

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

**Ensaio com hidrômetros: verificação da passagem de ar pela
tubulação**

EDUARDO HENRIQUE MENDES DOS SANTOS JUNIOR

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA CIVIL**

**Ensaio com hidrômetros: verificação da passagem de ar pela
tubulação**

EDUARDO HENRIQUE MENDES DOS SANTOS JUNIOR

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira

Coorientador: Prof. Dr. Wilker Alves Morais

Coorientador: Prof. Dr. Hugo Leonardo Souza Lara Leão

Rio Verde, GO

março, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S237e Santos Júnior, Eduardo Henrique Mendes dos
Ensaio com hidrômetros: verificação da passagem de
ar pela tubulação / Eduardo Henrique Mendes dos
Santos Júnior; orientador Marconi Batista Teixeira;
co-orientador Wilker Alves Morais. -- Rio Verde,
2022.
25 p.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. ar na medição. 2. conta de água. 3. passagem de
ar em hidrômetros. 4. sistema de abastecimento. 5.
válvula de retenção. I. Teixeira, Marconi Batista ,
orient. II. Morais, Wilker Alves, co-orient. III.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Eduardo Henrique Mendes dos Santos Júnior

Matrícula: 2015102200840436

Título do Trabalho: Ensaio com hidrômetros: verificação da passagem de ar pela tubulação

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: Futuramente parte do trabalho será publicado em forma de artigo científico.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 11/04/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

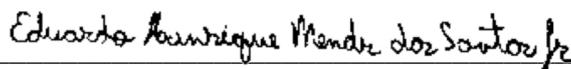
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, GO, 28/03/2022.

Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do orientador



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 15/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 21 dias do mês de março de 2022, às 19:00 horas e 20 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Marconi Batista Teixeira (orientador), Michell Macedo Alves (membro) e Patrícia Caldeira de Souza (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “**Ensaio com hidrômetros: verificação da passagem de ar pela tubulação**” do estudante **Eduardo Henrique Mendes dos Santos Junior**, Matrícula nº 2015102200840436 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Marconi Batista Teixeira

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Michell Macedo Alves

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Patrícia Caldeira de Souza

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Patricia Caldeira de Souza**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/03/2022 14:16:24.
- **Michell Macedo Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/03/2022 16:29:50.
- **Marconi Batista Teixeira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/03/2022 15:26:06.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 370985

Código de Autenticação: fe1731112f



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

RESUMO

SANTOS JUNIOR, Eduardo Henrique Mendes dos. **Ensaio com hidrômetros: verificação da passagem de ar pela tubulação.** 2022. 25p Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

O hidrômetro é o dispositivo que permite quantificar o volume de água por unidade de tempo que é destinado a residência e/ou empresa, e que permite monitorar o consumo de água aonde se faz necessário a realização de cobrança pelo uso ou mesmo para o monitoramento de seu uso, nos casos em que não há cobrança. O objetivo deste trabalho é identificar se a passagem de ar pelo hidrômetro causa alteração no monitoramento da vazão, bem como a eficiência de válvulas de retenção. A metodologia adotada abrangeu o levantamento de dados a partir de experimentos em laboratório, inserindo-se ar junto ao fluxo de água e anotados os valores mostrados nos hidrômetros e comparados com o recipiente graduado, sendo feito posteriormente uma análise estatística por meio de programa computacional. Após os ensaios, foi comprovado que o ar presente na rede causa alterações significativas na marcação dos hidrômetros, e a utilização da válvula de retenção não apresentou melhoras nas marcações dos hidrômetros em geral e apresentando piora na marcação em um dos hidrômetros.

Palavras-chave: ar na medição, conta de água, passagem de ar em hidrômetros, sistema de abastecimento, válvula de retenção.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo geral.....	8
2.2 Objetivo específico	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1 Vazão.....	8
3.2 Pressão	8
3.3 Medidor de pressão.....	9
3.4 Hidrometria	9
3.4.1 Dispositivo totalizador do hidrômetro	10
3.5 Válvula de retenção	10
3.6 Cobrança.....	11
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6 CONCLUSÕES.....	23
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos, define que, a água é um recurso natural limitado de domínio público e com valor econômico, devendo haver gerenciamento e cobrança pelo seu uso.

Partindo da captação até o seu consumidor final, a água de abastecimento público percorre um longo caminho, passando por várias unidades de tratamento antes de chegar ao seu destino. Estas unidades, assim como toda a rede de distribuição que leva aos pontos de consumo é denominada Sistema de Abastecimento de Água (TSUTIYA, 2006).

Em estudo de Mello e Farias (2001), apontam que em condições normais de abastecimento a presença de ar é desprezível, porém em situações extraordinárias pode ocorrer a entrada de ar no sistema de abastecimento, podendo alterar o valor a ser pago pelo consumidor.

