de ar “C” revelou para a pressão de 0,1 MPa (10 m.c.a.) uma eficiência variável de 34,7% para a vazão de 0,18 m³/h a 30%, para a vazão de 1,5 m³/h. Na pressão de 0,2 MPa (20 m.c.a.), a eficiência foi igual a 39,3% para a vazão de 0,18 m³/h e 36,4%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,3 MPa (30 m.c.a.), a eficiência foi igual a 40,2% para a vazão de 0,18 m³/h e 37,8%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,4 MPa (40 m.c.a.), a eficiência foi igual a 42,9% para a vazão de 0,18 m³/h e 33,9%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,5 MPa (50 m.c.a.), a eficiência foi igual a 50,2% para a vazão de 0,18 m³/h e 41,1%, para vazão de 1,50 m³/h. Os valores são apresentados na Tabela 9.

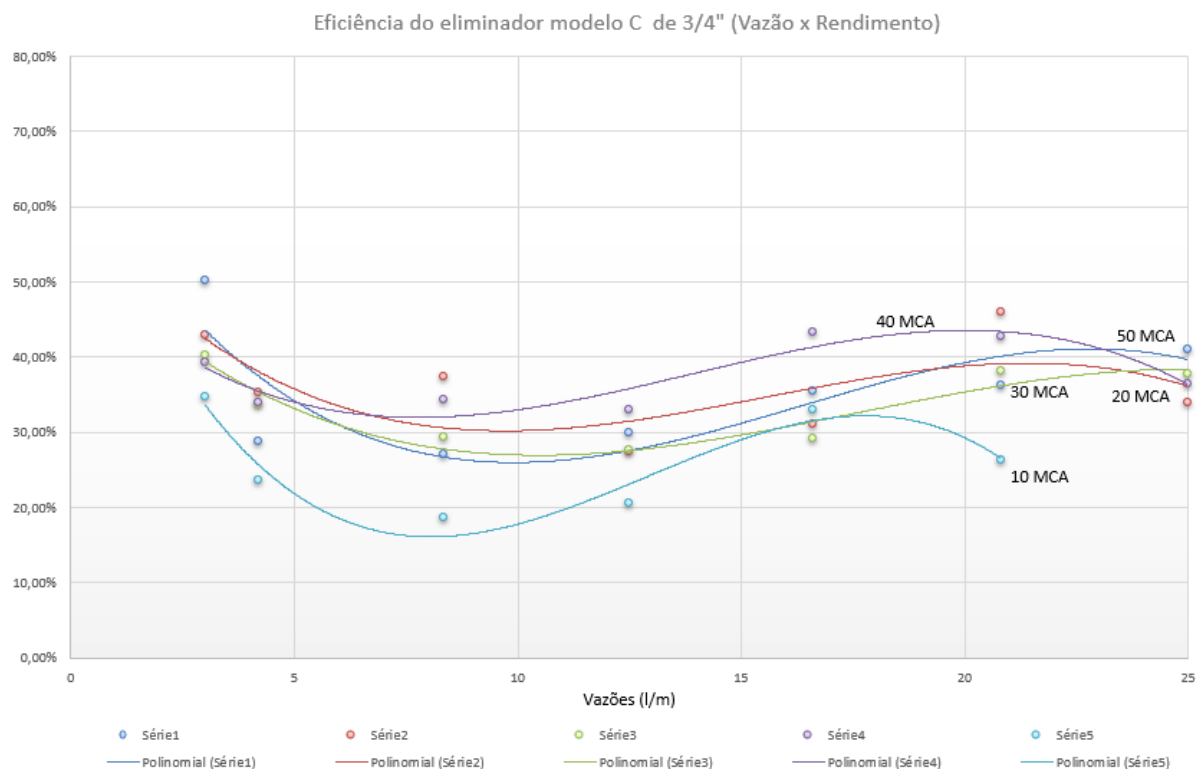
Tabela 9 - Eficiência do eliminador de ar “C” de 3/4”.

| | 10 m.c.a | 20 m.c.a | 30 m.c.a | 40 m.c.a | 50 m.c.a |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0,18 m³/h | 34,7% | 39,3% | 40,2% | 42,9% | 50,2% |
| 0,25 m³/h | 23,6% | 34% | 33,7% | 35,2% | 28,8% |
| 0,50 m³/h | 18,6% | 34,3% | 29,3% | 37,4% | 27,1% |
| 0,75 m³/h | 20,5% | 32,9% | 27,6% | 27,4% | 30% |
| 1,00 m³/h | 33% | 43,4% | 29,2% | 31% | 35,5% |
| 1,25 m³/h | 26,2% | 42,7% | 38,2% | 45,9% | 36,3% |
| 1,50 m³/h | 30% | 36,4% | 37,8% | 33,9% | 41,1% |

Fonte: Autor (2021).

Os resultados apresentados no gráfico da Figura 21 evidenciam a variação da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas, para o eliminador “C” de 3/4”.

Figura 21 - Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador de ar “C” de 3/4”.



Fonte: Autor (2021).

Para o eliminador “D” de diâmetro 3/4” em caso de abastecimento de água, o ar presente na tubulação foi impelido pela água até o ramal predial. Neste caso, o eliminador de ar “D” revelou, para a pressão de 0,1 MPa (10 m.c.a.), uma eficiência variável de 11,7%, para a vazão de 0,18 m³/h e uma eficiência de 26,2%, para a vazão de 1,5 m³/h. Na pressão de 0,2 MPa (20 m.c.a.), a eficiência foi igual a 21,6% para a vazão de 0,18 m³/h e 34,6%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,3 MPa (30 m.c.a.), a eficiência foi igual a 25,8% para a vazão de 0,18 m³/h e 36,3%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,4 MPa (40 m.c.a.), a eficiência foi igual a 10,4% para a vazão de 0,18 m³/h e 35,9%, para vazão de 1,50 m³/h. Na pressão de 0,5 MPa (50 m.c.a.), a eficiência foi igual a 31,9% para a vazão de 0,18 m³/h e 28,6%, para vazão de 1,50 m³/h. Os valores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 -Eficiência do eliminador de ar “D” de 3/4”.

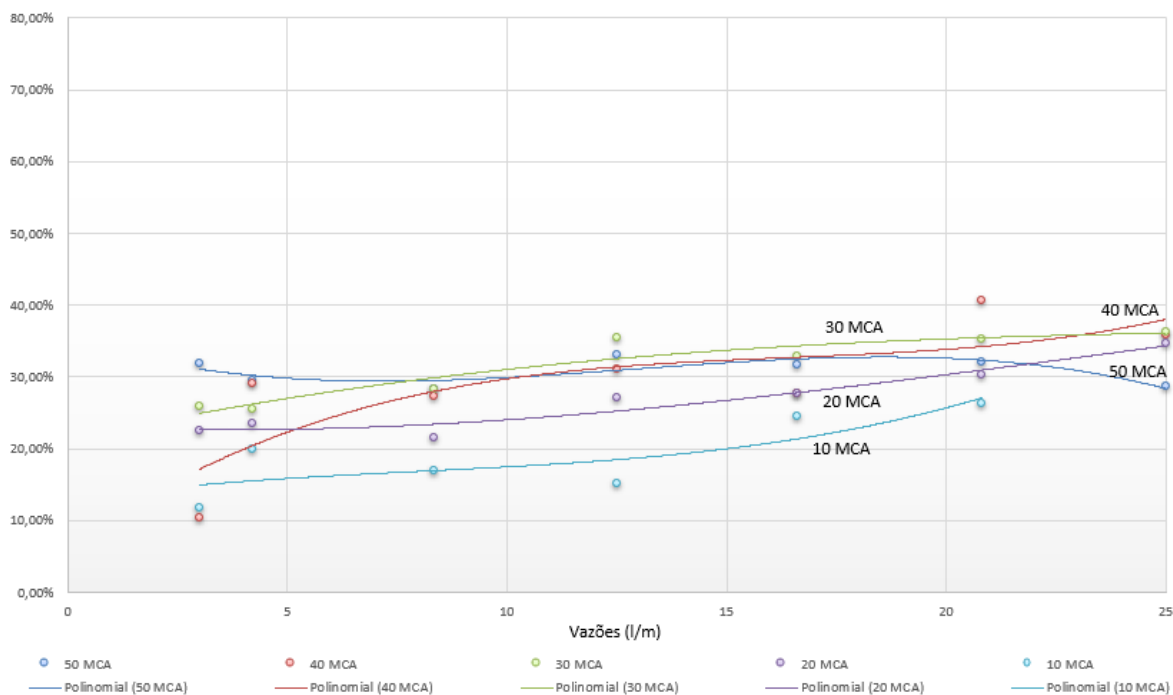
| | 10 m.c.a | 20 m.c.a | 30 m.c.a | 40 m.c.a | 50 m.c.a |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,18 m ³ /h | 34,7% | 39,3% | 40,2% | 42,9% | 50,2% |
| 0,25 m ³ /h | 23,6% | 34% | 33,7% | 35,2% | 28,8% |
| 0,50 m ³ /h | 18,6% | 34,3% | 29,3% | 37,4% | 27,1% |
| 0,75 m ³ /h | 20,5% | 32,9% | 27,6% | 27,4% | 30% |
| 1,00 m ³ /h | 33% | 43,4% | 29,2% | 31% | 35,5% |
| 1,25 m ³ /h | 26,2% | 42,7% | 38,2% | 45,9% | 36,3% |
| 1,50 m ³ /h | 30% | 36,4% | 37,8% | 33,9% | 41,1% |

Fonte: Autor (2022).

Os resultados apresentados no gráfico da Figura 22 evidenciam a variação da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas, para o eliminador “D” de 3/4”.

Figura 22 - Gráfico das variações da eficiência em função das vazões e das pressões ensaiadas para o eliminador de ar “D” de 3/4”.

Eficiência do eliminador modelo D 3/4 " (Vazão x Rendimento)



Fonte: Autor (2022).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O trabalho teve como objetivo avaliar em bancada de laboratório o volume de ar medido nas ligações de ramais de água, bem como a eficiência de equipamentos de eliminação de ar; para tanto, foram replicadas em uma bancada de testes, situações de abastecimento e desabastecimento. O primeiro teste realizado foi o de condições normais de abastecimento e tal teste evidenciou que os volumes de água pesados por meio de pesagem mássica se situam muito próximos aos registrados pelos hidrômetros instalados na bancada de ensaios. As diferenças encontradas entre a massa de água pesada e a leitura dos hidrômetros encontram-se dentro do erro dos equipamentos. Quando o volume de água encontrasse em condições normais de pressão e temperatura, condições estas que apresentam uma quantidade de ar insignificante, foi possível concluir que os valores registrados pelos hidrômetros correspondem ao volume de água total do experimento, para os eliminadores “A”, “B”, “C” e “D”. Nessas condições, foi demonstrada a eficiência de 0%.

Já nos testes de desabastecimento, ou seja, um retorno após uma interrupção do sistema de abastecimento, identificou-se para o eliminador de ar “A” de $\frac{1}{2}$ ”, que o equipamento atua eliminando ar da tubulação em todas as condições ensaiadas, apresentando variações entre 6,9% a 74,8% de eficiência.

Nos testes de desabastecimento, identificou-se para o eliminador de ar “B” de $\frac{3}{4}$ ” que o equipamento atua eliminando ar da tubulação em todas as condições ensaiadas, apresentando variações entre 11% a 66% de eficiência.

Nos testes de desabastecimento, identificou-se para o eliminador de ar “C” que o equipamento atua eliminando ar da tubulação em todas as condições ensaiadas, apresentando variações entre 18,6% a 50,2% de eficiência.

Nos testes de desabastecimento, identificou-se para o eliminador de ar “D” que o equipamento atua eliminando ar da tubulação em todas as condições ensaiadas, apresentando variações entre 10,4% a 40,6% de eficiência.

Tais resultados evidenciam que os hidrômetros cometem o erro de medir ar como água e demonstram a eficiência dos eliminadores “A”, “B”, “C” e “D” na condição de desabastecimento do sistema de fornecimento de água.

Todos os equipamentos ensaiados apresentam resultados positivos no cenário de retomada do processo de fornecimento de água, em que todos modelos evidenciaram sua proficiência em eliminar o ar da rede de abastecimento.

Os modelos A e B ensaiados tem seus comportamentos semelhantes, apresentando seu melhor rendimento em pressão e vazão mais altas, já os modelos C e D tem seu rendimento mais linear atuando significativamente em todas as pressões e vazões.


Fica evidente então, que a escolha do modelo a ser instalado no circuito de abastecimento hidráulico é diretamente relacionado com as condições técnicas do local, ou seja, para cada situação existe um modelo com maior eficiência.

Pode-se concluir então que é possível reduzir a sobretaxação oriunda da existência de ar nos sistemas de distribuição de água, por meio da instalação de eliminadores de ar individualizados.

APÊNDICES

APÊNDICE A

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

| | | |
|---|---|---|
|  | ENSAIO DE ELIMINADORES DE AR | Nº 2021002 |
| | | Autor: Dieimys S. Ribeiro |
| | | Data de emissão: |
| | | Revisores: Carlos B. Martinez Márcia V. L. Martins |
| | | Data de revisão: |

| |
|--|
| Tarefa: Ensaio de Eliminadores de Ar |
| Executante: Servidores Técnicos, Professores e Estudantes de Graduação e Pós-Graduação. |
| Resultados esperados: Determinar a curva de eficiência dos equipamentos |
| Recursos necessários: |

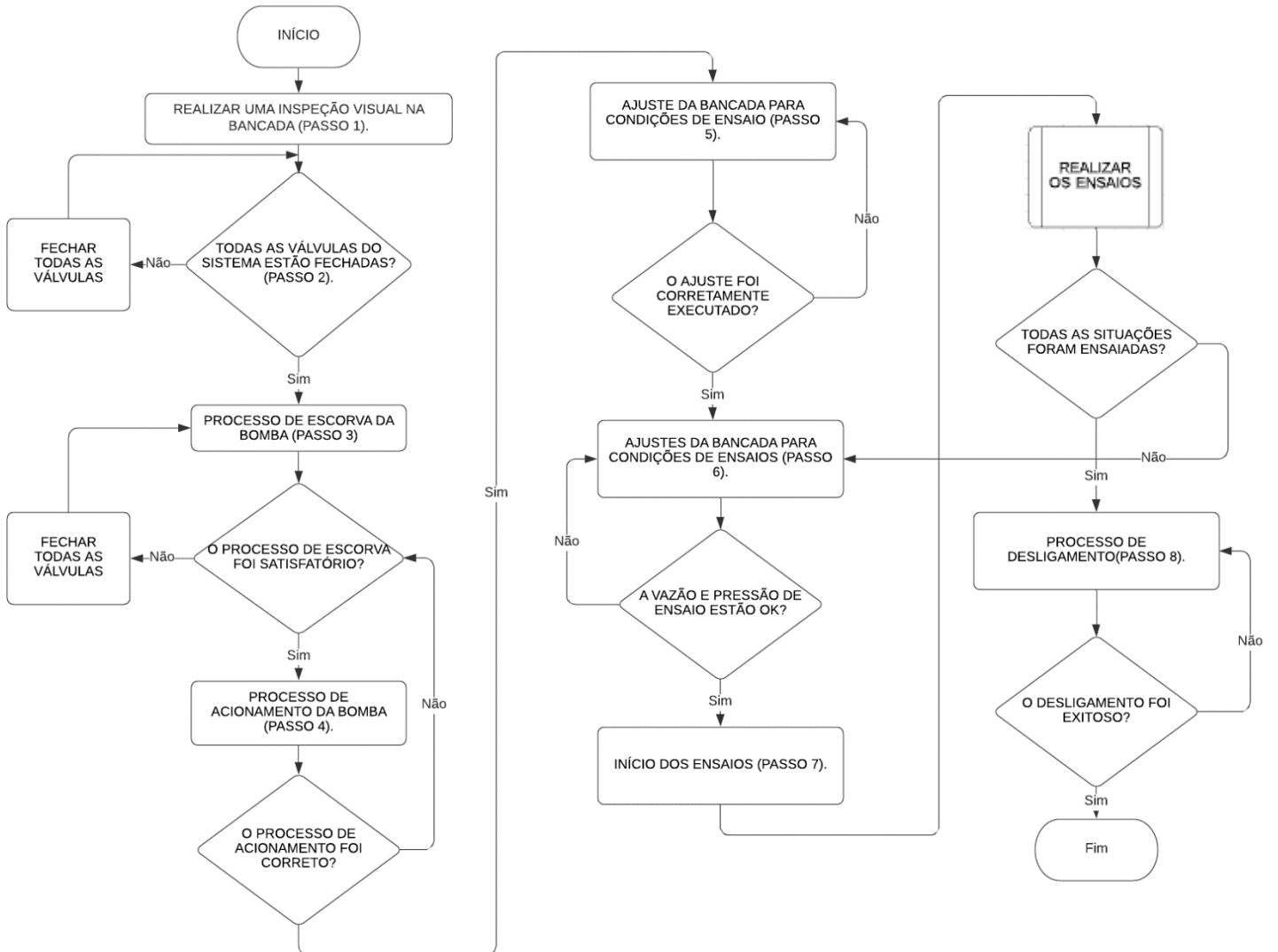
PROCEDIMENTO DE ENSAIO

(ENSAIO DE ESTANQUEIDADE DO ELIMINADOR DE AR)

