



**INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

CLÁUDIA CORRÊA DE PAULA

**A INTERFERENCIA DO AR NA MICROMEDIÇÃO: A eficiência das
válvulas redutoras de ar**

Porto Nacional - TO

2017

CLÁUDIA CORRÊA DE PAULA

**AINTERFERENCIA DO AR NA MICROMEDIÇÃO: A eficiência das
válvulas redutoras de ar**

Monografia submetida ao curso de engenharia civil da FAPAC/ITPAC PORTO NACIONAL apresentado como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ângelo Ricardo Balduino

Porto Nacional –TO

2017

**A INTERFERENCIA DO AR NA MICROMEDIÇÃO: A eficiência das válvulas
redutoras de ar**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em...../...../..... () APROVADO () REPROVADO

Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Prof. Me. Ângelo Ricardo Beduíno

Prof.^a Me. Silvia B.G. Souto

Convidado: Prof. Me. Diogo Pedreira Lima

Porto Nacional - TO

2017

AGRADECIMENTOS

Há Deus por toda glória e conquista e por sempre me dar forças para seguir adiante. Louvado seja.

"Há o suficiente no mundo para todas as necessidades humanas, não há o suficiente para a cobiça humana." (Mahatma Gandhi)

RESUMO

Um dos fatores que podem induzir a falha na micro medição é a presença do ar nas redes de distribuição de água tratada que por vezes pode chegar ao consumidor sendo medido e faturado como volume de água que fora consumido. Acompanhando essa linha de raciocínio o presente estudo teve como objetivo analisar a influência que o ar, uma vez presente na rede de abastecimento possa ter na medição do consumo de água com ênfase na micro medição bem como a eficiência das válvulas redutoras de ar como mecanismo que em tese possa contribuir para a realização de uma micro medição mais precisa evitando que o ar seja contabilizado como água, reduzindo assim as margens de erros e cobranças indevidas por parte das empresas de saneamento. A água potável própria para o consumo tem se tornado ao longo dos anos assunto de discussão mundo a fora uma vez que não seja mais tratada como um recurso inesgotável, todos os anos milhões de litros de água são tratados pelas empresas de saneamento água essa que tem como destino milhares de lares de famílias que necessitam desse bem maior para suas necessidades cotidianas é um recurso indispensável para a qualidade de vida. Nesse contexto entende-se a importância dos serviços realizados pelas empresas de saneamento que cobram pela distribuição de água tratada realizando periodicamente a micro medição nas várias residências que faz uso desse recurso. Gerir com eficiência a distribuição da água potável não é uma tarefa fácil muitos fatores podem contribuir para que acarretem imprecisões na medição do consumo acarretando em prejuízos para o consumidor ou para a empresa de saneamento abalando assim a relação de confiança entre ambos. A monografia teve como metodologia o levantamento de dados bibliográfico com base científica bem como experimento laboratorial que será realizado no laboratório de hidráulica do ITPACPORTO NACIONAL, onde foi simulado micro medições reproduzindo uma instalação de rede residencial com seu respectivo medidor (Hidrômetro) com e sem o uso das válvulas redutoras de ar realizando medições com pressões variáveis.

Palavras-chave: Ar. Micro medição. Válvulas. Pressão.

ABSTRACT

One of the factors that can induce failure in micro measurement is the presence of air in the treated water distribution networks that can sometimes reach the consumer being measured and billed as the volume of water consumed. Accompanying this line of reasoning the present study has as objective to analyze the influence that the air once present in the supply network can have in the measurement of the water consumption with emphasis in the micro measurement as well as the efficiency of the air reducing valves like mechanism that in the thesis can contribute to the achievement of a more precise micro-metering, avoiding that the air is accounted for as water, thus reducing the margins of errors and improper charges by the sanitation companies. The drinking water proper for consumption has become over the years subject of discussion the world out since it is no longer treated as an inexhaustible resource, every year millions of liters of water are treated by the water sanitation companies that have as destination thousands of families that need this greater good for their daily needs is an indispensable resource for the quality of life. In this context it is understood the importance of the services performed by the sanitation companies that charge for the distribution of treated water by periodically carrying out the micro measurement in the several residences that make use of this resource. Managing the distribution of drinking water efficiently is not an easy task. Many factors can contribute to inaccuracies in the measurement of consumption, leading to losses for the consumer or the sanitation company, thus undermining the relationship of trust between the two. The research project had as a methodology the bibliographical data collection with scientific basis as well as laboratory experiment that will be carried out in the hydro laboratory of ITPACPORTO NACIONAL, where it was simulated micro measurements reproducing a residential network installation with its respective meter (Hydrometer) with e without the use of the air reducing valves making measurements with variable pressures. It is expected that the results obtained can be enlightening regarding the presence of air in water distribution networks and that it indicates satisfactory results on the efficiency of air eliminators. On the basis of the data obtained, improvements may be proposed.