Devido a algumas situações que ocorrem durante o funcionamento da rede de distribuição, como o preenchimento e esvaziamento de adutoras e trechos da rede de distribuição, válvulas de alívio com defeito, ou pelo baixo nível nos reservatórios, ocasionando vórtices na tubulação de saída, entre alguns outros fatores, pode ocorrer a entrada de ar no sistema e, eventualmente, esse ar chegar até o consumidor (TSUTIYA, 2005).

O dispositivo que mede a quantidade de água consumida pelo usuário para que seja feita uma cobrança pelo seu uso é o medidor de volume de água, conhecido como hidrômetro. Em estudo feito por Lopes, Lara e Libânio (2011), confirmam que quanto maior o tempo de paralisação do abastecimento maior será a quantidade de ar chegando aos ramais residenciais, e também afirmam haver erros relacionados à presença de ar misturado à água ao aferir o volume escoado pelo hidrômetro.

Scalizi (2015), afirma que com os constantes aumentos das tarifas de serviços públicos, a população como um todo busca reduzir o consumo de água de forma a refletir em um menor valor na conta de água e vem-se aumentando o interesse por opções de equipamentos que possam reduzir o valor da fatura.

Este trabalho tem a finalidade de observar se o impacto causado na marcação do volume de água pelos hidrômetros pode alterar o valor a ser cobrado do consumidor, e analisar o comportamento de uma válvula de retenção quando na ocorrência de ar na tubulação, situações essas que podem vir a prejudicar financeiramente usuários do sistema público de abastecimento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo desse experimento é verificar se o funcionamento de três diferentes marcas de hidrômetros sob diferentes situações de operação do sistema hidráulico sofrerá alterações na marcação de volume podendo gerar cobranças indevidas aos usuários do sistema público de abastecimento.

2.2 Objetivo específico

Verificar se:

O funcionamento dos hidrômetros quanto a passagem de ar durante diferentes situações de trabalho sofre alteração na marcação do volume;

A válvula de retenção quando posicionada a montante do hidrômetro trará benefícios com sua utilização.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Vazão

Vazão é o volume de líquido que atravessa uma determinada seção transversal ao fluxo na unidade de tempo. Na prática é expressa em m^3/s (metro cúbico por segundo) ou em outras unidades múltiplas e submúltiplas (AZEVEDO NETTO, 2015).

3.2 Pressão

Segundo a NBR 12218/1994 (BRASIL, 1994), a pressão estática (ou piezométrica) máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa. Em mca (metro de coluna d'água), esses valores são 51,02 mca e 10,20 mca, respectivamente. Brunetti (2008) diz que, a representação da pressão em unidade de coluna de fluido é bastante cômoda, pois permite visualizar imediatamente a possibilidade que tem uma certa pressão de elevar um fluido a uma certa altura.

Partindo desta norma, sabemos que um sistema de abastecimento público de água deve fornecer ao consumidor uma pressão mínima de 100 kPa, ou 10 mca, sendo esse um valor suficiente para que consiga fornecer água para o reservatório de um edifício de 3 andares.

3.3 Medidor de pressão

O medidor mais simples de pressão é o piezômetro, um tubo transparente que é inserido na canalização ou recipiente que se deseja saber a pressão. Assim, o líquido entrará pelo tubo e a altura indicada corresponderá à pressão interna (AZEVEDO NETTO, 2015).

Outro tipo de medidor é o manômetro metálico (Bourdon), um dispositivo que irá indicar a pressão efetiva (ou manométrica) da tubulação. Esse dispositivo apresentará um valor de pressão tendo como referência a pressão atmosférica local (GOMES FILHO, 2013).

3.4 Hidrometria

É uma das partes mais importantes da hidráulica por cuidar de questões como medida de profundidade, variação do nível de água, sessões de escoamento, pressões, velocidades, vazões ou descargas, e também ensaios com bombas, turbinas, etc. Considerando a questão da vazão, são realizadas determinações para diversas finalidades, como sistemas de abastecimento de água, estudos de lançamento de esgotos, instalações hidrelétricas, obras de irrigação, defesa contra inundações, entre outras (AZEVEDO NETTO, 2015).

Segundo a Portaria 246, hidrômetro é o nome dado ao instrumento que fará a medição contínua e registro do volume de água escoando pelo transdutor de medição (INMETRO, 2000).

São aparelhos empregados para a medição da quantidade de água que escoa em intervalos de tempo longo. Existem dois tipos principais, os hidrômetros de velocidade e os hidrômetros de volume (AZEVEDO NETTO, 2015).

Os hidrômetros de velocidade são menos sensíveis a impurezas na água, de construção mais simples e, portanto, de reparação mais fácil e mais baratos. Já os hidrômetros de volume são mais sensíveis e mais precisos, utilizados para consumos pequenos, porém são mais caros, de reparação mais difícil e impurezas na água costumam emperrar seu mecanismo (AZEVEDO NETTO, 2015).