O ensaio de estanqueidade dos dispositivos eliminadores de ar, consiste em verificar se durante as diversas condições de operação dos equipamentos há escape de água pelo dispositivo. Para realização do ensaio o dispositivo deve ser instalado entre os dois hidrômetros da bancada de teste (Figura 1 e 2) e, submetido as condições de pressão máximas de pressão de serviço e das velocidades máximas e mínimas de escoamento da rede de distribuição, estabelecidas nos itens 5.4.1 e 5.7.1 na NBR,

respectivamente. Durante o ensaio deve dispor um recipiente abaixo dos equipamentos para captação de líquidos que possam vir a ser expelidos pelos dispositivos durante os testes. O ensaio de estanqueidade do dispositivo eliminador de ar é realizado considerando o mesmo tempo de ensaio em todas as condições de vazão e pressão estabelecidas. Os testes contemplam os seguintes intervalos de vazão: 0,18, 0,25, 0,50, 0,75, 1,00, 1,25 e 1,50 m³/h e pressões variando em intervalos de 100 kPa entre 100 e 500 kPa. Durante o ensaio deve dispor um recipiente abaixo dos equipamentos para captação de líquidos que possam vir a ser expelidos pelos dispositivos durante os testes no caso de falha da estanqueidade. Ao final de cada ciclo é necessário realizar uma inspeção visual no recipiente e caso haja líquido esse deve ser pesado, medido e registrado. Os dados registrados serão utilizados para mensurar se o desperdício de água por meio do dispositivo durante sua operação nas condições determinadas. A partir destes dados é possível obter seu range de funcionamento ideal. Abaixo é apresentado o Fluxograma do processo de ensaio.

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ENSAIO



DESCRIÇÃO DA BANCADA

A bancada de testes de proficiência em eliminadores de ar é composta por três tubulações de diâmetros de 4", 2" e ½", uma bomba hidráulica e quinze válvulas que são utilizadas para a operação da bancada. Sendo que, para cada tipo ensaio, diferentes sequências de manobras nas válvulas são necessárias. Cinco manômetros com escala de 0 a 10 bar com divisão de 0,2 bar, Classe A, distribuídos da seguinte maneira, o manômetro 1 logo na saída da bomba, o manômetro 2 no início da tubulação secundária, o manômetro 3 na entrada do cavalete e o manômetro 4 foi instalado na saída do cavalete.

A bancada é composta por um segmento de tubulação de 4" com 12 m de comprimento que simula a rede principal de distribuição de água, o segundo segmento é de 2", com 40 m de extensão, que simula a rede secundária de distribuição, seguida por uma tubulação de ½" com 44 m, que simula a ligação da residência a rede de distribuição. A bancada está interligada a um sistema de bombeamento a montante e um dispositivo de medição volumétrica a jusante, este último composto por um suporte onde foi instalado o recipiente e uma balança que serão utilizados para pesagem do fluido. O dispositivo de eliminação de ar está instalado no cavalete entre os dois hidrômetros de forma que se consiga realizar os ensaios de operação nominal do dispositivo. O range operacional dos dois hidrômetros, se situa entre a faixa de 0,15 e 1,5 m³/h. Logo após a saída do cavalete foi instalado o um medidor de vazão com faixa de medição entre 1 e 25 l/min e com resistência de pressão máxima igual à 1750 kPa. Os ensaios contemplam pressões entre 100 kPa e 500 kPa conforme a NBR 12218 (ABNT, 1994). Os ensaios são realizados com intervalos de vazão de 0,25 m³/h. A bancada também dispõe de um compressor de ar com valores máximos de vazão e de pressão iguais à 160 l/min e 115 PSI, respectivamente, que será utilizado para preenchimento da tubulação quando necessário for.

Na Figura 1 é apresentado o diagrama esquemático do circuito da bancada e na Figura 2 a foto da bancada montada no laboratório.

Figura 1 - Diagrama esquemático do circuito de ensaios.

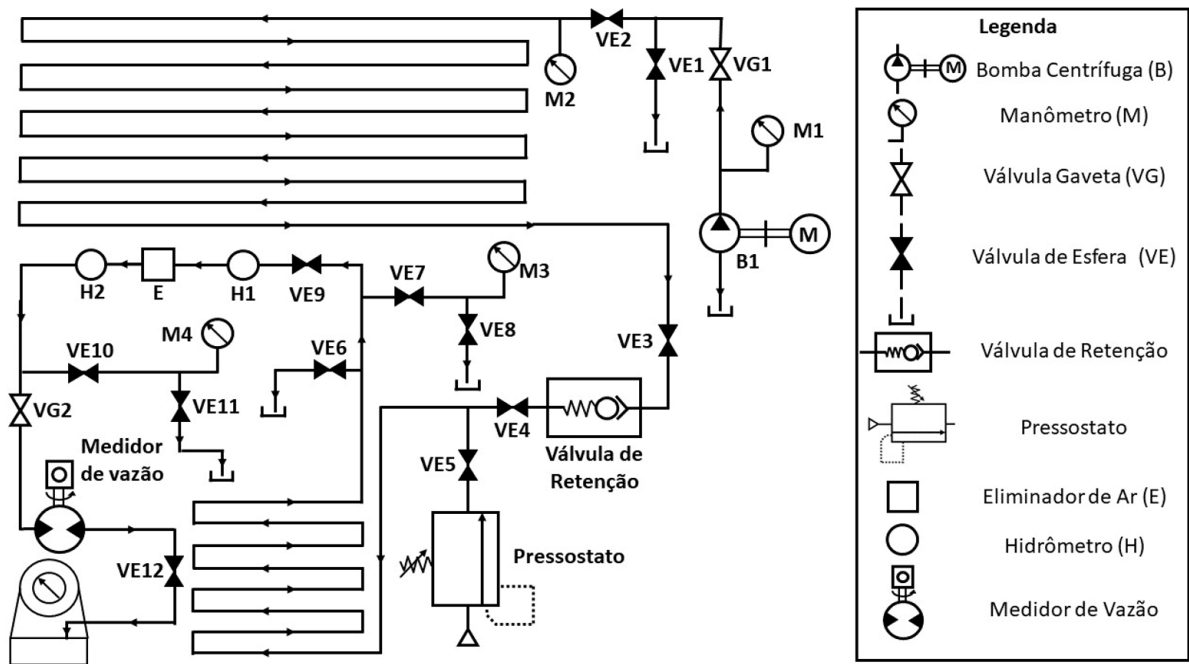
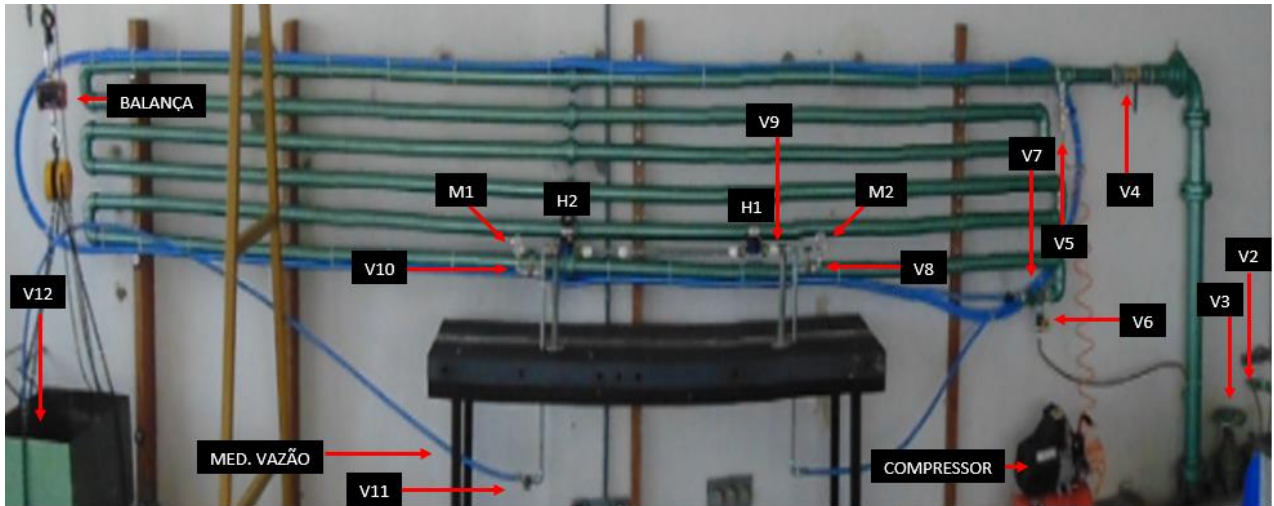


Figura 2 - Diagrama esquemático do circuito de ensaios.



1 - INSPEÇÃO VISUAL DA BANCADA DE TESTES

Realizar uma inspeção visual da bancada para identificar qualquer anomalia no sistema como rachaduras nas tubulações, peças desrosqueadas, válvulas e manômetros danificados e entre outros.

2 – CONFERÊNCIA DE FECHAMENTO DAS VÁLVULAS

Antes de iniciar o ensaio é necessário preparar o sistema para a partida da bomba b1, que deve ser realizado com todas as válvulas fechadas afim de garantir que a bomba seja iniciada com uma de pressão mínima.

2.1) Fechar a válvula gaveta de saída da Bomba (V1), (sentido horário). (Fig. 3).



Fig. 3 - Válvula de saída da bomba (V1).

2.2) Fechar a válvula esférica de purga (V2), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 4).



Fig. 4 - Válvula de purga (V2).

2.3) Fechar a válvula gaveta de alimentação do circuito secundário (V3), (sentido horário). (Fig. 5).

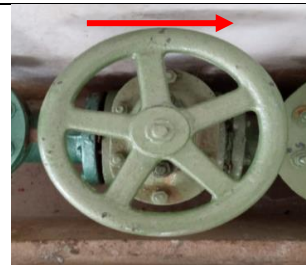


Fig. 5 - Válvula de alimentação do circ. Secundário (V3).

2.4) Fechar a válvula esférica de alimentação do circuito secundário (V4), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 6).



Fig. 6 - Válvula esférica de alimentação do circuito (V4).

2.5) Fechar a válvula esférica de entrada de ar (V5), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 7).



Fig. 7 - Válvula esférica de alimentação de ar (V5).

2.6) Fechar a válvula gaveta de purga do sistema secundário (V6), (sentido horário). (Fig. 8).

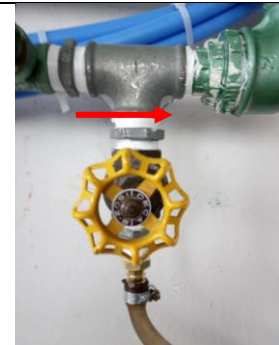


Fig. 8 - Válvula gaveta de purga do sistema secundário (V6).

2.7) Fechar a válvula gaveta de alimentação do sistema secundário (V7), (sentido horário). (Fig. 9).



Fig. 9 - válvula gaveta de alimentação do sistema secundário (V7).

2.8) Fechar a válvula gaveta do manômetro de entrada do cavalete (V8), (sentido horário). (Fig. 10).

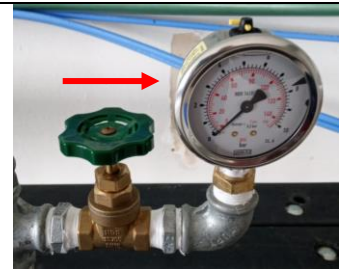


Fig. 10 - Válvula gaveta do manômetro M2 (V8).

2.9) Fechar a válvula esférica do cavalete (V9), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 11).

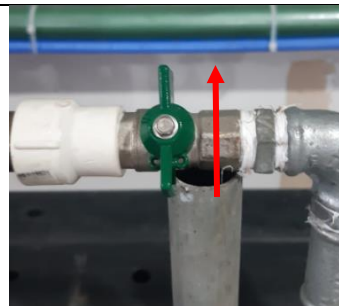


Fig. 11 - Válvula esférica do cavalete (V9).

2.10) Fechar a válvula gaveta do manômetro de saída do cavalete (V10), (sentido horário). (Fig. 12).



Fig. 12 - Válvula gaveta do manômetro M3 (V10).

2.11) Fechar a válvula gaveta de saída do cavalete (V11), (sentido horário). (Fig. 13).

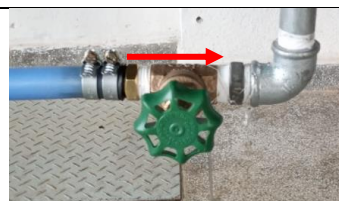


Fig. 13 - Válvula de regulação da vazão (V11).

2.12) Fechar a válvula esférica de saída da mangueira (V12), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 14).



Fig. 14 - Válvula esférica de fechamento do circuito (V12).

3 - PROCESSO DE ESCORVA DA BOMBA

O processo de escorva tem por finalidade preencher o rotor da bomba com apenas fluido de trabalho, para seu acionamento correto.

3.1) Acionar a válvula suspiro da Bomba (B1) para a posição aberta (vertical), essa posição proporciona a saída de ar do interior da bomba. (Fig. 15).



Fig. 15 - Válvula Suspiro.

3.2) Acionar a válvula do cálice para a posição aberta (vertical); essa manobra possibilita a entrada de água no interior da bomba. (Fig. 16).

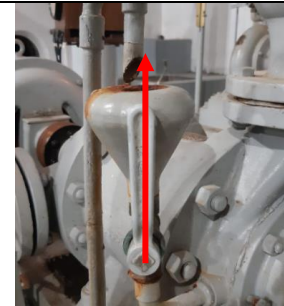


Fig. 16 - Válvula do cálice de escorva.

3.3) Acionar a válvula de alimentação de água do cálice (sentido horário), para injetar água no cálice. (Fig. 17).



Fig. 17 - Válvula de alimentação do cálice.

3.4) Posicionar o reostato R1 (ajuste fino) em zero para proporcionar uma condição ideal de partida do equipamento. (Fig. 18).



Fig. 18 - Reostato de ajuste fino (R1).

3.5) Posicionar o reostato R2 (principal) em zero para proporcionar uma condição ideal de partida do equipamento. (Fig. 19).

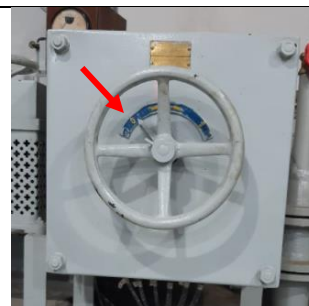


Fig. 19 - Reostato principal (R2).