Keywords: Air. Micromeditation. Valves. Pressure.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Matriz hídrica Brasileira.....	14
Figura 2- Uso Eficiente de água no ciclo antrópico	16
Figura 3 - Visão sistêmica do problema	19
Figura 4 – Diagrama causa-efeito de perdas reais	20
Figura 5 – Causa e efeito de perdas aparentes	21
Figura 6 – Identificações do Hidrômetro	22
Figura 7 – Componentes do hidrômetro.....	23
Figura 8 - Padrão de escoamento ar/água em tubulações verticais.....	31
Figura 9- Padrão de escoamento ar/água em tubulações verticais	31
Figura 10 - Fluxograma das etapas de projeto.....	35
Figura 11 - Modelo de hidrômetro utilizado nos ensaios.....	35
Figura 12 – Bancada Labtrix MF-03	36
Figura 13 - esquema do ramal a ser implantado	38
Figura 14 – Esquema de medição somente ar na rede sem a presença do bloqueador.....	39
Figura 15– Ponto de entrada de ar em “T”	42
Figura 16 – Bloqueador Marca X.....	43
Figura 17 – Ponto de entrada de ar com junção “Y”	45
Figura 18 – Bloqueador de ar marca Y	50

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Classificação de disponibilidade de água.....	15
Quadro 2 - Classes metrológicas x $Q_{mín}$ e Q_t	24
Quadro 3 - Teste de precisão dos Hidrômetros.	37
Quadro 4– Medição somente ar na rede sem bloqueador	40
Quadro 5 – Medição ar+água com entrada de ar em “T” sem bloqueador.....	41
Quadro 6 – Medição somente ar com bloqueador Marca X mola grande.....	43
Quadro 7 –Medição somente ar com bloqueador Marca X mola menor	44
Quadro 8 –Medição ar+água bloqueador Marca X mola menor.....	46
Quadro 9 –Medição ar+água bloqueador Marca X mola maior.....	48
Quadro 10 –Medição somente ar bloqueador Marca Y.	50
Quadro 11 –Medição ar+água bloqueador Marca Y.....	51

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Classificação do sistema distribuidor em relação ao índice de perdas. ...	26
Tabela 2 - Vazões características de Hidrômetros segundo sua classe Metrológica e Vazão nominal.....	28

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Índice de perdas na distribuição	17
Gráfico 2 – Curvas de erros e perdas de cargas.....	24
Gráfico 3 –Comparativo de volumes medidos com o bloqueador Marca X mola menor.....	47
Gráfico 4 – Comparativo de volumes medidos com o bloqueador Marca X mola maior.....	49
Gráfico 5–Comparativo de volumes medidos com o bloqueador Y	52