O hidrômetro funciona quando há a abertura de um ponto de utilização, com isso, a pressão disponível no sistema e a abertura desse ponto possibilitam o escoamento da água e consequentemente o próprio funcionamento do hidrômetro. A quantidade de água passando pelo hidrômetro que é necessária para que ele comece a medir o volume dentro de uma faixa aceitável de precisão é chamada de vazão mínima, normalmente estabelecida em normas e

especificações. Também temos a vazão máxima, valor em que o aparelho pode trabalhar por um tempo sem danificar-se e sem introduzir erros e perda de carga acima dos valores aceitáveis, também estabelecidos por normas e especificações (AZEVEDO NETTO, 2015).

Entre a vazão máxima e a vazão mínima temos a vazão nominal, que é a vazão utilizada para especificar o hidrômetro e também a vazão onde os erros de medição são os menores.

A Portaria nº 246 (INMETRO, 2000) diz que o volume de água escoado através do hidrômetro deve ser determinado por medidas de capacidade aferidas ou por qualquer meio de aferição aceito pelo INMETRO, com um erro inferior a $\pm 0,2\%$ do volume escoado.

3.4.1 Dispositivo totalizador do hidrômetro

Aparelho que indica o volume de água que passou pelo medidor.

O valor registrado é exibido por um mostrador, indicando o volume em metros cúbicos e seus múltiplos através de cilindros ciclométricos e indicadores de ponteiro.

A forma de fazer-se a leitura do mostrador está explicada na Figura 1.

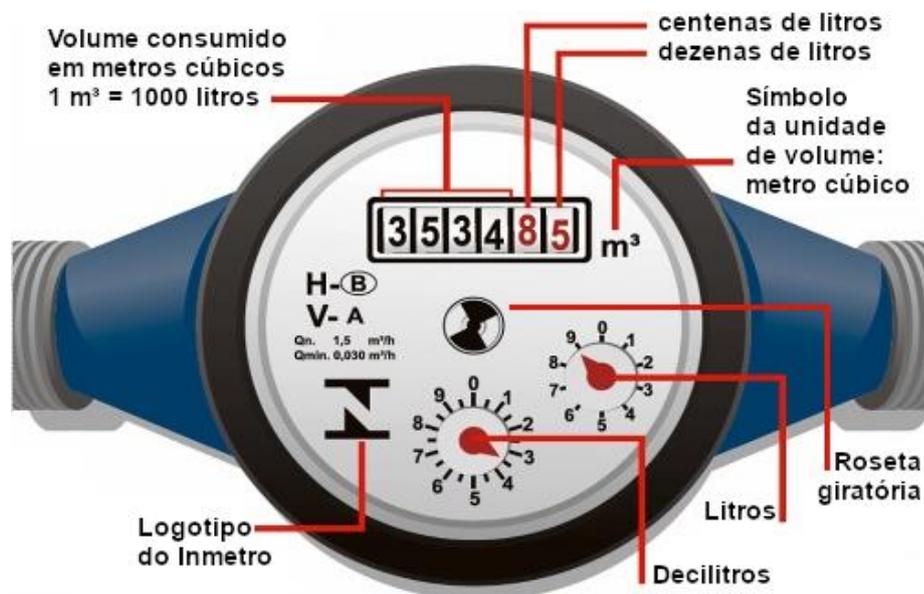


Figura 1. Mostrador do hidrômetro.

Fonte: MONTINI, L.A. Hidrômetro, 2020

3.5 Válvula de retenção

É um dispositivo colocado junto ao hidrômetro para evitar o fluxo reverso no sistema, utilizada também para regularização do fluxo de água e retenção da passagem de ar existente na tubulação de água.

Possui funcionamento simples, o mecanismo que irá impedir o fluxo reverso é composto por um obturador e uma mola, onde o obturador é empurrado pela mola para a posição que irá bloquear o fluxo quando este não estiver no sentido correto de funcionamento do sistema.

3.6 Cobrança

A cobrança pelo uso da água é feita obtendo-se o consumo mensal através da diferença no volume mostrado no hidrômetro entre dois intervalos de leitura, esse valor é então multiplicado pelas tarifas adotadas pela companhia responsável pelo abastecimento público de água.

As tabelas a seguir mostram os valores cobrados para o tipo de unidade atendida e o consumo. Foram montadas a partir da Resolução Normativa nº 0152/2019, da Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos (AGR).