3.6) Observar se houve expulsão de água pela válvula suspiro da Bomba, se sim, fechá-la. Essa expulsão de líquido indica que o interior da bomba foi completamente preenchido por água. (Fig. 20).



Fig. 20 - Válvula de suspiro.

3.7) Fechar a válvula do cálice (horizontal). Essa manobra é necessária para que o interior da bomba não sofra interferências externas. (Fig. 21).



Fig. 21 - Válvula do cálice.

3.8) Fechar a válvula de alimentação do cálice para escorva (sentido anti-horário). Essa manobra é necessária para que não extravase a água dentro do cálice. (Fig. 22).



Fig. 22 - Válvula de alimentação do cálice.

4- PROCESSO DE ACIONAMENTO DA BOMBA

Para a alimentação da bomba B1 é necessário realizar os seguintes passos:

4.1) Acionar a chave geral do painel de comando (para cima). Esse movimento energiza as demais chaves do quadro de comando. (Fig. 23).



Fig. 23 - Chave geral.

4.2) Acionar a chave da Bomba Centrífuga (B1) (para cima). Essa manobra energiza a bomba. (Fig. 24).



Fig. 24 - Chave da bomba.

4.3) Abrir a válvula de resfriamento da Bomba (B1) (alinhada a tubulação). A abertura proporciona a circulação do fluxo de água que resfria componentes da bomba. (Fig. 25).

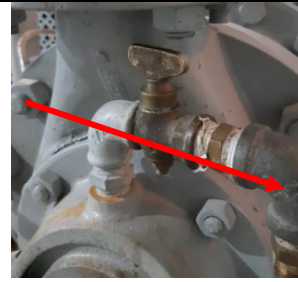


Fig. 25 - Válvula de resfriamento.

4.4) Ajustar a pressão a ser ensaiada no Manômetro (M1) por meio dos reostatos (R1 e R2). Oscilando os volantes dos reostatos a pressão/vazão da bomba sofre alterações. (Fig. 26 e 27).



Fig. 26 - Manômetro da bomba (M1).



Fig. 27 - Reostatos (R1 e R2).

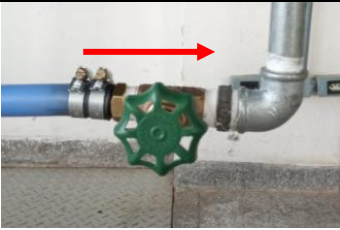
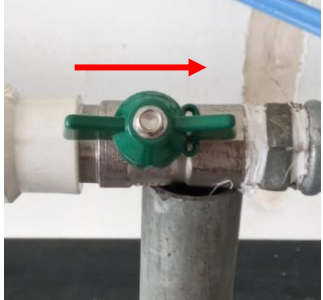


5 – AJUSTE DA BANCADA DE ENSAIOS




Antes de alimentar todo o circuito com água é necessário realizar o ajuste da bancada de ensaio para desobstrução de todo o sistema, de modo a garantir o escoamento do fluido até a atingir a saída do sistema no ponto 2. Este procedimento é realizado com a bomba acionada.

5.1) Abrir a válvula esférica (V12) instalada na extremidade da mangueira para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 28).



Fig. 28 - Válvula (V12) aberta.

| | |
|--|---|
| <p>5.2) Abrir a válvula de gaveta (V11) para permitir o escoamento da água na bancada de teste. (Fig. 29).</p> |  <p>Fig. 29 - Válvula (V11) aberta.</p> |
| <p>5.3) Abrir a válvula esférica (V9) do cavalete. (Fig. 30).</p> |  <p>Fig. 30 - Válvula (V9) aberta.</p> |
| <p>5.4) Abrir a válvula esférica de alimentação do circuito de 20mm (V7) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 31).</p> |  <p>Fig. 31 - Válvula (V7) aberta.</p> |
| <p>5.5) Abrir a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 32).</p> |  <p>Fig. 32 - Válvula (V4) aberta.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>5.6) Abrir a válvula gaveta (V3) que alimenta a válvula gaveta (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 33).</p> |  <p>Fig. 33 - Válvula (V3) aberta.</p> |
| <p>5.7) Abrir a válvula (V1) de saída da Bomba (sentido horário) para que toda a tubulação seja preenchida com água. (Fig. 34).</p> |  <p>Fig. 34 - Válvula (V1) aberta.</p> |
| <p>5.8) Abrir a válvula (V2) para retirada ar do sistema e ao se observar a expulsão de água pela válvula, fechá-la. Essa expulsão de ar indica que a tubulação que antevem a válvula foi preenchida com água. (Fig. 35).</p> |  <p>Fig. 35 – Válvula (V2) na posição aberta e fechada.</p> |
| <p>Após a abertura de (V1), aguardar o intervalo de 5 minutos para a estabilização do sistema.</p> | |

6- AJUSTE DA BANCADA PARA CONDIÇÕES DE ENSAIOS

A estanqueidade dos eliminadores de ar são avaliadas para os valores de vazão e pressão previamente estabelecidos. As vazões de ensaio variam de 0,18 a 1,5 m³/h, com intervalos de 0,25 m³/h, estes valores correspondem aos valores mínimo e máximo, respectivamente, a faixa de operação dos hidrômetros instalados na bancada de teste. As pressões variam entre 100 a 500 kPa, com intervalos de 100 kPa, e correspondem a pressão mínima e máxima de operação da rede de distribuição de água estabelecidas na NBR 12.218 (ABNT, 2017).

6.1) Abrir a válvula (V8) para que o manômetro mensure a pressão na entrada do cavalete. (Fig. 36).

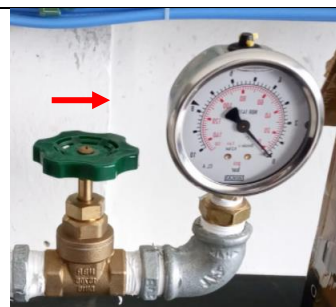


Fig. 36 - Válvula (V8) aberta.

6.2) Abrir a válvula (V10) para que o manômetro mensure a pressão na entrada do cavalete. (Fig. 37).



Fig. 37 - Válvula (V10) aberta.

6,3) Para cada ensaio deve-se reproduzir a faixa de vazão de trabalho dos hidrômetros variando de 0,18 a 1,5 m³/h, com intervalos de 0,25 m³/h e as pressões mínima e máxima, da rede de distribuição de água que são de 100 a 500 kPa, conforme na NBR 12.218, dispostos na Tabela 1.

TABELA 1 Condições hidráulicas dos ensaios

| ETAPAS | VAZÃO DE ENSAIO [m³/h] | PRESSÃO DE ENSAIO [kPa] | TEMPO DE ENSAIO (seg) |
|---------------|--|--------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,18 | 100 | 300 |
| 2 | 0,25 | 100 | 300 |
| 3 | 0,50 | 100 | 300 |
| 4 | 0,75 | 100 | 300 |
| 5 | 1,00 | 100 | 300 |
| 6 | 1,25 | 100 | 300 |
| 7 | 1,50 | 100 | 300 |
| 8 | 0,18 | 200 | 300 |
| 9 | 0,25 | 200 | 300 |
| 10 | 0,50 | 200 | 300 |
| 11 | 0,75 | 200 | 300 |
| 12 | 1,00 | 200 | 300 |
| 13 | 1,25 | 200 | 300 |
| 14 | 1,50 | 200 | 300 |
| 15 | 0,18 | 300 | 300 |
| 16 | 0,25 | 300 | 300 |
| 17 | 0,50 | 300 | 300 |
| 18 | 0,75 | 300 | 300 |
| 19 | 1,00 | 300 | 300 |
| 20 | 1,25 | 300 | 300 |
| 21 | 1,50 | 300 | 300 |
| 22 | 0,18 | 400 | 300 |
| 23 | 0,25 | 400 | 300 |
| 24 | 0,50 | 400 | 300 |
| 25 | 0,75 | 400 | 300 |
| 26 | 1,00 | 400 | 300 |
| 27 | 1,25 | 400 | 300 |
| 28 | 1,50 | 400 | 300 |
| 29 | 0,18 | 500 | 300 |
| 30 | 0,25 | 500 | 300 |

| | | | |
|----|------|-----|-----|
| 31 | 0,50 | 500 | 300 |
| 32 | 0,75 | 500 | 300 |
| 33 | 1,00 | 500 | 300 |
| 34 | 1,25 | 500 | 300 |
| 35 | 1,50 | 500 | 300 |

6.4) Ajustar a válvula (V11) para conseguir atingir a vazão desejada no ensaio. (Fig. 38).

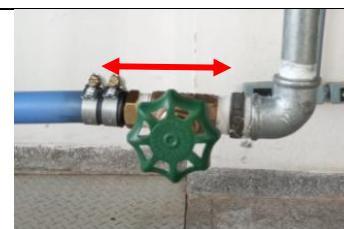


Fig. 38 – Válvula (V11) de ajuste de vazão.

6,5) Realizar a leitura do medidor de vazão eletrônico (ME) para conferência da vazão de ensaio. (Fig. 39).



Fig. 39 - Medidor de vazão eletrônico (ME).

7 - INÍCIO DA FASE DE ENSAIO

7.1) Deverá ser realizado um ensaio para cada valor de vazão e de pressão apresentados na Tabela 1. Quando atingir o valor de pressão (100kPa, 200kPa, 300 kPa, 400 kPa e 500 kPa) e a vazão (0.18 m³/h, 0.25 m³/h, 0.50 m³/h, 0.75 m³/h, 1.00 m³/h, 1.25 m³/h e 1.50 m³/h) a ser ensaiado manter o sistema funcionando durante o intervalo de 5 minutos e verifica se há vazamento pelo eliminador de ar. Os valores do peso da água e da temperatura deverão ser anotados na Tabela 2. Caso não haja vazamento este também deverá ser registrado na Tabela.

7.2) Fechar a válvula esférica (V12) do final do circuito para obstruir a saída de água do sistema. (Fig. 40).



Fig. 40 - Válvula (V4) aberta.

7.3) Fechar a válvula esférica (V9) do final do circuito para obstruir a saída de água do sistema. (Fig. 41).



Fig. 41 - Válvula (V9) fechada.

7.4) Fechar a válvula (V8), (Fig. 42).

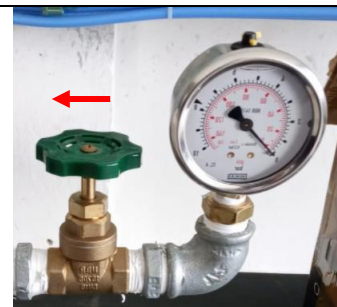


Fig. 42- Válvula (V8) fechada.

7.5) Fechar a válvula (V10), (Fig. 43).



Fig. 43 - Válvula (V8) fechada.

8 - PROCEDIMENTO DE DESLIGAMENTO DA BANCADA

Os passos descritos a seguir são necessários para o desligamento correto de todo o sistema de ensaio.

8.1) Abrir a válvula esférica de saída da mangueira (V12) para desobstruir a saída final do sistema. (Fig. 44).



Fig. 44 - Válvula (V12) aberta.

8.2) Fechar a válvula (V7), que alimenta a tubulação de 20mm. (Fig. 45).



Fig. 45 - Válvula (V7) fechada.

8.3) Fechar a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4). (Fig. 46).

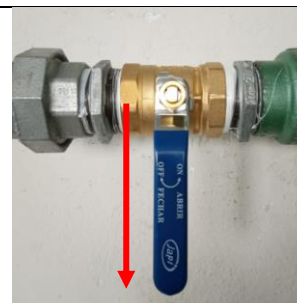






Fig. 46 - Válvula (V4) fechada.

8.4) Fechar a válvula gaveta (V3) que alimenta a válvula gaveta (V4). (Fig. 47).



Fig. 47 - Válvula (V3) fechada.

| | |
|---|--|
| <p>8.5) Fechar a válvula (V1) que alimenta todo o circuito. (Fig. 48).</p> |  <p>Fig. 48 - Válvula (V1) fechada.</p> |
| <p>8.6) Voltar os reostatos (R1 e R2) para a posição zero. (Fig. 49).</p> |  <p>Fig. 49 - Reostatos (R1) e (R2).</p> |
| <p>8.7) Fechar a válvula de resfriamento da Bomba (B1) (na posição transversal a tubulação). (Fig. 50).</p> |  <p>Fig. 50 - Válvula de resfriamento da Bomba (B1).</p> |
| <p>8.8) Desligar a chave da Bomba Centrífuga no painel de comando (para baixo). (Fig. 51).</p> |  <p>Fig. 51 - Chave da bomba (B1).</p> |


8.9) Desligar a chave geral no painel de comando (para baixo). (Fig. 52).



Fig. 52- Chave Geral.

APÊNDICE B

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

| | | |
|---|---|---|
|  | ENSAIO DE ELIMINADORES DE AR | Nº 2021001 |
| | | Autor: Dieimys S. Ribeiro |
| | | Data de emissão: |
| | | Revisores: Carlos B. Martinez Márcia V. L. Martins |
| | | Data de revisão: |

| |
|---|
| Tarefa: Ensaio de Eliminadores de Ar |
| Executante: Servidores Técnicos, Professores e Estudantes de Graduação e Pós-Graduação |
| Resultados esperados: Determinar a curva de eficiência dos equipamentos |
| Recursos necessários: |

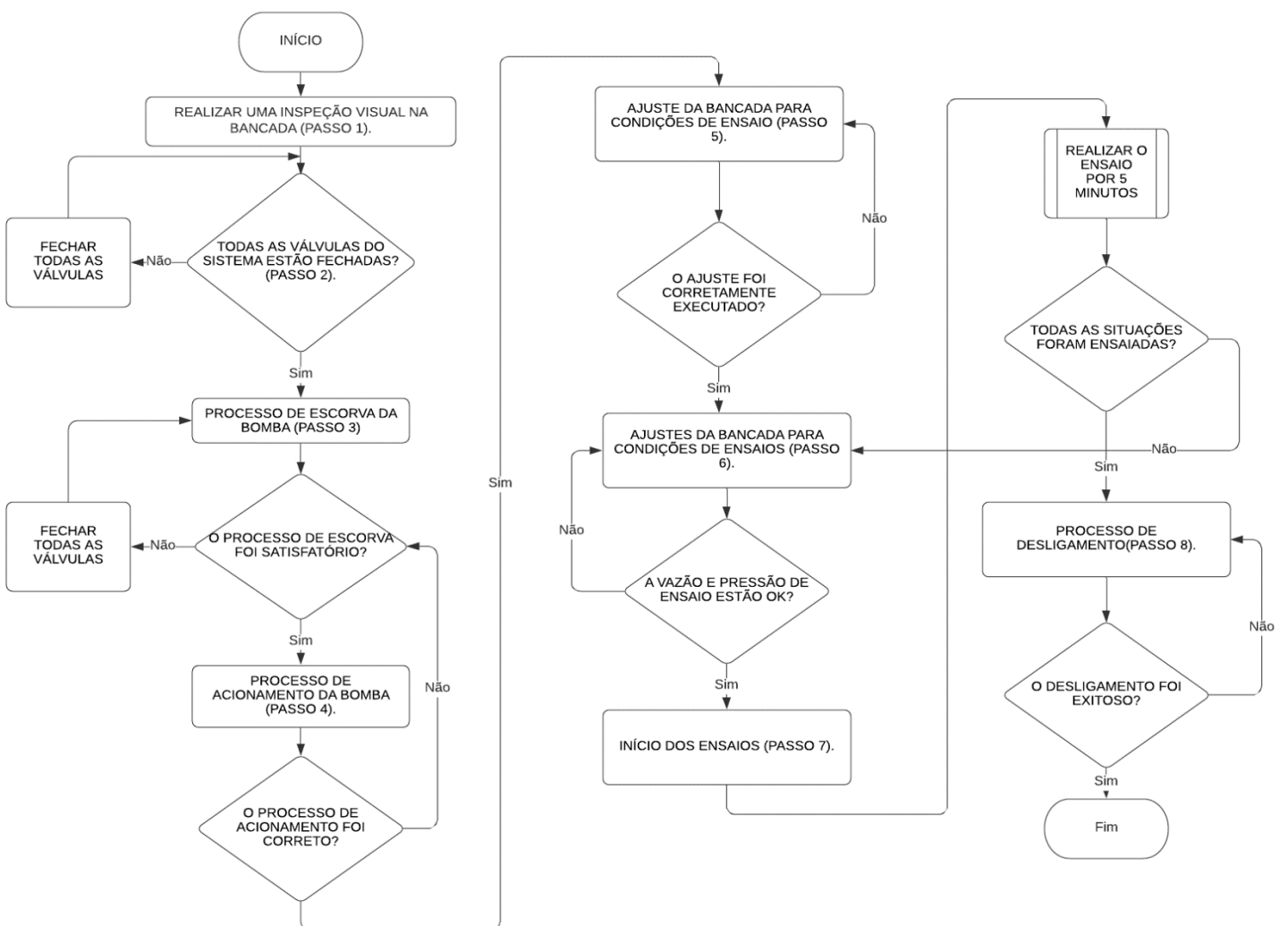
PROCEDIMENTO DE ENSAIO

(SIMULAÇÃO DAS CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO)