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PNCDA	Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água
DTA	Documento Técnico de Apóio
ANA	Agencia Nacional das Águas
PURA	Programa de Uso Racional da Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
ISSO	International Organization for Standardization
NBR (ABNT)	Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia
AWWA	American Water Works Association
%	Porcentagem ou Percentual
ZMC	Zona de Medição e Controle
M ³	Metro cúbico
Q _n	Vazão Nominal
Q _{max}	Vazão máxima
Q _t	Vazão de Transição
Q _{min}	Vazão Mínima
m ³ /h	Metro Cúbico por Hora
mm	Milímetro unidade de medida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.	INEFICIÊNCIA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	15
2.2.	ASPECTOS DA MACRO MEDIÇÃO	17
2.3.	ASPECTO DA MICROMEDIÇÃO.....	18
2.4.	AS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	19
2.4.1	Conceito de perdas reais	20
2.4.2	Conceito de perdas aparentes	20
2.4.3	Indutores de perdas na micromedição	21
2.5.	O HIDROMETRO COMO INSTRUMENTO DE MICROMEDIÇÃO	21
2.5.1	Fatores que influenciam a micro medição	25
2.5.2	Tipos de medidores de água	25
2.5.3	Medidores do tipo velocímetro	25
2.5.4	Medidores do tipo volumétrico	26
2.6.	SISTEMA DE ABASTECIMENTO x PERDAS DE ÁGUA	26
2.7.	ASPECTOS DA MEDIÇÃO DE ÁGUA.....	27
2.8.	PRESENÇA DO AR NAS REDES DE ABASTECIMENTO.....	28
2.8.1	Fluxo de Ar x Fluxo de água em tubulações	29
2.8.2	Relação consumo de água e medição de Ar	32
2.8.3	Bloqueadores de Ar	32
3	OBJETIVOS	34
3.1	OBJETIVO GERAL	34
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	34
4	MATERIAL E MÉTODO	35
4.1	ENSAIOS LABORATORIAIS	35
4.2	LIGAÇÃO E INSTALAÇÃO DO BLOQUEADOR DE AR	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	54

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos houve um aumento notório nos estudos relacionados à gestão dos recursos hídricos tal como o uso racional da água e a escassez hídrica tem sido termos largamente discutidos mundo a fora, o acesso à água tratada é vital para a qualidade de vida, nesse contexto os serviços de saneamento básico prestados pelas empresas que fazem a captação o tratamento e a distribuição da água é igualmente importante em uma sociedade que necessita da água potável. O problema da escassez hídrica pode aparecer também em países com grandes reservas de água doce como o caso do Brasil que detém cerca de 13,7% da água doce do planeta e mesmo assim há casos de regiões que são largamente afetadas pela falta de abastecimento o que é preocupante uma vez que o problema pode estar relacionado com a má gestão dos recursos hídricos ou mesmo a ineficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água.

No Brasil começou a ser implantado em 1999 o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de água (PNCDA), no qual tem por objetivo geral promover o uso racional da água para abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, resultando na melhor produtividade dos ativos existentes e na postergação de parte dos investimentos para a expansão dos sistemas.

Os problemas nos sistemas de abastecimento de água não estão somente relacionados às perdas que podem ocorrer durante os processos de captação, tratamento e distribuição, diversos fatores podem contribuir para a interrupção do sistema ou mesmo para o seu mau funcionamento, um assunto que tem gerado cada vez mais discussão é a contabilização do volume de ar que passa pelos hidrômetros como se o mesmo fosse volume de água consumido o que pode vir a interferir na fatura final de um consumidor e comprometer a precisão da micro medição, questionamentos acerca da falta de precisão relacionados com os valores de água consumido x valor medido tem sido cada vez mais comum, uma vez que o ar esteja presente na rede esse pode vir a passar pelos medidores que são altamente sensíveis e vir a ser medido como água.

A presença do ar pode se dar pela interrupção do abastecimento, ocasionado por manutenção periódica, reparos, vazamentos ou outros fatores que possam vir a comprometer a eficiência do sistema.

Uma vez caracterizada a medição do ar como água essa imprecisão poderá gerar a insatisfação do cliente e comprometer a credibilidade no sistema de abastecimento.

É de grande importância para empresas que fomentam o saneamento a realização de uma medição precisa do consumo, por meio da obtenção de dados confiáveis pode se obter o perfil de cada consumidor, tais como pico de maiores e menores vazões, e consumo diário, assim as empresas podem escolher o tipo de medidor mais adequado a cada consumidor bem como gerir melhor todo o seu mecanismo de abastecimento, reduzindo custos com manutenção e operação, minimizando também as perdas no faturamento e evitando desperdícios da água potável. Para garantir a eficiência no sistema é necessário minimizar ao máximo as perdas na micro medição, pois estas perdas não físicas, erros positivos e negativos na medição de consumo representam um grande percentual nos indicadores totais.