Tabela 1. Custo mínimo fixo

Categoria Residencial Social	R\$ 6,36/mês
Categoria Residencial Normal	R\$ 13,45/mês
Categoria Comercial I	R\$ 13,45/mês
Categoria Comercial II	R\$ 6,72/mês
Categoria Industrial	R\$ 13,45/mês
Categoria Pública	R\$ 13,45/mês

Fonte: Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos (AGR), 2019

Tabela 2. Tarifa por consumo

Categorias	Faixas de consumo / economia (m ³ /mês)	Tarifas		
		Água (R\$/m ³)	Esgoto (R\$/m ³)	
			Coleta e afastamento	Tratamento
Residencial Social	1 - 10	2,10	1,68	0,42
	11 - 15	2,37	1,90	0,47
	16 - 20	2,71	2,17	0,54
Residencial Normal	1 - 10	4,44	3,55	0,89
	11 - 15	5,03	4,02	1,01
	16 - 20	5,74	4,60	1,15
	21 - 25	6,52	5,21	1,30
	26 - 30	7,36	5,89	1,47
	31 - 40	8,40	6,72	1,68
	41 - 50	9,50	7,60	1,90
	+50	10,83	8,67	2,17
Pública	1 - 10	8,40	6,72	1,68
	+10	9,50	7,60	1,90
Comercial I (Médio e Grande Porte)	1 - 10	9,50	7,60	1,90
	+10	10,83	8,67	2,17
Comercial II (Pequeno Porte)	1 - 10	4,75	3,80	0,95
Industrial	1 - 10	9,50	7,60	1,90
	+10	10,83	8,67	2,17

Fonte: Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos (AGR), 2019

Considerando como exemplo uma unidade que se enquadra na categoria residencial normal, com seu consumo médio mensal de 10 m³, teremos a cobrança de R\$ 13,45 de custo mínimo fixo, mais o consumo de 10 m³ multiplicado por R\$ 4,44, mais as cobranças de coleta, afastamento e tratamento de esgoto, estas sendo o consumo de 10 m³ multiplicado por R\$ 4,44 (R\$ 3,55+R\$ 0,89).

Com isso teremos uma fatura no valor de R\$ 102,25, sem considerar possíveis correções monetárias e multas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de hidráulica do Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás (17°48'23.77"S; 50°54'20.15"O).

O delineamento experimental foi realizado em esquema fatorial sendo, $3 \times 3 \times 8 =$ totalizando 72 unidades experimentais. Foram testadas três marcas de hidrômetros (Saga, Itron e Elster), com as situações de serviço sem a inserção de ar (SA), com a inserção de ar (CA) e com a inserção de ar com válvula de retenção (CAV) e com oito repetições.

O experimento foi montado em uma bancada de hidráulica modelo LD98DRB (Figura 2) fabricada pela Líder Didática, que possui dois quadros com vários tipos de experimentos e conta com duas bombas hidráulicas com capacidade de bombeamento de 5000 litros por hora cada, e com opções de conexão em série e em paralelo entre elas.



Figura 2: Bancada de hidráulica.

Fonte: Autor, 2022.

A bancada foi alterada para simular uma rede de abastecimento de água com um ramal saindo da rede principal para os pontos de instalação dos hidrômetros (setas indicando o sentido do fluxo), conforme Figura 3. Para isso, foi retirado um dos experimentos que compõem o quadro de experimentos para a montagem do esquema necessário para realização dos ensaios, com a adaptação à bancada sendo feita de forma rosqueável utilizando registros de esfera VS.

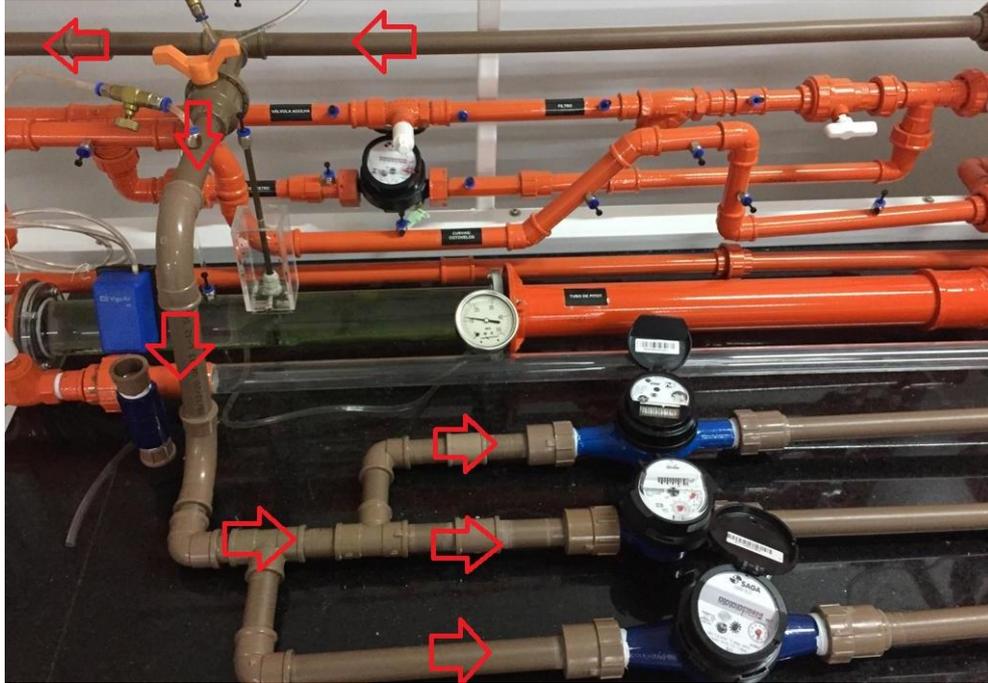


Figura 3: Ramal dos hidrômetros.