A retomada do processo de fornecimento de água após a interrupção do bombeamento de água tem como característica a formação de êmbolos de ar dentro da rede de distribuição de água. Nessas circunstâncias esses bolsões de ar se movimentam dentro da tubulação e acabam sendo expulsos do sistema pelas ventosas instaladas na rede. Porém, o ar que não é expelido pelo sistema tende a ser expulso nos pontos finais da rede (torneiras, registros, caixas de água e afins). Isso pode ocasionar a contabilização de ar com uma sobre taxação nas contas de água, que além de não representar um consumo efetivo se dá de forma aleatória e assimétrica. Existem no mercado brasileiro equipamentos que, segundo seus fabricantes, eliminam ou bloqueiam a passagem deste ar. O procedimento operacional

padrão descrito neste documento apresenta as etapas para realização do teste, em bancada de laboratório, de dispositivos eliminadores de ar sob condições operacionais de funcionamento, com a finalidade de mapear a eficiência da eliminação de ar na rede por meio desses dispositivos. Para isso, será utilizada uma bancada de testes que simula as condições reais do sistema de abastecimento de água, instalada no Laboratório Thermo-Hidroelétrico (LTHE) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Assim, apresenta-se a seguir o fluxograma do procedimento operacional padrão para realização dos testes de proficiência em dispositivos eliminadores de ar (Figura 1).

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ENSAIO SOB CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO



DESCRIÇÃO DA BANCADA

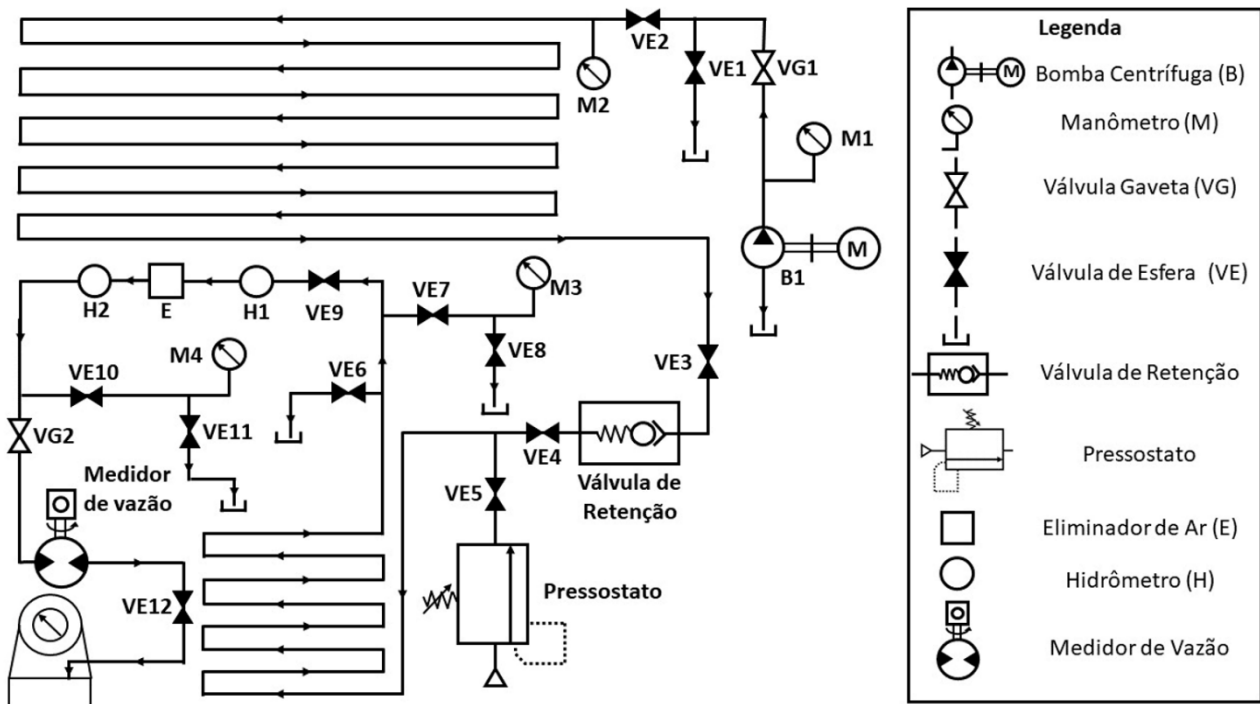
A bancada de testes de proficiência em eliminadores de ar é composta por três tubulações de diâmetros de 4", 2" e ½", uma bomba hidráulica e quinze válvulas que são utilizadas para a operação da bancada. Sendo que, para cada tipo ensaio, diferentes sequências de manobras nas válvulas são necessárias. Cinco manômetros com escala de 0 a 10 bar com divisão de 0,2 bar, Classe A, distribuídos da seguinte maneira, o manômetro 1 logo na saída da bomba, o manômetro 2 no início da tubulação secundária, o manômetro 3 na entrada do cavalete e o manômetro 4 foi instalado na saída do cavalete.

A bancada é composta por um segmento de tubulação de 4" com 12 m de comprimento que simula a rede principal de distribuição de água, o segundo segmento é de 2", com 40 m de extensão, que simula a rede secundária de distribuição, seguida por uma tubulação de ½" com 44 m, que simula a ligação da residência a rede de distribuição. A bancada está interligada a um sistema de bombeamento a montante e um dispositivo de medição volumétrica a jusante, este último composto por um suporte onde foi instalado o recipiente e uma balança que serão utilizados para pesagem do fluido. O dispositivo de eliminação de ar está instalado no cavalete entre os dois hidrômetros de forma que se consiga realizar os ensaios de operação nominal do dispositivo. O range operacional dos dois hidrômetros, se situa entre a faixa de 0,15 e 1,5 m³/h. Logo após a saída do cavalete foi instalado o um medidor de vazão com faixa de medição entre 1 e 25 l/min e com resistência de pressão máxima igual à 1750 kPa. Os ensaios contemplam pressões entre 100 kPa e 500 kPa conforme a NBR 12218 (ABNT, 1994). Os ensaios são realizados com intervalos de vazão de 0,25 m³/h

A bancada também dispõe de um compressor de ar com valores máximos de vazão e de pressão iguais à 160 l/min e 115 PSI, respectivamente, que será utilizado para preenchimento da tubulação quando necessário for.

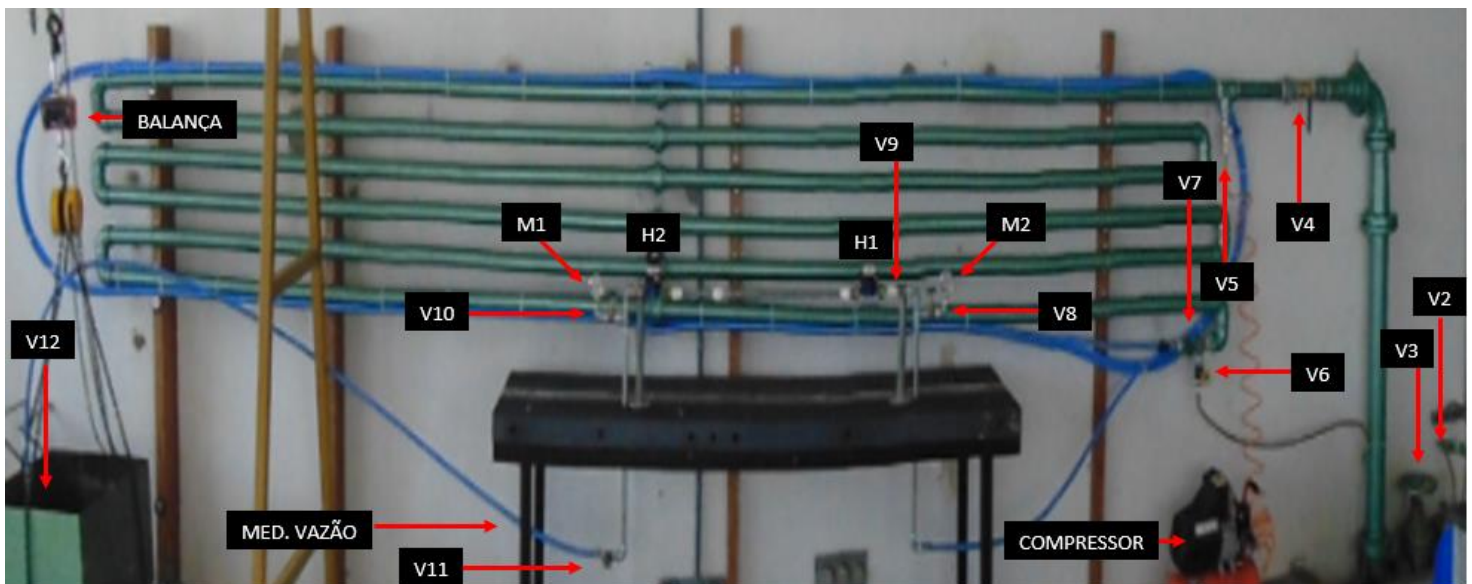
Na Figura 1 é apresentado o diagrama esquemático do circuito da bancada e na Figura 2 a foto da bancada montada no laboratório.

Figura 1 - Diagrama esquemático do circuito de ensaios



- 1) Realizar uma inspeção visual na bancada para identificar qualquer anomalia no sistema como, tubulações rachadas, peças soltas, válvulas e manômetros danificados e afins. Para auxílio na inspeção fazer um comparativo com a Figura 2.

Figura 2 - Foto da bancada de ensaios.



2.2) Fechar a válvula esférica de purga (V2), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 3).



Fig. 3 - Válvula de purga (V2)

2.3) Fechar a válvula gaveta de alimentação do circuito secundário (V3), (sentido horário). (Fig. 4).

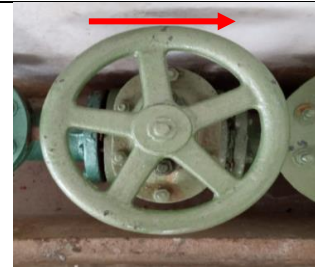


Fig. 4 - Válvula de alimentação do circ. Secundário (V3)

2.4) Fechar a válvula esférica de alimentação do circuito secundário (V4), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 5).

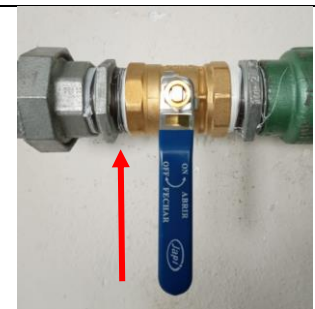


Fig. 5 - Válvula esférica de alimentação do circuito (V4)

2.5) Fechar a válvula gaveta sistema secundário (V5), (sentido horário). (Fig. 6).

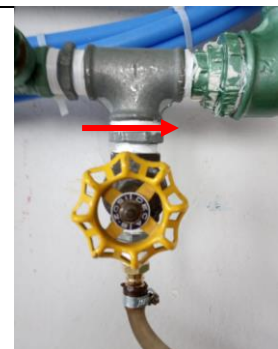


Fig. 6 - Válvula esférica de alimentação de ar (V5)

2.6) Fechar a válvula esférica de alimentação do circuito do ramal residencial (V6). (Fig. 7).



Fig. 7 - Válvula (V6).

2.7) Fechar a válvula esférica de injeção de ar (V7). (Fig. 8).



Fig. 8 - válvula esférica de injeção de ar (V7).

2.8) Fechar a válvula esférica de injeção de ar (V8). (Fig. 9).

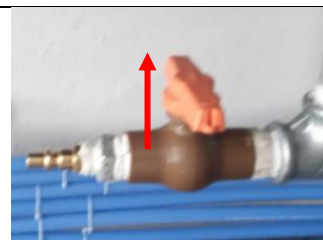


Fig. 9 - Válvula gaveta do manômetro M2 (V8)

2.9) Fechar a válvula esférica do manômetro de entrada do cavalete (V9). (Fig. 10).

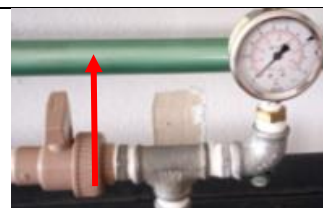


Fig. 10 - Válvula do manômetro M4 (V9)

2.10) Fechar a válvula esférica do cavalete (V10), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 11).

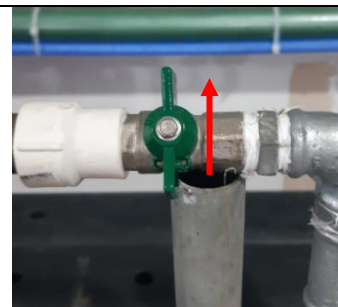


Fig. 11 - Válvula esférica do cavalete (V10)

2.11) Fechar a válvula esférica do manômetro de saída do cavalete (V11). (Fig. 12).

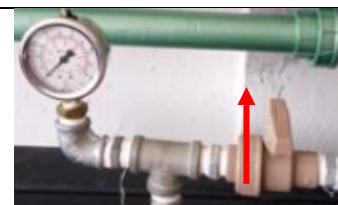


Fig. 12 - Válvula gaveta do manômetro M5 (V11)

2.12) Fechar a válvula gaveta de saída do cavalete (V12), (sentido horário). (Fig. 13).

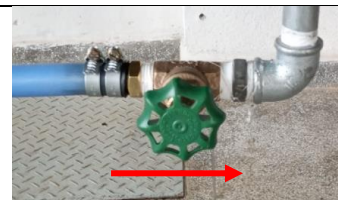


Fig. 13 - Válvula de regulação da vazão (V12)

2.13) Fechar a válvula esférica de saída da mangueira (V13), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 14).

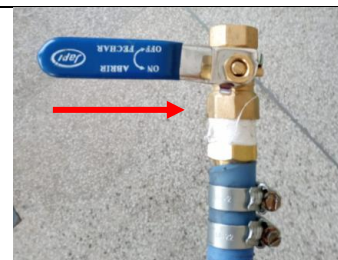


Fig.14 - Válvula de regulação da vazão (V12)

3- PROCESSO DE ESCORVA DA BOMBA

O processo de escorva tem por finalidade preencher o rotor da bomba com apenas fluido de trabalho, eliminando todo ar do sistema, para seu acionamento correto.

3.1) Acionar a válvula suspiro da Bomba (B1) para a posição aberta (vertical), essa posição proporciona a saída de ar do interior da bomba. (Fig. 15).



Fig. 15 - Válvula Suspiro

3.9) Acionar a válvula do cálice para a posição aberta (vertical), essa manobra habilita a entrada de água no interior da bomba. (Fig. 16).