A eficiência de um sistema de abastecimento é fundamental para estabelecer uma relação de confiança com seus usuários, medir de maneira precisa o consumo de água é estimular o uso racional da água potável, um bem necessário à qualidade de vida. Sendo assim uma vez que o ar estando presente na rede venha ser registrado nos hidrômetros acarretará em imprecisões no consumo e cobranças indevidas problema de pesquisa desse estudo.

Nos últimos anos são crescentes as discussões a respeito do consumo de água com o conceito de escassez hídrica visto que a água potável não mais é vista como um recurso inesgotável por tanto se faz necessário às políticas de gestão desse recurso que salientam sobre seu uso consciente e racional a fim de se evitar desperdícios o que está intimamente ligada à eficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água.

Por tanto uma vez que haja interferência do ar nos processos de micro medição por vezes sendo o mesmo contabilizado nos medidores como água consumida poderá ser comprometida a eficiência do sistema de abastecimento gerando imprecisão nos dados obtidos do parque de hidrômetros e insatisfação por parte dos consumidores por cobranças indevidas, o que pode vir a ser minimizado com o uso das válvulas redutoras de ar que em tese hipótese aqui levantada inibem ou reduzem a contabilização do mesmo caso sua eficiência seja comprovada em laboratório.

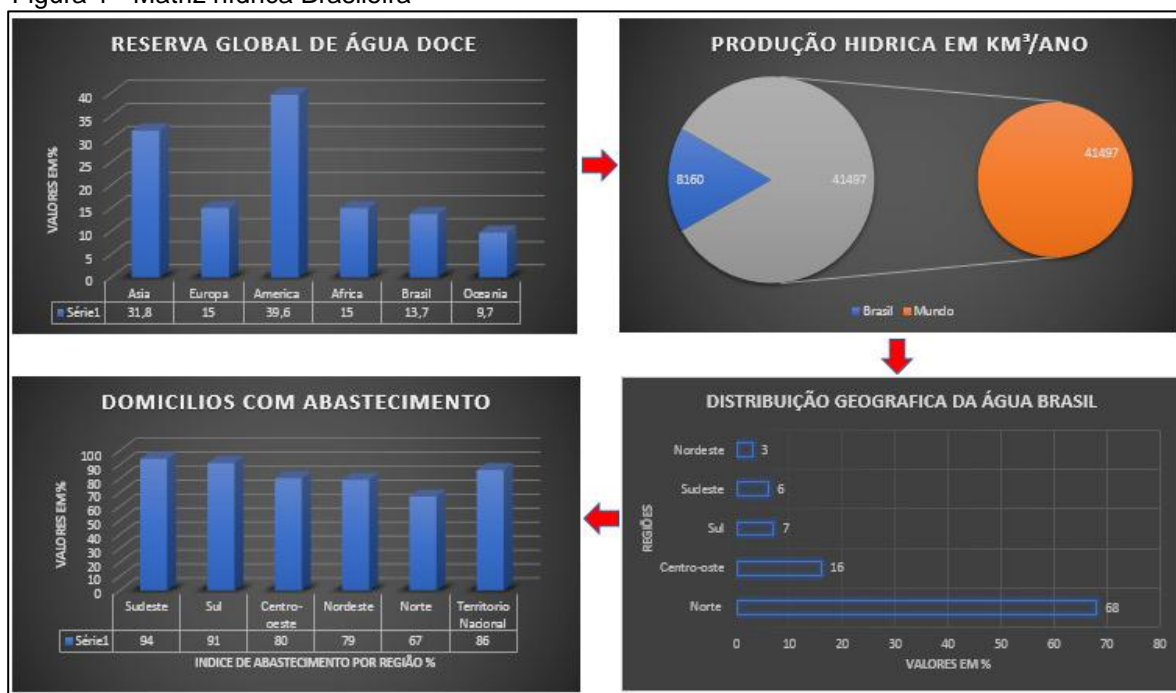
Tendo em vista que o mau funcionamento dos níveis de abastecimento de água tratada pode gerar uma perda do sistema e imprecisões nas medições de consumo são importantes à realização desse estudo visto que vai salientar sobre a medição do ar registrada pelos medidores que implica em cobrança como água tratada por parte das companhias de saneamento por vezes gerando a insatisfação dos consumidores.