Fonte: Autor, 2022.

A rede principal é composta por duas bombas hidráulicas que podem simular um sistema de bombeamento em série ou em paralelo e um reservatório para manter o sistema com funcionamento contínuo. O ramal que leva aos hidrômetros possui um manômetro posicionado logo após a ramificação na rede principal, um registro de esfera para isolar o ramal da rede principal e conta com três hidrômetros de diferentes marcas, torneiras de plástico para fechamento dos pontos de utilização e recipiente graduado para conferência do valor registrado nos hidrômetros. As torneiras são abertas somente durante o ensaio com o respectivo hidrômetro.



Figura 4: Torneiras de plástico utilizadas para os pontos de consumo.
Fonte: Autor, 2022.

Os hidrômetros utilizados têm vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, semelhantes aos utilizados para consumo residencial. O ensaio foi realizado após a rede principal estar com a pressão estabilizada e superior ao mínimo de 100 kPa . Para os ensaios sem injeção de ar na malha hidráulica, a pressão do sistema foi estabilizada em 13 mca (Figura 5) de forma a manter o equilíbrio do sistema em todas as etapas do ensaio.

Para aferição de pressão e de inserção de ar foram marcados pontos de aferição na malha hidráulica utilizando conexões de engate rápido rosqueadas aos tubos de PVC e conectados ao manômetro e compressor de ar utilizando-se mangueiras transparentes.



Figura 5: Manômetro com a pressão utilizada nos ensaios.
Fonte: Autor, 2022.

Para conferência da precisão dos hidrômetros, foram realizadas 8 repetições com cada hidrômetro, coletando 10 litros de água no recipiente graduado, passando somente água pelos hidrômetros, anotando-se os valores dos mostradores dos hidrômetros antes e após cada teste para encontrar o volume registrado em cada um.

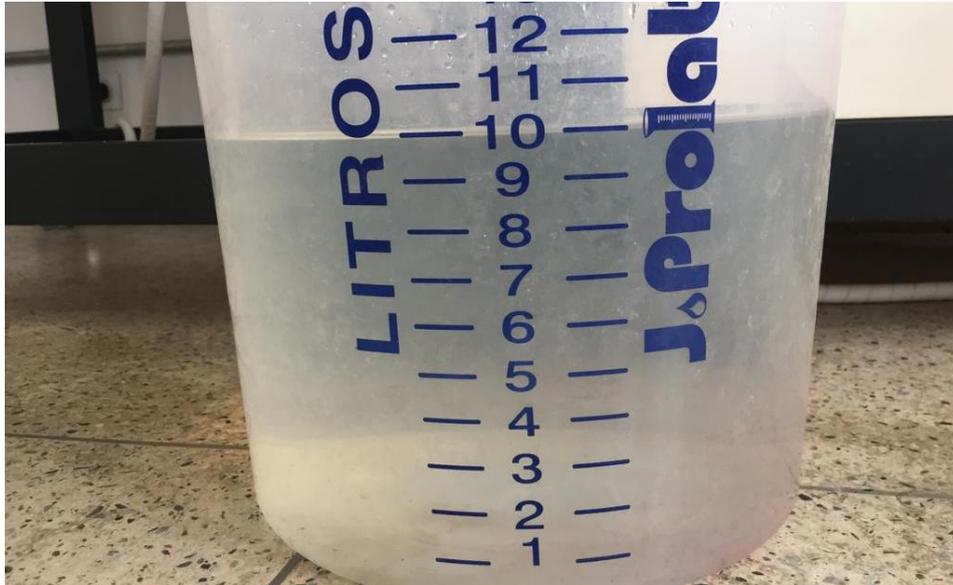


Figura 6: Recipiente graduado.
Fonte: Autor, 2022.

Para os ensaios com introdução de ar na tubulação, utilizou-se um mini compressor de ar da marca Even instalado na tubulação logo após o manômetro, com pressão ligeiramente maior para evitar retorno da água para o compressor de ar. O mini compressor possui duas câmaras com pistões e tem capacidade de bombeamento de 35 a 40 litros de ar por minuto, com alcance de pressão de até 10 bar (101,97 mca). A regulagem da pressão foi feita manualmente utilizando-se válvulas na entrada de ar do compressor e na entrada do ar para o sistema, até que a água circulando no sistema não retornasse pela mangueira que conecta o compressor ao sistema. A pressão do sistema foi estabilizada em 13 mca.



Figura 7: Mini compressor de ar.
Fonte: Autor, 2022.