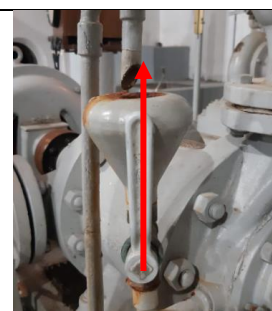


Fig. 16- Válvula do cálice de escorva

3.10) Acionar a válvula de alimentação de água do cálice (sentido horário), para injetar água no cálice. (Fig. 17).



Fig. 17 - Válvula de alimentação do cálice

3.11) Posicionar o reostato R1 (ajuste fino) em zero para proporcionar uma condição ideal de partida do equipamento. (Fig. 18).



Fig. 18 - Reostato de ajuste fino (R1)

3.12) Posicionar o reostato R2 (principal) em zero para proporcionar uma condição ideal de partida do equipamento. (Fig. 19).

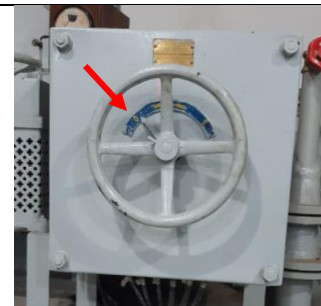


Fig. 19 - Reostato principal (R2)

3.13) Observar se houve expulsão de água pela válvula suspiro da Bomba, se sim fechá-la. Essa expulsão de líquido indica que o interior da bomba foi completamente preenchido por água. (Fig. 20).



Fig. 20 - Válvula de suspiro

3.14) Fechar a válvula do cálice (horizontal). Essa manobra é necessária para que o interior da bomba não sofra interferências externas. (Fig. 21).

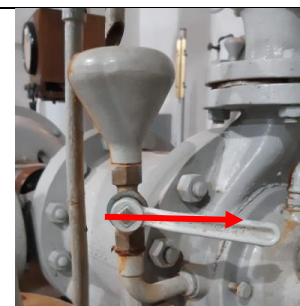


Fig. 21 - Válvula do cálice

3.15) Fechar a válvula de alimentação do cálice para escorva (sentido anti-horário). Essa manobra é necessária para que não extravase a água dentro do cálice. (Fig. 22).



Fig. 22 - Válvula de alimentação do cálice

4 - PROCESSO DE ACIONAMENTO DA BOMBA

Para a alimentação da bomba b1 é necessário realizar os seguintes passos:

4.1) Acionar a chave geral do painel de comando (para cima). Esse movimento energiza as demais chaves do quadro de comando. (Fig. 23).



Fig. 23 - Chave geral

4.5) Acionar a chave da Bomba Centrífuga (B1) (para cima). Essa manobra energiza a bomba. (Fig. 24).

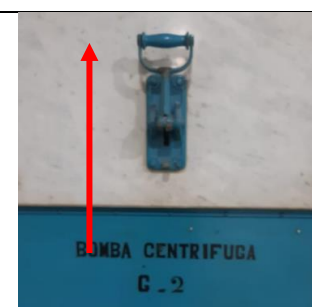
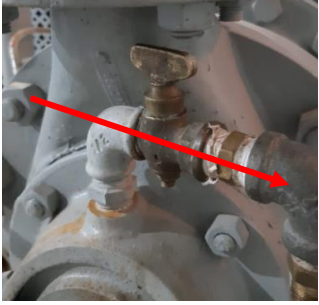

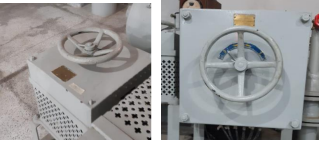
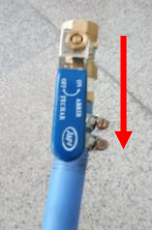


Fig. 24 - Chave da bomba

| | |
|---|--|
| <p>4.6) Abrir a válvula de resfriamento da Bomba (B1) (alinhada a tubulação). A abertura proporciona o fluxo de água que resfria componentes da bomba. (Fig. 25).</p> |  <p>Fig. 25 - Válvula de resfriamento</p> |
| <p>4.7) Ajustar a Pressão a ser ensaiada no Manômetro (M1) por meio dos reostatos (R1 e R2). Oscilando os volantes dos reostatos a pressão/vazão da bomba sofre alterações. (Fig. 26 e 27).</p> |  <p>Fig. 26 - Manômetro da bomba (M1)</p>  <p>Fig. 27 - Reostatos (R1 e R2)</p> |

| | |
|--|--|
| <p>5 - AJUSTE DA BANCADA DE ENSAIOS</p> | |
| <p>Antes de alimentar todo o circuito com água é necessário realizar o ajuste da bancada de ensaio para desobstrução de todo o sistema garantindo a livre passagem do fluido até atingir a jusante do sistema.</p> | |
| <p>5.1) Abrir a válvula esférica de saída da mangueira (V13) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 28).</p> |  <p>Fig. 28 - Válvula (V13) aberta.</p> |

5.9) Abrir a válvula de gaveta (V12) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 29).



Fig. 29 - Válvula (V12) aberta.

5.10) Abrir a válvula esférica (V10) do cavalete para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 30).

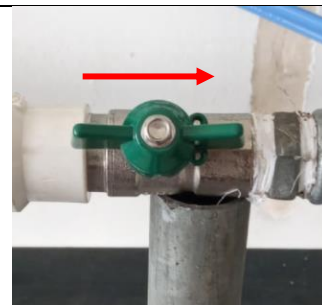


Fig. 30 - Válvula (V9) aberta.

5.11) Abrir a válvula esférica de alimentação do circuito de 20mm (V6) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 31).







Fig. 31 - Válvula (V6) aberta.

5.12) Abrir a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 32).



Fig. 32 - Válvula (V4) aberta.

| | |
|--|--|
| <p>5.13) Abrir a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 33).</p> |  <p>Fig. 33 - Válvula (V4) aberta</p> |
| <p>5.14) Abrir a válvula gaveta (V3) que alimenta a válvula gaveta (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 34).</p> |  <p>Fig. 34 - Válvula (V3) aberta.</p> |
| <p>5.15) Abrir a válvula (V1) de saída da Bomba (sentido horário) para que a bomba (B1) preencha toda a tubulação com água. (Fig. 35).</p> |  <p>Fig. 35 - Válvula (V1) aberta.</p> |
| <p>5.16) Abrir a válvula (V2) para retirar o possível ar do sistema e ao se observar a expulsão de água pela válvula, fechá-la. Essa expulsão de ar indica que a tubulação que antevem a válvula foi preenchida com água. (Fig. 36).</p> |  <p>Fig. 35 – Válvula (V2) na posição aberta e fechada.</p> |
| <p>5.17) Após a abertura de (V1), aguardar o período dos 5 minutos para a estabilização do sistema.</p> | |

6 - AJUSTE DA BANCADA PARA CONDIÇÕES DE ENSAIOS

6.1) Abrir a válvula (V9) para que o manômetro mensure a pressão na entrada do cavalete. (Fig. 37).

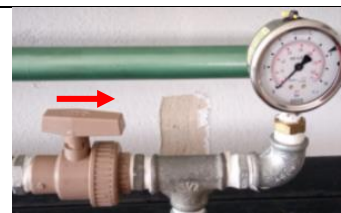


Fig. 37 - Válvula (V9) aberta.

6.2) Abrir a válvula (V11) para que o manômetro mensure a pressão na entrada do cavalete. (Fig. 38).

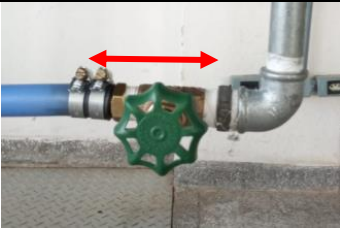

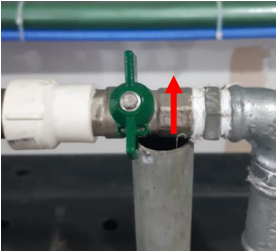


Fig. 38 - Válvula (V11) aberta.

6.3) Para cada ensaio deve-se reproduzir a faixa de vazão de trabalho dos hidrômetros variando de 0,18 a 1,5 m³/h, com intervalos de 0,25 m³/h e as pressões da rede de distribuição de água que estão entre 100 a 500 kPa, conforme na NBR 12.218, dispostos na Tabela 1

TABELA 1 Condições hidráulicas dos ensaios

| ETAPAS | VAZÃO DE ENSAIO | PRESSÃO DE ENSAIO | PRESSÃO DE ENSAIO | PRESSÃO DE ENSAIO | PRESSÃO DE ENSAIO | PRESSÃO DE ENSAIO |
|--------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | [m ³ /h] | [kPa] | [kPa] | [kPa] | [kPa] | [kPa] |
| 1 | 0,18 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 2 | 0,25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 3 | 0,50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 4 | 0,75 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 5 | 1,00 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 6 | 1,25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 7 | 1,50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |

| | |
|---|---|
| <p>6.4) Ajustar a válvula (V11) para conseguir atingir a vazão desejada no ensaio. (Fig. 39).</p> |  <p>Fig.39 – Válvula (V12) de ajuste de vazão.</p> |
| <p>6.5) Realizar a leitura do medidor de vazão para conferência da vazão de ensaio. (Fig. 40).</p> |  <p>Fig. 40 - Medidor de vazão.</p> |
| <p>6.6) Fechar a válvula (V9), essa manobra irá obstruir a vazão do sistema para poder dar início aos ensaios. (Fig. 41).</p> |  <p>Fig. 41- Válvula (V9).</p> |

7 - INÍCIO DA FASE DE ENSAIO

7.1) Cada ensaio deve ser realizado 3 vezes e os dados obtidos anotados na Tabela 2. O valor a ser considerado, deve ser a média aritmética simples dos resultados coletados.

Tabela 2 Registro dos valores de ensaio

| ENSAIO | VAZÃO VOLUMÉTRICA | HIDRÔMETRO 1 | | | HIDRÔMETRO 2 | | | BALANÇA (kg) |
|--------|----------------------|--------------|----|----|--------------|----|----|-----------------|
| | | Li | Lf | Vr | Li | Lf | Vr | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| MÉDIA | | | | | | | | |

7.2) Realizar a leitura inicial nos hidrômetros (H1 e H2) e anotar na Tabela 2. São necessários 2 hidrômetros, pois um é instalado à montante e outro à jusante do eliminador de ar. (Fig. 42).



Fig.42 – Hidrômetros (H1) e (H2).

7.3) Abrir a válvula esférica (V6) do cavalete para desobstruir a saída do sistema. Essa manobra é necessária para que haja fluxo de água no cavalete. (Fig. 43).



Fig. 43 - Válvula esférica (V10).

7.4) Cronometrar 120 segundos para cada ensaio. (Fig. 44).

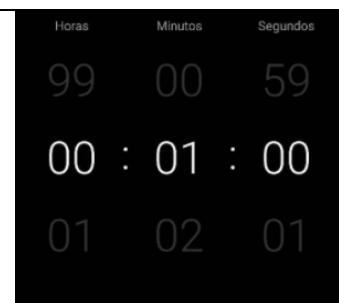


Fig. 44 - Cronômetro.

7.5) Fechar a válvula esférica (V13) do final do circuito para obstruir a saída de água do sistema, tal manobra é necessária para que a leitura volumétrica seja exata. (Fig. 45).

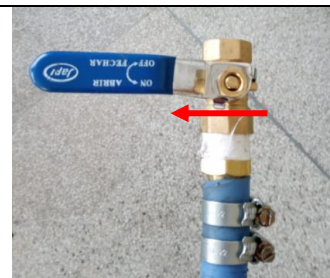


Fig. 45 - Válvula (V13) aberta.

7.6) Fechar a válvula esférica (V6) do final do circuito para obstruir a saída de água do sistema. (Fig. 46).



Fig. 46 - Válvula (V6) fechada.

7.7) Realizar a leitura final nos hidrômetros (H1 e H2) e anotar na Tabela 2. (Fig. 47).



Fig. 47 - Hidrômetros (H1) e (H2).

7.8) Realizar a leitura do peso na balança e anotar na Tabela 2. (Fig. 48).



Fig. 48 - Balança.

8 - PROCEDIMENTO DE DESLIGAMENTO DA BANCADA

Os passos descritos a seguir são necessários para um desligamento correto de todo o sistema de ensaio.

8.1) Abrir a válvula esférica de saída da mangueira (V13) para desobstruir a saída final do sistema. (Fig. 49).



Fig. 49 - Válvula (V13) aberta.

8.2) Fechar a válvula (V6), que alimenta o circuito de 20mm. (Fig.50).



Fig. 50 - Válvula (V6) fechada.

8.4) Fechar a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4). (Fig. 51).

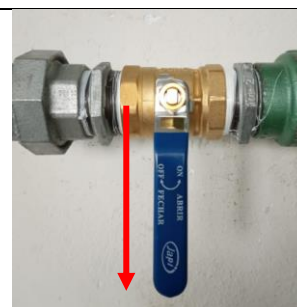


Fig. 51 - Válvula (V4) fechada.

8.5) Fechar a válvula gaveta (V3) que alimenta a válvula gaveta (V4). (Fig.52).



Fig. 52 - Válvula (V3) fechada.

8.6) Fechar a válvula (V1) que alimenta todo o circuito. (Fig.53).

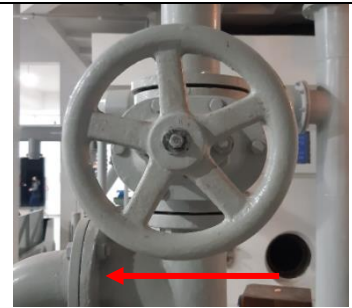


Fig. 53 - Válvula (V1) fechada.

8.7) Voltar os reostatos (R1 e R2) para a posição zero. (Fig.54).

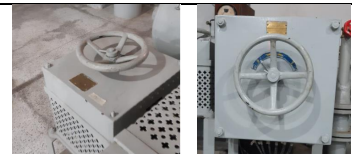


Fig. 54 - Reostatos (R1) e (R2).

8.8) Fechar a válvula de resfriamento da Bomba (B1) (na posição transversal a tubulação). (Fig.55).



Fig. 55 - Válvula de resfriamento da Bomba (B1).

8.9) Desligar a chave da Bomba Centrífuga no painel de comando (para baixo). (Fig.56).



Fig. 56 - Chave da bomba (B1).


8.10) Desligar a chave geral no painel de comando (para baixo). (Fig.57).



Fig. 57- Chave Geral.

APÊNDICE C

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

| | | |
|---|---|---|
|  | ENSAIO DE ELIMINADORES DE AR | Nº 2021002 |
| | | Autor: Dieimys S. Ribeiro |
| | | Data de emissão: |
| | | Revisores: Carlos B. Martinez Márcia V. L. Martins |
| | | Data de revisão: |

| |
|---|
| Tarefa: Ensaio de Eliminadores de Ar |
| Executante: Servidores Técnicos, Professores e Estudantes de Graduação e Pós-Graduação |
| Resultados esperados: Determinar a curva de eficiência dos equipamentos |
| Recursos necessários: |

PROCEDIMENTO DE ENSAIO

(SIMULAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RETORNO DA OPERAÇÃO)

A retomada do processo de fornecimento de água após a interrupção do bombeamento de água tem como característica a formação de êmbolos de ar dentro da rede de distribuição de água. Nessas circunstâncias esses bolsões de ar se movimentam dentro da tubulação e acabam sendo expulsos do sistema pelas ventosas instaladas na rede. Porém, o ar que não é expelido pelo sistema tende a ser expulso nos pontos finais da rede (torneiras, registros, caixas de água e afins). Isso pode ocasionar a contabilização de ar com uma sobre taxação nas contas de água, que além de não representar um consumo efetivo se dá de forma aleatória e

assimétrica. Existem no mercado brasileiro equipamentos que, segundo seus fabricantes, eliminam ou bloqueiam a passagem deste ar. O procedimento operacional padrão descrito neste documento apresenta as etapas para realização do teste, em bancada de laboratório, de dispositivos eliminadores de ar sob condições operacionais de funcionamento, com a finalidade de mapear a eficiência da eliminação de ar na rede por meio desses dispositivos. Para isso, será utilizada uma bancada de testes que simula as condições reais do sistema de abastecimento de água, instalada no Laboratório Thermo-Hidroelétrico (LTHE) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Assim, apresenta-se a seguir o fluxograma do procedimento operacional padrão para realização dos testes de proficiência em dispositivos eliminadores de ar (Figura 1).