O presente projeto foi realizado testes no laboratório de hidráulica do ITPAC PORTO NACIONAL, onde foi simulado micro medições reproduzindo uma instalação de rede residencial com seu respectivo medidor (Hidrômetro) com e sem o uso das válvulas redutoras de ar realizando medições com pressões variáveis com objetivo geral analisar a interferência do ar na micro medição bem como verificar a eficiência das válvulas redutoras de ar como mecanismos que possam inibir ou minimizar a medição do ar como água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, um país classificado como rico em água, embora detenha 13,7% das reservas superficiais de água e haja uma oferta da ordem de 33.841 m³/ano per capita, essa distribuição hídrica não é uniforme em todas as regiões, sendo que 73% concentram-se nas regiões hidrográficas do Amazonas, onde há baixa concentração populacional, conforme pode ser verificado nas informações fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA) 2005, ilustrado na Fig.1.

Figura 1 - Matriz hídrica Brasileira



Fonte: Adaptado de ANA – Agência Nacional de águas (2005)

De acordo o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA –DTA A1, 1999), o Brasil possui 13,7 % das reservas de água doce do mundo, cerca de 80 % encontram se na Região Amazônica enquanto os 20 % restantes distribuem-se, de forma desigual, nas demais regiões. A Região Sul, por exemplo, dispõe de 6,5 % da água doce do país. Para Silva (2008) o emprego do conceito de “stress hídrico”, formulado por Marlin Falkenmark, que considera nessa condição os países de clima áridos e moderadamente desenvolvidos, cujas descargas médias de longo período nos respectivos cursos d’água são insuficientes para proporcionar um mínimo de 1.000 m³/ano per capita (QUADRO 01).

Quadro 1 – Classificação de disponibilidade de água

Classificação de disponibilidade de água - ONU		
Muito rico em água(100.000 m ³ /hab.ano)	Guiana Francesa, Islândia, Gabão, Suriname, Sibéria.	Roraima, Amazonas
Rico em água(10.000 m ³ /hab.ano)	Brasil, Austrália, Colômbia, Venezuela, Suécia, Rússia, Canadá, Argentina, Angola.	
Têm apenas o suficiente(2.000 m ³ /hab.ano)	Alemanha, França, México, Reino Unido, Japão, Itália, Índia, Holanda, Espanha, Cuba, Iraque, EUA.	São Paulo, Ceará.
Têm situação regular(1.000 m ³ /hab.ano)	Paquistão, Etiópia, Ucrânia, Bélgica, Polônia.	São Paulo, Ceará.
Pobres em água(500 m ³ /hab.ano)	Egito, Quênia, Cabo Verde.	
Permanente escassez	Líbia, Arábia Saudita, Israel, Jordânia, Cingapura.	

Fonte: Agencia nacional de águas-ANA (2006).

2.1. INEFICIÊNCIA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

Para Barroso, (2005) e Silva, (2008) os problemas de abastecimento no Brasil devem-se principalmente à falta de eficiência na produção e distribuição de água, pois as perdas nestes locais de menor disponibilidade de recursos hídricos variam de 40% a 70% dos volumes produzidos. O setor de saneamento no Brasil tem se apresentado como um dos mais ineficientes através dos números apresentados principalmente com relação à perda de água tratada. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a perda média brasileira pode chegar a 44% (perda percentual), e 290 litros /ligação/dia Perda específica (PÁSCOA; CORNELIO 2009).