O método de ensaio foi o mesmo dos testes anteriores, foram coletados dados de 8 repetições com cada hidrômetro, com volume de 10 litros em cada repetição, e anotados os valores dos mostradores dos hidrômetros antes e após cada teste para encontrar o volume registrado em cada um.



Figura 8: Ramal com inserção de ar.
Fonte: Autor, 2022.

Para a segunda parte do experimento, foi alterado o ramal dos hidrômetros, adicionando uma válvula de retenção universal da marca Durín, que retém a passagem de ar existente na tubulação (Figura 9).

Foram feitas 8 repetições utilizando a válvula antes dos hidrômetros, com volume de 10 litros para cada repetição, e anotados os valores dos mostradores dos hidrômetros antes e após cada teste para encontrar o volume registrado em cada um.

Tabela 3. Descrição da válvula de retenção Durín, conforme fabricante.

Aplicação: Desenvolvida para a retenção de fluídos em refluxo de tubulações. Retém a passagem de ar existente na tubulação de água proporcionando economia de até 40% na conta de água. Disponível na bitola 3/4" no modelo RR (Roscável) e LL (Soldável).

Características Técnicas:

Composição básica: Plásticos de engenharia, corpo e êmbolo em ABS, Vedação em borracha nitrílica

Temperatura Máxima: 45°C

Pressão máxima: 6 Kgf/cm²

Pressão mínima: 0,2 Kgf/cm²

Normas de referência: NBR 5648



Figura 9: Ramal com inserção de ar e válvula de retenção.

Fonte: Autor, 2022.

Após todas as coletas, os dados foram organizados em quatro colunas para lançamento no programa que irá realizar a ANAVA, sendo a primeira coluna com as marcas, a segunda

coluna com a situação de trabalho, a terceira coluna com o número da repetição e, para a quarta coluna, o valor registrado no mostrador do hidrômetro para a referente repetição.

Para a organização dos dados foi utilizado o Microsoft Excel (2019), sendo necessário salvar a planilha montada no formato normal do Excel e posteriormente converter para a extensão “.dbs”, pois este é o formato de entrada utilizado no software de análise estatística.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019). Quando demonstrada significância entre marcas de hidrômetros e nas situações de trabalho, as médias foram contrastadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

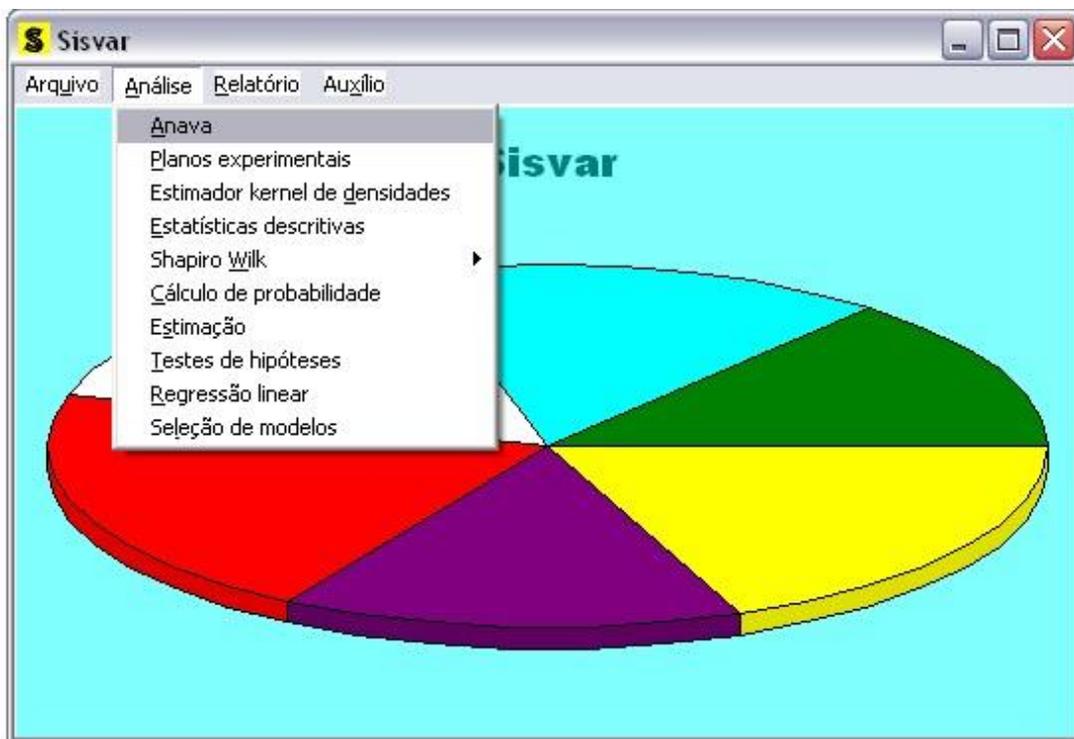


Figura 10: Tela inicial do software Sisvar.