DESCRIÇÃO DA BANCADA

A bancada de testes de proficiência em eliminadores de ar é composta por três tubulações de diâmetros de 4", 2" e ½", uma bomba hidráulica e quinze válvulas que são utilizadas para a operação da bancada. Sendo que, para cada tipo ensaio, diferentes sequências de manejos nas válvulas são necessárias. Cinco manômetros com escala de 0 a 10 bar com divisão de 0,2 bar, Classe A, distribuídos da seguinte maneira, o manômetro 1 logo na saída da bomba, o manômetro 2 no início da tubulação secundária, o manômetro 3 na entrada do cavalete e o manômetro 4 foi instalado na saída do cavalete.

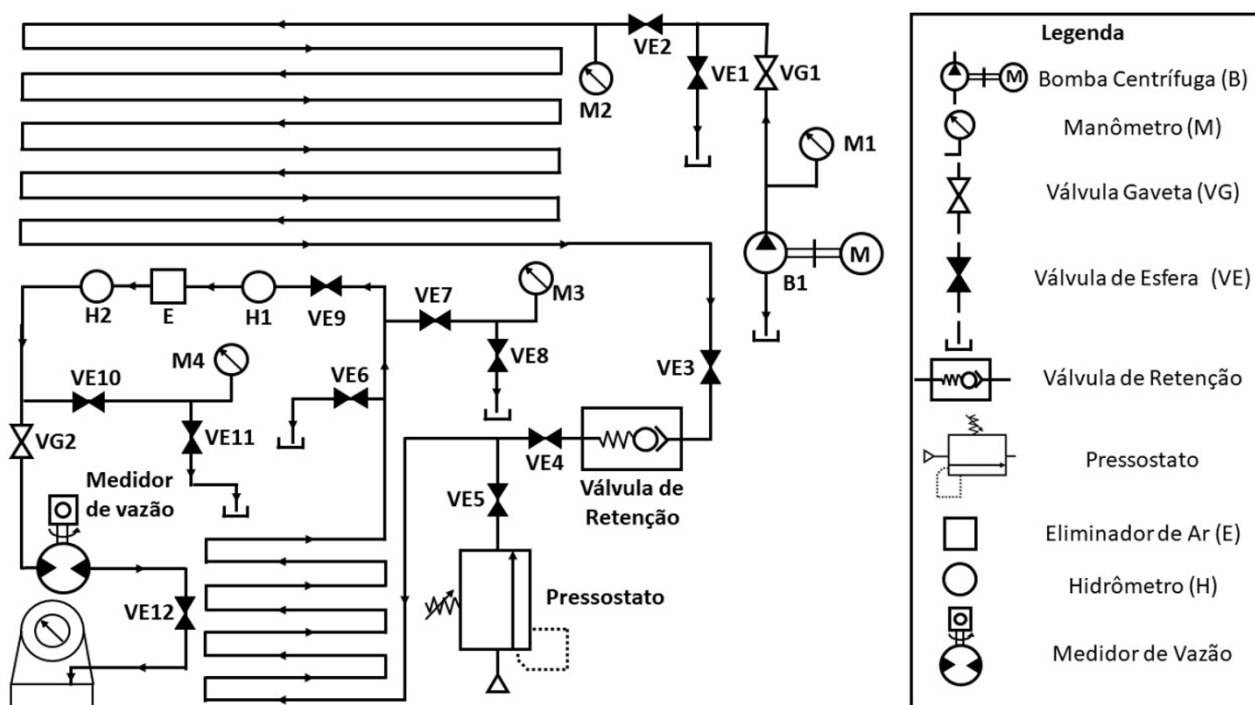
A bancada é composta por um segmento de tubulação de 4" com 12 m de comprimento que simula a rede principal de distribuição de água, o segundo segmento é de 2", com 40 m de extensão, que simula a rede secundária de distribuição, seguida por uma tubulação de ½" com 44 m, que simula a ligação da residência a rede de distribuição. A bancada está interligada a um sistema de bombeamento a montante e um dispositivo de medição volumétrica a jusante, este último composto por uma balança que será utilizada para pesagem do fluido. O dispositivo de eliminação de ar está instalado no cavalete entre os dois hidrômetros de forma que se consiga realizar os ensaios de operação nominal do dispositivo. O range operacional dos dois hidrômetros, se situa entre a faixa de 0,15 e 1,5 m³/h. Logo após a saída do cavalete foi instalado o um medidor de vazão com faixa de medição entre 1 e 25 l/min e com

resistência de pressão máxima igual à 1750 kPa. Os ensaios contemplam pressões entre 100 kPa e 500 kPa conforme a NBR 12218 (ABNT, 1994). Os ensaios são realizados com intervalos de vazão de 0,25 m³/h

A bancada também dispõe de um compressor de ar com valores máximos de vazão e de pressão iguais à 160 l/min e 115 PSI, respectivamente, que será utilizado para preenchimento da tubulação quando necessário for.

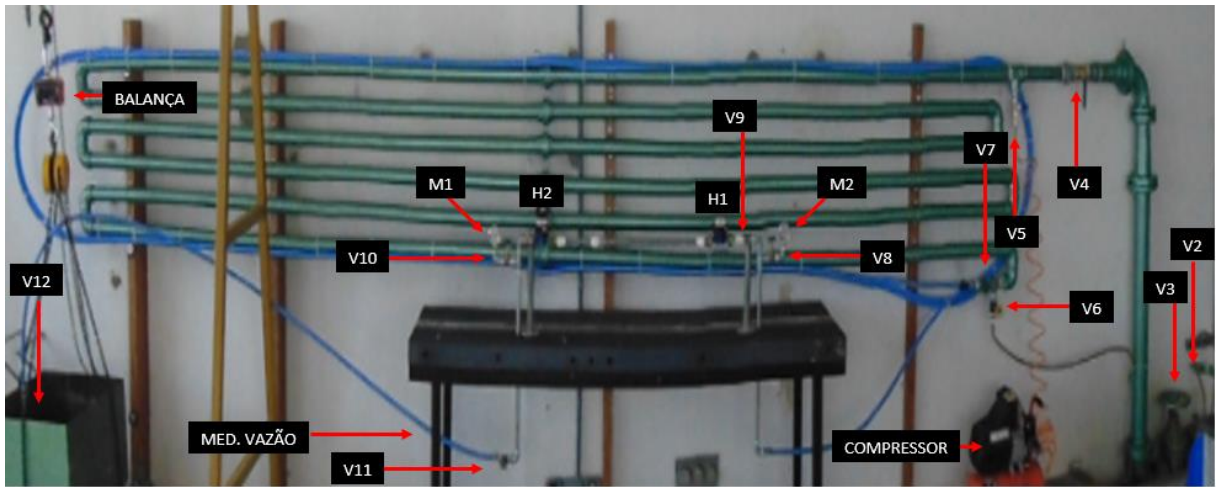
Na Figura 1 é apresentado o diagrama esquemático do circuito da bancada e na Figura 2 a foto da bancada montada no laboratório.

Figura 1 - Diagrama esquemático do circuito de ensaios.

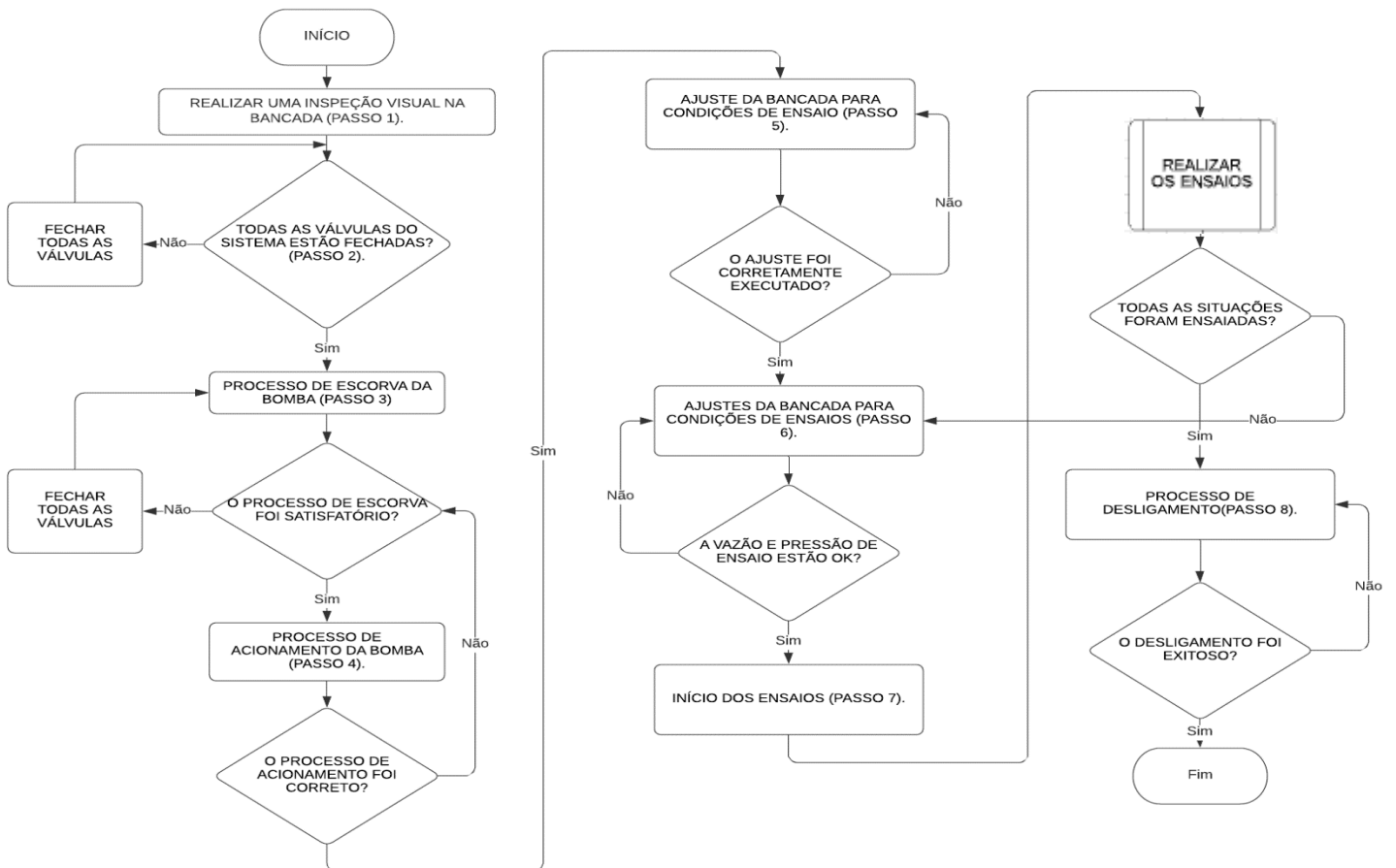


- 1) Realizar uma inspeção visual na bancada para identificar qualquer anomalia no sistema como, tubulações rachadas, peças soltas, válvulas e manômetros danificados e afins. Para auxílio na inspeção fazer um comparativo com a Figura 2.

Figura 2 - Foto da bancada de ensaios.



FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ENSAIO SOB CONDIÇÕES DE RETORNO DA OPERAÇÃO



2 - CONFERÊNCIAS DE FECHAMENTO DAS VÁLVULAS

Antes de iniciar o ensaio é necessário preparar o sistema para a partida da bomba B1, que deve ser realizado com todas as válvulas fechadas afim de garantir que a bomba seja iniciada com uma carga de pressão mínima.

2.1) Fechar a válvula gaveta de saída da Bomba (V1), (sentido horário). (Fig. 3).



Fig. 3 - Válvula de saída da bomba (V1)

2.2) Fechar a válvula esférica de purga (V2), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 4).



Fig. 4 - Válvula de purga (V2)

2.3) Fechar a válvula gaveta de alimentação do circuito secundário (V3), (sentido horário). (Fig. 5).

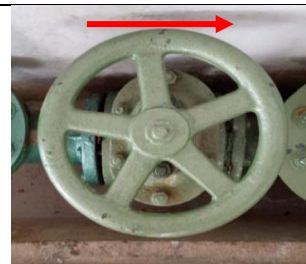


Fig. 5 - Válvula de alimentação do circ. Secundário (V3)

2.4) Fechar a válvula esférica de alimentação do circuito secundário (V4), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 6).

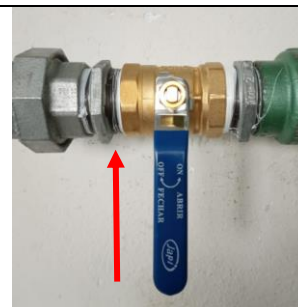


Fig. 6 - Válvula esférica de alimentação do circuito (V4)

2.5) Fechar a válvula gaveta sistema secundário (V5), (sentido horário). (Fig. 7).



Fig. 7 - Válvula gaveta do sistema secundário (V5).

2.6) Fechar a válvula esférica de alimentação do circuito do ramal residencial (V6). (Fig. 8).

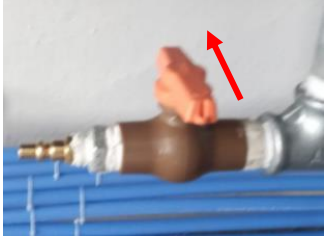

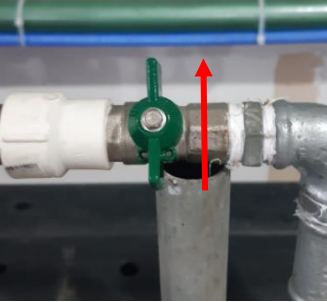




Fig. 8- Válvula (V6).

2.7) Fechar a válvula esférica de injeção de ar (V7). (Fig. 9).



Fig. 9 - válvula esférica de injeção de ar (V7).

| | |
|--|---|
| <p>2.8) Fechar a válvula esférica de injeção de ar (V8). (Fig. 10).</p> |  <p>Fig. 10 - Válvula de injeção de ar (v8)</p> |
| <p>2.9) Fechar a válvula esférica do manômetro de entrada do cavalete (V9). (Fig. 11).</p> |  <p>Fig. 11 - Válvula do manômetro M4 (V9)</p> |
| <p>2.10) Fechar a válvula esférica do cavalete (V10), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 12).</p> |  <p>Fig. 12 - Válvula esférica do cavalete (V10)</p> |
| <p>2.11) Fechar a válvula esférica do manômetro de saída do cavalete (V11). (Fig. 13).</p> |  <p>Fig. 13 - Válvula gaveta do manômetro M5 (V11)</p> |
| <p>2.12) Fechar a válvula gaveta de saída do cavalete (V12), (sentido horário). (Fig. 14).</p> |  <p>Fig. 14 - Válvula de regulação da vazão (V12)</p> |

2.13) Fechar a válvula esférica de saída da mangueira (V13), a manopla deve estar perpendicular ao sentido da válvula. (Fig. 15).

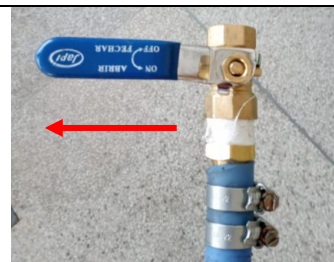


Fig. 15 - Válvula esférica de fechamento do circuito (V13)

3 - PROCESSO DE ESCORVA DA BOMBA

O processo de escorva tem por finalidade preencher o rotor da bomba com apenas fluido de trabalho, para seu acionamento correto.

3.1) Acionar a válvula suspiro da Bomba (B1) para a posição aberta (vertical), essa posição proporciona a saída de ar do interior da bomba. (Fig. 16).