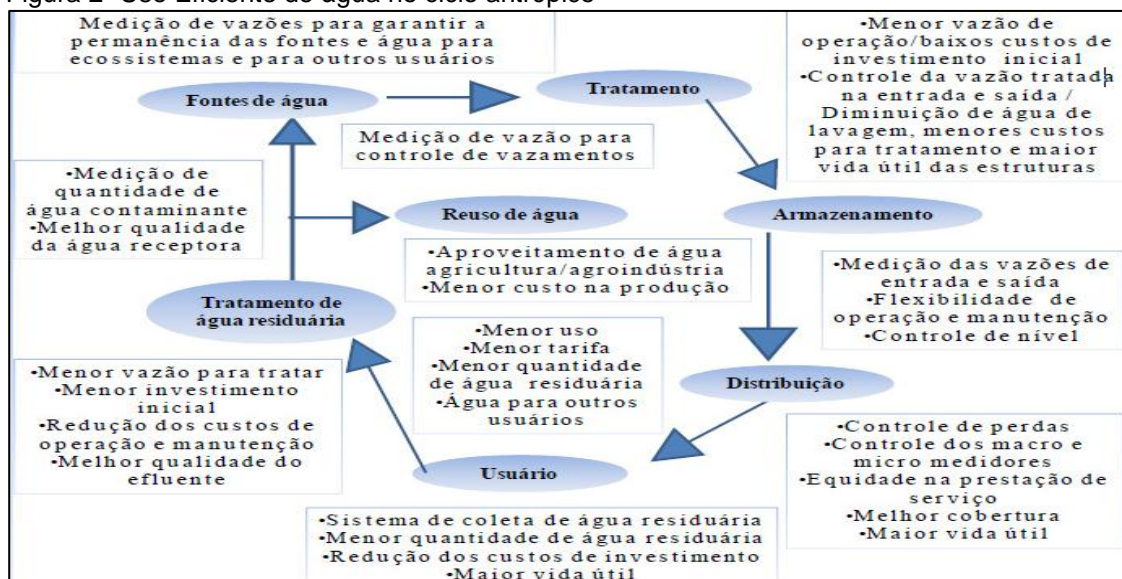
Com bases em assuntos e discussões gerados ao longo dos anos que tratam a água como um bem maior tornou-se necessário a elaborações de estudos e políticas que venham a aperfeiçoar o melhor uso da água e eficácia na distribuição

para os seus usuários, de forma a minimizar as perdas e a estimular o teu uso racional.

No Brasil a preocupação com o desperdício de água e sua escassez começou a ter impacto na década de 80 com a realização do “Seminário Internacional Sobre a Economia de Água de Abastecimento Público”, (anais publicado em 1986), o que incentivou a criação de programas, políticas e artifícios poupadores de água. No ano de 1995 foi criado o Programa de Uso Racional da Água – PURA, e posteriormente após diversas discussões foi criado o PNCD, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, com a finalidade de promover o uso racional de água para abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, resultando na melhor produtividade dos ativos existentes e na postergação de parte dos investimentos para a expansão dos sistemas (ALVES, 2004).

A eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos acarreta em benefícios para ambas as partes envolvidas nesse processo, ou seja, tanto para os usuários quanto para as empresas de saneamento. Para Silva (2008) “Medir é a chave em qualquer ação de uso eficiente da água”, a respeito da necessidade do macro e micro medição de vazões em todo o processo de abastecimento de água, desde a captação até a entrega ao usuário, como forma de se conhecer a realidade para estabelecer modelos e planejar as ações futuras (FIG. 2).