Fonte: Autor, 2022.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o resultado da análise de variância apresentado na Tabela 4, pode-se observar que o valor do coeficiente de variação (CV) se manteve inferior ao nível de significância de 0,05 (5%), o que implica que os ensaios realizados possuem médias diferentes.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os registros de passagem de ar em três marcas de hidrômetro (Marca) com três tipos de situação de trabalho (ST).

Fator de Variação	Grau Liberdade	Quadrado Médio
Marca	2	0,188072**
ST	2	3,474968**
Marca*ST	4	0,147735**
Repetição	7	0,004365 ^{ns}
Resíduo	56	0,006703
CV (%)		0,78

CV = coeficiente de variação. ** e * Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Com o desdobramento do teste de Tukey (Tabela 5), observa-se as médias de cada marca de hidrômetro em relação à situação de trabalho a que foi submetido, sendo as letras minúsculas comparando as três marcas de hidrômetro em uma mesma situação de trabalho e as letras maiúsculas comparando as marcas de hidrômetro para as três situações de trabalho, onde as médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Com isso, observa-se que nos ensaios sem inserção de ar, os hidrômetros da marca Saga e Elster apresentam resultados semelhantes e diferindo do resultado apresentado pelo hidrômetro da marca Itron. O mesmo resultado é observado para as situações com inserção de ar e inserção de ar com válvula de retenção.

Analisando isoladamente as marcas, o hidrômetro da marca Saga tem seus resultados diferindo para cada situação de trabalho. O hidrômetro da marca Itron possui resultados semelhantes para os ensaios com inserção de ar e inserção de ar com válvula de retenção, e estes dois diferindo da situação sem inserção de ar. O hidrômetro da marca Elster possui resultados semelhantes para os ensaios com inserção de ar e inserção de ar com válvula de retenção, e estes dois diferindo da situação sem inserção de ar.

Tabela 5. Desdobramento da interação das três marcas de hidrômetro (Saga, Itron e Elster) com as situações de trabalho sem a inserção de ar (SA), com inserção de ar (CA) e com inserção de ar com a válvula de retenção (CAV).

Situação de trabalho	Ensaio		
	Marcas		
	Saga	Itron	Elster
SA	10,05aC	9,94bB	10,06aB
CA	10,49bB	10,85aA	10,56bA
CAV	10,64bA	10,88aA	10,62bA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre situação de trabalho e letras minúsculas iguais não diferem entre marcas a 5% de probabilidade.

Está apresentado na Tabela 6 a média das diferenças registradas pelos hidrômetros (em litros) em cada situação de trabalho, fazendo a porcentagem referente ao volume registrado a mais relacionado ao volume coletado no recipiente de amostras, facilitando a visualização do impacto causado pelo ar presente no sistema.

Estes resultados do percentual de erro serão utilizados para observar o impacto financeiro causado ao consumidor caso este utilize alguma das marcas presentes neste trabalho.

Tabela 6. Percentual de erro da média das repetições com relação as amostras para as marcas Saga, Itron e Elster comparados com as situações de trabalho sem a inserção de ar (SA), com a inserção de ar (CA) e com a inserção de ar com válvula de retenção (CAV)

Ensaio	Percentual de erro da média das repetições com relação as amostras					
	Saga		Itron		Elster	
	Média	% erro	Média	% erro	Média	% erro
SA	0,05	0,5	0,06	0,6	0,06	0,6
CA	0,49	4,9	0,85	8,5	0,56	5,6
CAV	0,64	6,4	0,88	8,8	0,62	6,2

Após a análise dos dados obtidos do experimento, considerando as aferições sem presença de ar, o hidrômetro da marca Itron obteve melhor desempenho em relação às marcas Saga e Elster, mesmo com a média de erro sendo semelhante aos outros dois hidrômetros, pois registra um volume inferior ao coletado no recipiente graduado. Porém as três marcas de hidrômetro

apresentam erros superiores aos definidos na Portaria nº 246 do INMETRO, sendo este de $\pm 0,2\%$.

Quando há presença de ar no sistema, os hidrômetros da marca Saga e Elster têm um desempenho melhor em relação ao hidrômetro de marca Itron, que apresentou diferença de 8,5% comparado ao volume coletado, enquanto os de marca Saga e Elster apresentaram diferença de 4,9% e 5,6%, respectivamente.

Da mesma forma, os hidrômetros das marcas Saga e Elster tiveram um desempenho melhor em relação ao hidrômetro de marca Itron após a instalação da válvula de retenção. Porém, o hidrômetro da marca Saga teve uma piora significativa na marcação após a instalação da válvula.

Na situação com inserção de ar, o hidrômetro da marca Itron não é uma boa opção para o consumidor, visto que marcará um volume 8,5% maior em relação a situação normal de funcionamento, e 3,6% e 2,9% a mais em relação às marcas Saga e Elster, respectivamente.