Fig. 16- Válvula Suspiro

3.2) Acionar a válvula do cálice para a posição aberta (vertical), essa manobra habilita a entrada de água no interior da bomba. (Fig. 17).

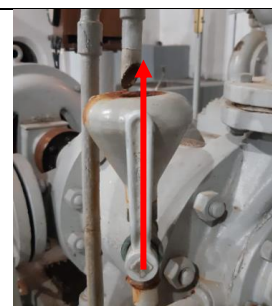


Fig. 17- Válvula do cálice de escorva

3.3) Acionar a válvula de alimentação de água do cálice (sentido horário), para injetar água no cálice. (Fig. 18).

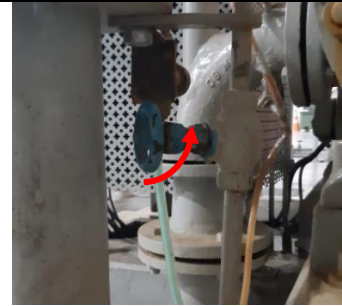


Fig. 18- Válvula de alimentação do cálice

3.4) Posicionar o reostato R1 (ajuste fino) em zero para proporcionar uma condição ideal de partida do equipamento. (Fig. 19).



Fig. 19 - Reostato de ajuste fino (R1)

3.5) Posicionar o reostato R2 (principal) em zero para proporcionar uma condição ideal de partida do equipamento. (Fig. 20).

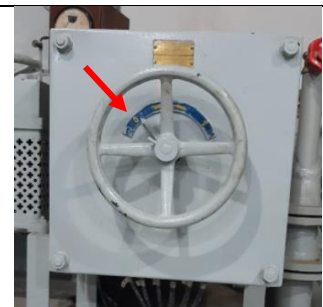


Fig. 20- Reostato principal (R2)

3.6) Observar se houve expulsão de água pela válvula suspiro da Bomba, se sim fechá-la. Essa expulsão de líquido indica que o interior da bomba foi completamente preenchido por água. (Fig. 21).



Fig. 21 - Válvula de suspiro

3.7) Fechar a válvula do cálice (horizontal). Essa manobra é necessária para que o interior da bomba não sofra interferências externas. (Fig. 22).

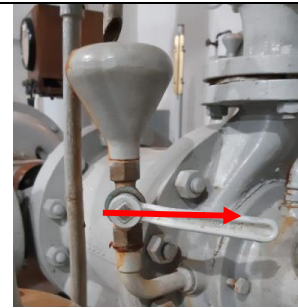


Fig. 22 - Válvula do cálice

3.8) Fechar a válvula de alimentação do cálice para escorva (sentido anti-horário). Essa manobra é necessária para que não extravase a água dentro do cálice. (Fig. 23).



Fig. 23- Válvula de alimentação do cálice

4 - PROCESSO DE ACIONAMENTO DA BOMBA

Para a alimentação da bomba b1 é necessário realizar os seguintes passos:

4.1) Acionar a chave geral do painel de comando (para cima). Esse movimento energiza as demais chaves do quadro de comando. (Fig. 24).



Fig. 24 - Chave geral

4.8) Acionar a chave da Bomba Centrífuga (B1) (para cima). Essa manobra energiza a bomba. (Fig. 25).



Fig. 25 - Chave da bomba

4.9) Abrir a válvula de resfriamento da Bomba (B1) (alinhada a tubulação). A abertura proporciona o fluxo de água que resfria componentes da bomba. (Fig. 26).



Fig. 26 - Válvula de resfriamento

4.10) Ajustar a Pressão a ser ensaiada no Manômetro (M1) por meio dos reostatos (R1 e R2). Oscilando os volantes dos reostatos a pressão/vazão da bomba sofre alterações. (Fig. 27 e 28).



Fig. 27- Manômetro da bomba (M1)



Fig. 28 - Reostatos (R1 e R2)

5 - AJUSTE DA BANCADA DE ENSAIOS

Antes de alimentar todo o circuito com água é necessário realizar o ajuste da bancada de ensaio para desobstrução de todo o sistema garantindo a livre passagem do fluido até atingir a jusante do sistema.

5.1) Abrir a válvula esférica de saída da mangueira (V13) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 29).



Fig. 29 - Válvula (V13) aberta.

5.18) Abrir a válvula de gaveta (V12) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 30).

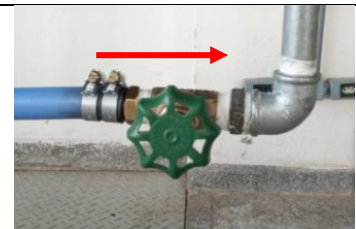


Fig. 30- Válvula (V12) aberta.

5.19) Abrir a válvula esférica (V10) do cavalete para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 31).

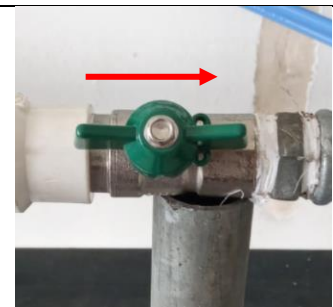


Fig. 31- Válvula (V10) aberta.

5.20) Abrir a válvula esférica de alimentação do circuito de 20mm (V6) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 32).



Fig. 32- Válvula (V6) aberta.

5.21) Abrir a válvula esférica (V5) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 33).



Fig.33- Válvula (V5) aberta.

5.22) Abrir a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 34).



Fig. 34 - Válvula (V4) aberta.

5.23) Abrir a válvula gaveta (V3) que alimenta a válvula gaveta (V4) para desobstruir a saída do sistema. (Fig. 35).

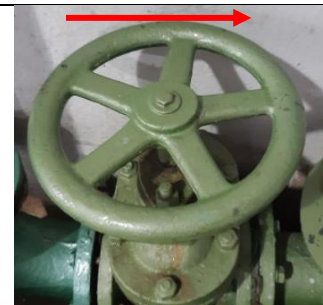


Fig. 35 - Válvula (V3) aberta.

5.24) Abrir a válvula (V1) de saída da Bomba (sentido horário) para que a bomba (B1) preencha toda a tubulação com água. (Fig. 36).

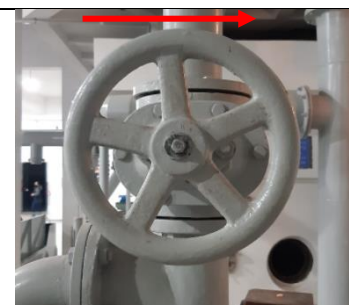



Fig. 36- Válvula (V1) aberta.

| | |
|--|--|
| <p>5.25) Abrir a válvula (V2) para retirar o possível ar do sistema e ao se observar a expulsão de água pela válvula, fechá-la. Essa expulsão de ar indica que a tubulação que antevem a válvula foi preenchida com água. (Fig. 37).</p> |  <p>Fig. 37 – Válvula (V2) na posição aberta e fechada.</p> |
| <p>5.26) Após a abertura de (V1), aguardar o período dos 5 minutos para a estabilização do sistema.</p> | |

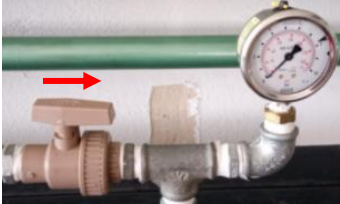
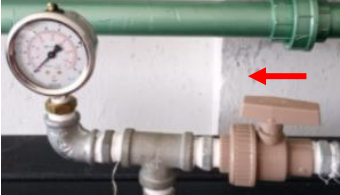
| <p>6 - AJUSTE DA BANCADA PARA CONDIÇÕES DE ENSAIOS</p> | |
|---|--|
| <p>6.1) Abrir a válvula (V9) para que o manômetro mensure a pressão na entrada do cavalete. (Fig. 38).</p> |  <p>Fig. 38 - Válvula (V9) aberta.</p> |
| <p>6.7) Abrir a válvula (V11) para que o manômetro mensure a pressão na entrada do cavalete. (Fig. 39).</p> |  <p>Fig. 39 - Válvula (V11) aberta.</p> |
| <p>6.8) Para cada ensaio deve-se reproduzir a faixa de vazão de trabalho dos hidrômetros variando de 0,18 a 1,5 m³/h, com intervalos de 0,25 m³/h e as pressões mínima e máxima, da rede de distribuição de água que são de 100 a 500 kPa, conforme na NBR 12.218, dispostos na Tabela 1. Também será expurgado 8,8 litros de água da tubulação de 20 mm em cada ensaio para que seja traçado a curva de eficiência do equipamento.</p> | |

TABELA 1 Condições hidráulicas dos ensaios

| ETAPAS | VAZÃO DE ENSAIO [m³/h] | PRESSÃO DE ENSAIO [kPa] | LITROS DE ÁGUA RETIRADOS DO SISTMA (l) |
|---------------|--|------------------------------------|---|
| 1 | 0,18 | 100 | 8,8 |
| 2 | 0,25 | 100 | 8,8 |
| 3 | 0,50 | 100 | 8,8 |
| 4 | 0,75 | 100 | 8,8 |
| 5 | 1,00 | 100 | 8,8 |
| 6 | 1,25 | 100 | 8,8 |
| 7 | 1,50 | 100 | 8,8 |
| 8 | 0,18 | 200 | 8,8 |
| 9 | 0,25 | 200 | 8,8 |
| 10 | 0,50 | 200 | 8,8 |
| 11 | 0,75 | 200 | 8,8 |
| 12 | 1,00 | 200 | 8,8 |
| 13 | 1,25 | 200 | 8,8 |
| 14 | 1,50 | 200 | 8,8 |
| 15 | 0,18 | 300 | 8,8 |
| 16 | 0,25 | 300 | 8,8 |
| 17 | 0,50 | 300 | 8,8 |
| 18 | 0,75 | 300 | 8,8 |
| 19 | 1,00 | 300 | 8,8 |
| 20 | 1,25 | 300 | 8,8 |

| | | | |
|----|------|-----|-----|
| 21 | 1,50 | 300 | 8,8 |
| 22 | 0,18 | 400 | 8,8 |
| 23 | 0,25 | 400 | 8,8 |
| 24 | 0,50 | 400 | 8,8 |
| 25 | 0,75 | 400 | 8,8 |
| 26 | 1,00 | 400 | 8,8 |
| 27 | 1,25 | 400 | 8,8 |
| 28 | 1,50 | 400 | 8,8 |
| 29 | 0,18 | 500 | 8,8 |
| 30 | 0,25 | 500 | 8,8 |
| 31 | 0,50 | 500 | 8,8 |
| 32 | 0,75 | 500 | 8,8 |
| 33 | 1,00 | 500 | 8,8 |
| 34 | 1,25 | 500 | 8,8 |
| 35 | 1,50 | 500 | 8,8 |

6.9) Ajustar a válvula (V12) para conseguir atingir a vazão desejada no ensaio. (Fig. 38).



Fig. 38– Válvula (V12) de ajuste de vazão.

6.10) Realizar a leitura do medidor de vazão para conferência da vazão de ensaio. (Fig. 39).



Fig. 39- Medidor de vazão.

6.11) Fechar a válvula (V6) para seccionar o circuito secundário do circuito de 20 mm. (Fig. 40).



Fig. 40 - Válvula (V6).

6.12) Abrir a válvula (V7) para injetar ar na tubulação de 20 mm até sair toda água. (Fig. 41).



Fig. 41 - Válvula (V7).

6.13) Fechara válvula (V7) após a saída de toda água (8,8 L). (Fig. 42).

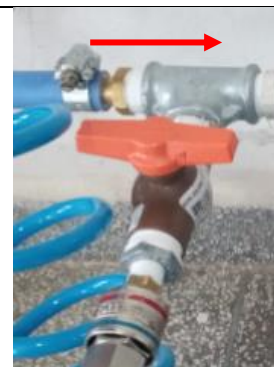


Fig. 42 - Válvula (V7).

7 - INÍCIO DA FASE DE ENSAIO

7.1) cada ensaio deve ser realizado 3 vezes e os dados obtidos anotados na Tabela 2. O valor a ser considerado, deve ser a média aritmética simples dos resultados coletados.

Tabela 2 Registro dos valores de ensaio

Li – Leitura Inicial Eficiência do eliminador (%) = $((\text{Dif.2} - \text{Dif.1}) / 8,88) * 100$

Lf – Leitura final

| ENSAIO | VAZÃO VOLUMÉTRICA (m ³ /h) | PRESÃO (kPa) | HIDRÔMETRO 1 | | | HIDRÔMETRO 2 | | | Eficiência do eliminador (%) |
|--------|---|-----------------|-----------------|----|------------|-----------------|----|------------|---------------------------------------|
| | | | Li | Lf | Dif. H1 | Li | Lf | Dif. H2 | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

7.2) Realizar a leitura inicial nos hidrômetros (H1 e H2) e anotar na Tabela 2. São necessários 2 hidrômetros, pois um é instalado à montante e outro à jusante do eliminador de ar. (Fig. 43).


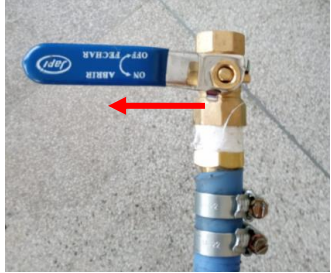




Fig. 43 – Hidrômetros (H1) e (H2).

7.3) Abrir a válvula esférica (V6) para desobstruir a saída do sistema. Essa manobra é necessária para que haja fluxo de água no cavalete. (Fig. 44).



Fig. 44 - Válvula esférica (V6).

| | |
|---|--|
| <p>7.4) Cronometrar 180 segundos para os ensaios com vazões de 3 l/m e 4,16 l/m devido à baixa vazão dos ensaios. Para as vazões de 8,33 l/m, 12,5 l/m, 16,6 l/m, 20,83 l/m e 25 l/m o tempo de ensaio é de 120 segundos (Fig. 45).</p> |  <p>Fig. 45- Cronômetro.</p> |
| <p>7.5) Fechar a válvula esférica (V13) do final do circuito para obstruir a saída de água do sistema, tal manobra é necessária para que a leitura volumétrica seja exata. (Fig. 46).</p> |  <p>Fig. 46- Válvula (V13) aberta.</p> |
| <p>7.6) Fechar a válvula esférica (V6) do final do circuito para obstruir a saída de água do sistema. (Fig. 47).</p> |  <p>Fig. 47- Válvula (V6) fechada.</p> |
| <p>7.9) Realizar a leitura final nos hidrômetros (H1 e H2) e anotar na Tabela 2. (Fig. 48).</p> |  <p>Fig. 48- Hidrômetros (H1) e (H2).</p> |

8 - PROCEDIMENTO DE DESLIGAMENTO DA BANCADA

Os passos descritos a seguir são necessários para um desligamento correto de todo o sistema de ensaio.

8.1) Abrir a válvula esférica de saída da mangueira (V13) para desobstruir a saída final do sistema. (Fig. 49).



Fig. 49 - Válvula (V13) aberta.

8.2) Fechar a válvula esférica de alimentação do ramal secundário (V4). (Fig. 50).

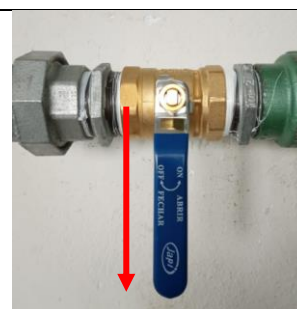


Fig. 50 - Válvula (V4) fechada.

8.3) Fechar a válvula gaveta (V3) que alimenta a válvula gaveta (V4). (Fig. 51).

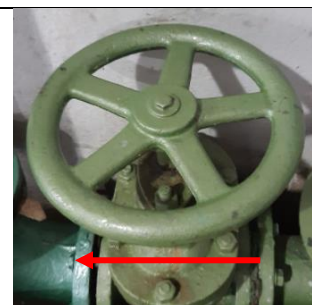


Fig. 51 - Válvula (V3) fechada.

8.4) Fechar a válvula (V1) que alimenta todo o circuito. (Fig. 52).