Essa diferença apresentada entre as marcas nas diferentes situações de serviço pode ocorrer devido a características internas de fabricação, como o material e o formato das partes mecânicas dos hidrômetros.

Analisando os resultados dos ensaios com a válvula de retenção não foi verificado redução de até 40% na conta de água, sem melhoras significativas em relação ao funcionamento dos hidrômetros em geral.

Considerando uma situação onde houve um consumo real de 10.400 litros e o hidrômetro instalado seja da marca Itron, o valor da fatura do consumidor será de R\$ 102,25. Com a presença de ar (CA) no sistema de abastecimento, o consumo registrado passaria a ser de 11.067 litros, alterando a faixa de consumo para cobrança e a fatura aumentando para R\$ 124,11. Com isso, o consumidor estaria pagando R\$ 21,86 a mais por ter havido a mudança da faixa de consumo causado pela presença de ar no sistema de abastecimento. (Considerando que sempre que houver consumo estaria havendo a presença de ar).

Tabela 7: Valores de fatura para cada marca de hidrômetro na respectiva situação de serviço considerando um consumo de 10.400 litros.

Marca / Situação de Serviço	Saga	Itron	Elster
SA	R\$ 102,25	R\$ 102,25	R\$ 102,25
CA	R\$ 102,25	R\$ 124,11	R\$ 102,25
CAV	R\$ 124,11	R\$ 124,11	R\$ 124,11

Como sugestão para próximos trabalhos, pode-se quantificar a quantidade de ar sendo injetada no sistema e comparar com a quantidade que é registrada pelo hidrômetro, assim observando a porcentagem de ar que realmente causou interferência no funcionamento do hidrômetro, também podem ser feitos ensaios inserindo somente ar no sistema e verificar o impacto causado pelo ar quando na ausência de água na rede de abastecimento.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que em situação normal de funcionamento (sem presença de ar), o hidrômetro da marca Itron é o que proporciona a melhor situação para o consumidor, não apresentando um valor de marcação com diferenças positivas de volume, desse modo não havendo cobrança a mais por um volume de água não consumido.

Na ocorrência de ar na rede de abastecimento público com maior frequência, deve-se optar pelo uso das marcas Saga e Elster que obtiveram melhores resultados nos ensaios conduzidos em laboratório e com sua porcentagem de erro se aproximando às permitidas em um hidrômetro no seu limite de troca (5%).

Na situação com inserção de ar e uso da válvula de retenção, considerando a porcentagem de erro do volume, deve-se optar pelo uso das marcas Saga e Elster, mesmo o hidrômetro da marca Itron possuindo um funcionamento semelhante ao ensaio sem válvula de retenção, seu percentual volumétrico ainda é maior que os registrado nas outras duas marcas. Quanto à válvula de retenção, seu uso não colaborou para melhoras no funcionamento dos hidrômetros.

Vale ressaltar que os resultados do experimento podem variar dependendo das condições de ensaio, como vazão e pressão, ficando a recomendação de que sejam realizados novos testes com diferentes cenários, podendo também adicionar novas marcas de hidrômetros e válvula de retenção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA GOIANA DEREGRUÇÃO, CONTROLE E FISCALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS (AGR). RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 0152/2019, Reajuste tarifário da empresa Saneamento de Goiás S/A - SANEAGO.

AZEVEDO NETTO, J.M; FERNANDEZ, M.F. Manual de hidráulica. São Paulo, Edgard Blücher, 9ª ed. 632p, 2015.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12218/1994 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9433&ano=1997&ato=a12ATVU90MJpWTbaf> .

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO), Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000.

BRUNETTI, F. Mecânica dos fluidos, 2.ed. rev. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2008.

FERREIRA, D.F. sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Available at: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Date accessed: 10 dec. 2021. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

GOMES FILHO, R.R. Hidráulica Aplicada às Ciências Agrárias. Editora América/UEG, 2013.

LOPES, N. P.; LARA, M.; LIBÂNIO, M. Quantificação em escala de bancada do volume de ar em ligações prediais de água. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 16, n. 4, p.343-352, 2011.

MELLO, E.J.; FARIAS, R.L. Ar e a sua influência na medição do consumo de água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21º, João Pessoa. Anais...Abes, 13 p, 2001.

SCALIZE, P.S; LEITE, W.C.A; CAMPOS, M.A.S. Influência da válvula bloqueadora de ar instalada após o hidrômetro. Revista do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba (São Paulo). – v. 7, n. 7, jan./dez. – Araçatuba: UniSALESIANO, p.135, 2015.

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água, 2ª ed.; São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água, 3ª ed.; São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

MONTINI, L.A. Hidrômetro, 2020. Disponível em:
<https://ipemsp.wordpress.com/2020/08/10/hidrometro/>. Acesso em: 22/02/2022.