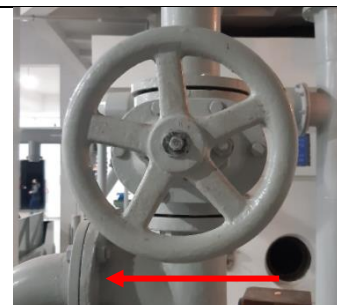
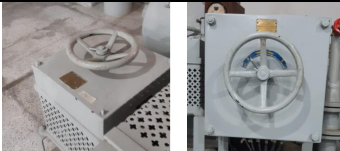





Fig. 52 - Válvula (V1) fechada.

| | |
|---|---|
| <p>8.5) Voltar os reostatos (R1 e R2) para a posição zero. (Fig. 53).</p> |  <p>Fig. 53 - Reostatos (R1) e (R2).</p> |
| <p>8.6) Fechar a válvula de resfriamento da Bomba (B1) (na posição transversal a tubulação). (Fig. 54).</p> |  <p>Fig. 54 - Válvula de resfriamento da Bomba (B1).</p> |
| <p>8.7) Desligar a chave da Bomba Centrífuga no painel de comando (para baixo). (Fig. 55).</p> |  <p>Fig. 55 - Chave da bomba (B1).</p> |
| <p>8.8) Desligar a chave geral no painel de comando (para baixo). (Fig. 56).</p> |  <p>Fig. 56 - Chave Geral.</p> |

Formulário para descrição dos impactos dos produtos técnicos e tecnológicos

| Perguntas | Preencher com as respostas |
|--|--|
| Qual a finalidade do produto tecnológico elaborado? | O produto elaborado, (POP's), tem por objetivo padronizar os ensaios de proficiência de sistemas eliminadores de ar de modo que os resultados de testes possam ser comparados entre si. |
| Qual a abrangência (local, regional, nacional ou internacional) da aplicação do produto tecnológico elaborado? | A abrangência é Nacional uma vez que os problemas relativos à existência de ar em redes de abastecimento que é uma característica Brasileira. |
| Descrever a(s) área(s) impactadas pelo produto tecnológico elaborado. | Áreas de Hidráulica e de Saneamento básico (principalmente). |
| Descrever os tipos de impacto do produto tecnológico elaborado. | O impacto esperado é relativo à possibilidade da disponibilização para a população de sistemas eliminadores de ar que sejam funcionais. |
| Descrever a replicabilidade do produto tecnológico elaborado. | Os Procedimentos Operacionais (POP's) apresentados permitirão que ensaios sejam realizados sob procedimentos unificados permitindo que os resultados sejam comparáveis entre si, mesmo que sejam feitos em diversos laboratório no Brasil. |
| Descrever a inovação do produto tecnológico elaborado. | A inovação se dá a criação de metodologias de ensaios aplicadas a determinados equipamentos de eliminação de ar de redes de abastecimento. |
| Descrever os setores da sociedade que podem ser beneficiados por este produto. | Setor de abastecimento de água. |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 212 - Medidores velocimétricos de água potável fria até 15 m³/h.** Rio de Janeiro, 1999.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12218 - Projeto de rede de Distribuição de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 2007.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 37120 - Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida.**ABNT. Rio de Janeiro 18/01/2017.

BATISH, Rajiv. **A New Approach to the Design of Intermittent Water Supply Networks.** In: WORLD WATER & ENVIRONMENTAL RESOURCES CONGRESS 2003 2003, Reston, VA. **Anais [...].** Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2003. p. 1–11. DOI: 10.1061/40685(2003)123. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40685%282003%29123>. Acesso em: 14 jan. 2021.

BOTTURA, Luiz Fernando A.; RAVAGNANI, Lelio C.; BOTTURA, Luiz Eduardo A. **APERFEIÇOAMENTOS EM DISPOSITIVO ELIMINADOR DE AR DE HIDRÔMETRO.** Depositante: Luiz Fernando A. Bottura./ Lelio C. Ravagnani./ Luiz Eduardo A. Bottura. Procurador: Cone Sul Marcas e Patentes. BR n. MU8102401-0U2. Deposito: 31/05/2001. Publicação: 11/02/2003.

BRASIL. **Lei nº8.078 dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm. Acesso em: 14 jan. 2021.

BRASIL. **INMETRO Portaria nº246 de.** Rio de Janeiro.17 de outubro de 2000. p. 1-12.

BRASIL. **LEI Nº14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020 - Lei de saneamento básico.** 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 14 jan. 2021.

BRITO, G.; SILVA JUNIOR, P. **Brasil: Estado mais importante do país sofre crise hídrica.** Correio da Cidadania, 2015.

CAMPOS, Braz de Assis. **DISPOSIÇÃO INTRODUZIDA EM ELIMINADOR DE AR PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.** Depositante: Braz de Assis Campos. Procurador: Adilson de Souza Pena. BR n. MU8600837-4U. Depósito: 25/04/2006. Concessão: 11/12/2007.

CAMPOS, Roberto de Faria. **ELIMINADOR DE AR DE REDES PÚBLICAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM MEDIDOR DO AR ELIMINADO E À PROVA DE CONTAMINAÇÃO EXTERNA.** Depositante: Roberto de Faria Campos. BR n. MU8400843-1U. Depósito: 17/05/2004. Publicação: 27/12/2005. a.

CAMPOS, Roberto de Faria. **HIDRÔMETRO ACOPLADO A ELIMINADOR DE AR.** Depositante: Roberto de Faria Campos. BR n. MU8302884-6U. Depósito: 03/12/2003. Publicação: 26/07/2005. b.

CAMPOS, Roberto de Faria; SANTOS, Elfo Monteiro Dos; MEIRELES, Oscar Alexandre de Andrade. **ELIMINADOR DE AR DE REDES PÚBLICAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM MEDIDOR OU TOTALIZADOR DE VAZÃO DO AR ELIMINADO.** Depositante: Roberto Faria Campos./Elfo Monteiro dos Santos./Oscar Alexandre de Andrade Meireles. BR n. 8301492-6U2. Depósito: 13/03/2003. Publicação: 14/12/2004.

CONCEIÇÃO, José Egberto da. **DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA APLICADA EM EEIMINADOR DE PASSAGEM DE AR EM HIDROMETRO.** Depositante: José Egberto da Conceição. BR n. MU8801822-9U2. Depósito: 03/03/2008. Publicação: 24/01/2012.

COSTA, Antonio Augusto da. **DISPOSIÇÃO INTRODUZIDA EM DISPOSITIVO ELIMINADOR DE AR PARA REDE FLUVIAL.** Depositante: Antonio Augusto da Costa. Procurador: Scorpions Marcas e Patentes SC Ltda. BR n. MU8002884-5U2. Depósito: 20/12/2000. Concessão:19/02/2009.

DAVID, Carlos Corrêa. **DISPOSITIVO ELIMINADOR DE AR APLICADO EM REDE HIDRÁULICA.** Depositante: Carlos Correa David. Procurador: Sandro Wunderlich. BR n. PI0304697-4A. Depósito: 05/11/2003. Publicação: 28/06/2005.

EOS. **História do saneamento básico e tratamento de água e esgoto.** 2021. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-e-esgoto/>. Acesso em: 12 jan. 2021.

ERNESTO; GONZALEZ. **ELIMINAÇÃO DO AR DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS RESIDENCIAIS, COMERCIAIS E INDUSTRIAIS.** Depositante: Moacyr Jacob Gonzalez. Procurador: Leandro Dikesch da Silveira. BR n. c30000091-4. Depósito: 29/06/2001. Publicação: 05/03/2002.

FALVEY, H. T. **Air-water Flow in Hydraulic Structures.** Air-water flow in hydraulic systems. United States Bureau of Reclamation. Engineering Monograph n. 41, 1980.

FERNANDES, João Batista. **ELIMINADOR DE AR DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PÚBLICA E DE PROCESSOS INDUSTRIAIS.** Depositante: Quadra 1 Industria e Comercio. BR n. PI0204536-2A. Depósito: 05/06/2002. Publicação: 08/06/2002.

FERTONANI., Reinaldo; FERTONANI, Aloisio. **DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA APLICADA EM CONJUNTO ELIMINADOR DE PRESSÃO DE AR EM HIDRÔMETROS** Depositante: Reinaldo Fertoni./ Aloisio Fertoni. BR n. MU8401091-6U. Depósito: 28/05/2004. Publicação: 17/01/2006.

FIGUEIREDO, Chenia Rocha et al. **Emprego de equipamentos eliminadores e bloqueadores de ar em ramais prediais de sistemas públicos de abastecimento de água.** Brasilia 17/04/2017.

GOIRIZ, José Luiz Sande. **ELIMINADOR DE AR.** Depositante: Actaris LTDA. Procurador: Icamp Assessoria Empresarial S/C Ltda. BR n. PI0300206-3A. Depósito:24/01/2003. Pulicação: 19/10/2004.

GOMES, Enoque Cunha. **Título: BLOQUEADOR E ELIMINADOR DE AR EM (57) Resumo: "BLOQUEADOR E ELIMINADOR DE AR EM TUBULAÇÕES.** Depositante: Enoque Cunha Gomes. BR n. PI9805286-1A. Depósito: 09/11/1998. Publicação: 12/09/2000.

JATOBÁ, CARLOS ROBERTO. **PISTÃO ELIMINADOR DE AR.** Depositante: Carlos Roberto Jatobá. Procurador: Carlos Alberto Jatobá. BR n. PI9705735-5A. Depósito:12/11/1997. Concessão: 06/07/1999.

LEAL, Fabiano Cesar Tosetti; TEIXEIRA, Júlio César. **AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA E DA POSSIBILIDADE DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA EM ELIMINADORES DE AR FABRICADOS EM POLIPROPILENO, QUANDO INSTALADOS EM CAVALETES DE LIGAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL-ESTUDO DE CASO: JUIZ DE FORA-MG.**

Engenharia Sanitária Ambiental, v. 6, n. 3, p. 96-97, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 187–192, 2004.

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, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 343–352, 2011. DOI: 10.1590/S1413-41522011000400005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522011000400005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 jan. 2021.

MATHIEU, Francisco. **SISTEMA DE CONTROLE DE REFLUXO COM SANGRIA DE AR**. Depositante: Francisco Mathieu. Procurador: Sociedade Civil Braxil Ltda. BR n. MU7900652-3U. Depósito: 22/03/1999. Publicação: 24/10/2000.

PEREIRA, José; **DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA APLICADA A EUMINADOR DE AR DE HIDRÔMETROS**. Depositante: Nansem do Nordeste S/A. Procurador: Soares Assessoria Empresarial S/C Ltda. BR n. MU7302090-7U. Depósito: 01/10/1993. Publicação 17/05/1994.

PEREIRA, José. **DISPOSITIVO ELIMINADOR DE AR PARA HIDÔMETROS**. Depositante: Dolphi Engenharia e Comercio Ltda. Procurador: Sociedade Ciil Braxil Ltda. BR n. MU7802531-1U. Depósito: 11/12/1998. Publicação: 13/06/2000.

PROCÓPIO, Lopes Ney. **QUANTIFICAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA DE TESTES DO VOLUME DE AR MEDIDO EM LIGAÇÕES PREDIAIS**. 2007. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, p 1-125 , 2007.

RODRIGUES, Solemar José. **ELIMINADOR DE AR EM DUTOS HIDRÁULICOS**. Depositante: Solemar José Rodrigues. BR n. PI0404777-0A. Depósito: 28/10/2004. Publicação: 13/06/2004.

SACRAMENTO, Marianna Ramos. **ELIMINADOR DE AR**. Depositante: Marianna Ramos Sacramento. BR n. MU8300802-0U2. Depósito: 16/05/2003. Publicação: 14/12/2004. Publicação: 14/12/2004. a.

SACRAMENTO, Marianna Ramos. **ELIMINADOR DE AR**. Depositante: Marianna Ramos Sacramento. BR n. MU8301285-0U2. Depósito: 16/05/2003. Publicação: 14/12/2004. b.

SANTOS, Carlito Caetano. **CONJUNTO ELIMINADOR DE AR DA REDE DE ÁGUA EM TUBULAÇÕES HIDRÁULICAS**. Depositante: Carlito Caetano Santos. BR n.

MU8501863-5Y1. Depósito: 29/06/2005. Concessão: 30/12/2014.

SANTOS, João Maria Libano Dos; FELISBERTO, Celso. **ELIMINADOR DE AR.** Depositante: Celso Felisberto./João Maria Libano dos Santos. BR n. PI9602365-1A. Depósito: 02/05/1996. Concessão: 01/09/1998.

SANZ, Anmdn Cesar. **Mini eliminador de ar de tubulações hidráulicas** Depositante: Arlindo Cesar Sanz. BR n. MU7401566-4U. Depósito: 23/08/1994. Publicação: 04/06/1996.

SETUBAL, Ernesto; GONZALEZ, Moacyr Jacob. **ELIMINAÇÃO DO AR DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS RESIDENCIAIS, COMERCIAIS E INDUSTRIAIS.** Depositante: Otacilio Barbosa de Sousa. Procurador: Celso de Carvalho Mello. BR n. PI9702755-3A. Depósito: 13/08/1997. Publicação: 09/03/2002.

SILVA, NELSON RODRIGUES; **EVIT-AR.F** Depositante: Nelson Rodrigues da Silva. BR n. MU8101858-4U2. Depósito: 09/08/2001. Publicação: 01/07/2003.

SIRTOLI, Vinicus Grando; WATABE SATO, Airton Akio; BERTEMES FILHO, Pedro. **Medición del volumen de aire en hidrómetro residencial: resultados preliminares.** *Ingeniería Solidaria*, [S. l.], v. 12, n. 19, p. 73–79, 2016. DOI: 10.16925/in.v12i19.1195. Acesso em: 28/04/2021.

SOUSA, Otecllio Barbosa De. **DISPOSITIVO BLOQUEADOR DE ENTRADA DE AR PARA HIDRÓMETROS.** Depositante: Otacilio Barbosa de Sousa. Procurador: Celso de Carvalho Mello. BR n. PI9702755-3A. Depósito: 13/08/1997. Publicação: 09/03/1999.

SOUZA, R. S.; POLIZER, M.; RONDON, M. A. C.; VAL, L. A. A.; J., Gonda. **Avaliação da influência de um equipamento eliminador de ar na medição de consumo de água numa rede de distribuição.** *In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2005, Campo Grande. Anais [...].* Campo Grande p. 1–11.

TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio. **LAUDO 2007/01.** Disponível em: www.mdcmg.com.br/wp-content/uploads/2017/06/laudo_fluiar_18_11_07.pdf. Acesso em: 03/03/2021. Itajubá - MG.

TSUTIYA. **Abastecimento de Água Tsutiya | Engenharia | Águas Residuais.** 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica

da Universidade de São Paulo, 2005. p. 156-19. 2005. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/372479937/Abastecimento-de-Agua-Tsutiya>. Acesso em: 13 jan. 2021.

TURA, Sergio. **ELIMADOR DE AR EM SISTEMAS HIDRÁULICOS**. Depositante: Sergio Tura./Angelo Cesar Tura. Procurador: Ifemp Instituto de Fomento Empresarial Ltda. BR n. MU7901812-2U. Deposito: 06/08/1999. Publicação: 13/03/2001. a.

TURA, Sergio. **ELIMINADOR DE AR EM SISTEMAS HIDRAULICOS**. Depositante: Sergio Tura./Angelo Cesar Tura. Procurador: Ifemp Instituto de Fomento Empresarial Ltda. BR n. MU7901811-4U. Deposito: 06/08/1999. Publicação: 13/03/2001. b.

TURA, Sérgio. **ELIMINADOR DE AR EM SISTEMAS HIDRÁULICOS**. Depositante: Sergio Tura; Angelo Cesar Tura. Procurador: Ifemp Instituto de Fomento Empresarial Ltda. BR n. MU7801791-2U. Deposito: 17/08/1998. Publicação: 21/06/2005.