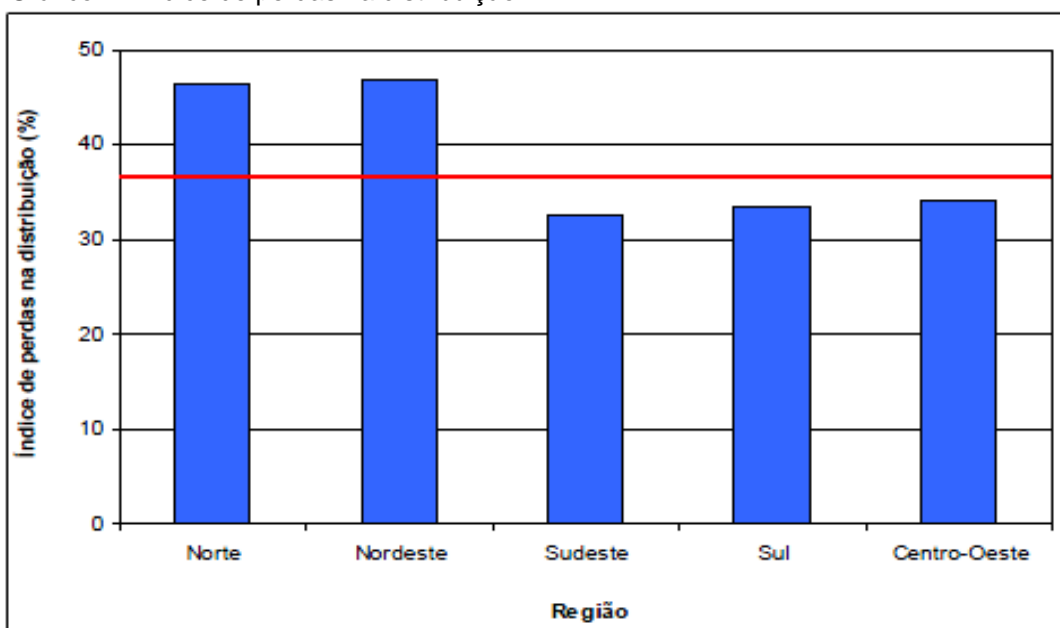
Figura 2- Uso Eficiente de água no ciclo antrópico



Fonte: Silva (2008), Adaptado.

Mendonça (1975) destaca que o serviço de medição e tarifação da água realizada pelas companhias de saneamento tem grande relevância social e ambiental uma vez que se torna um mecanismo eficiente de controle contra o desperdício, estimulando uma melhor gerencia quanto ao seu uso. A utilização de medição com essa finalidade ocorre desde a antiguidade. Para Páscoa e Cornélio (2009), com a minimização das perdas as companhias tem uma significativa redução nos custos de produção, tratamento e distribuição, e por sua vez causam menos impacto ao meio ambiente, podendo assim vir a aprimorá-lo com investimentos adquirindo a confiança e credibilidade dos usuários. Quando se mede de forma confiável a água pode se obter inúmeras informações sobre os seus usuários, como estimativa de consumo, vazões máximas e mínimas, horários de maior pico, dentre outros fatores de grande importância para se garantir a eficiência de todo sistema de abastecimento (GRÁFICO 01).

Gráfico 1 - Índice de perdas na distribuição



Fonte: SNIS, (2014).

2.2. ASPECTOS DA MACRO MEDIÇÃO

Segundo Silva, (2008), Páscoa e Cornélio (2009), Macro medição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até os pontos de entrada para distribuição. Como exemplos citam-se: medições de água bruta captada ou medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medições de água tratada entregue por atacado a

outros sistemas públicos. Esses medidores são normalmente de maior porte. As ações de macro medição e automação nos prestadores de serviço básico em saneamento devem começar com a reavaliação dos dados apresentados no Diagnóstico Situacional Técnico-Operacional, setorização das redes de abastecimento e a escolha das células de controle. A macro medição e a setorização têm forte ligação porque definida a área setorizada (isolada), é possível afirmar quanto de água entrou na área controlada (ZMC –Zona de Medição e Controle), por meio da macro medição instalada na entrada.

2.3. ASPECTRO DA MICROMEDIÇÃO

Para Torres e Torres (2004), Entende-se por micro medição a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independente de sua categoria (residencial,comercial, industrial, etc.) ou faixa de consumo. Para o autor, medidores parados ou com indicações inferiores aos valores reais, além da evidente perda do faturamento, elevam erroneamente os indicadores de perdas do sistema, pois apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, parte dela não está sendo contabilizada.

Ainda segundo o autor, o uso de medidores envolve custos algumas vezes elevados e a otimização na escolha dos locais onde a medição deve ser aplicada e a escolha dos medidores de modelos e tamanhos que produzam o melhor retorno econômico não devem ser esquecidas. De acordo com os institutos internacionais, em Saneamento não existe perda zero. Países como o Japão, que possuem tubos em aço inoxidável, apresentam pequenos volumes de vazamentos. Para especialistas, os maiores esforços das empresas de saneamento devem ser para reduzir o máximo possível à quantidade de água perdida.

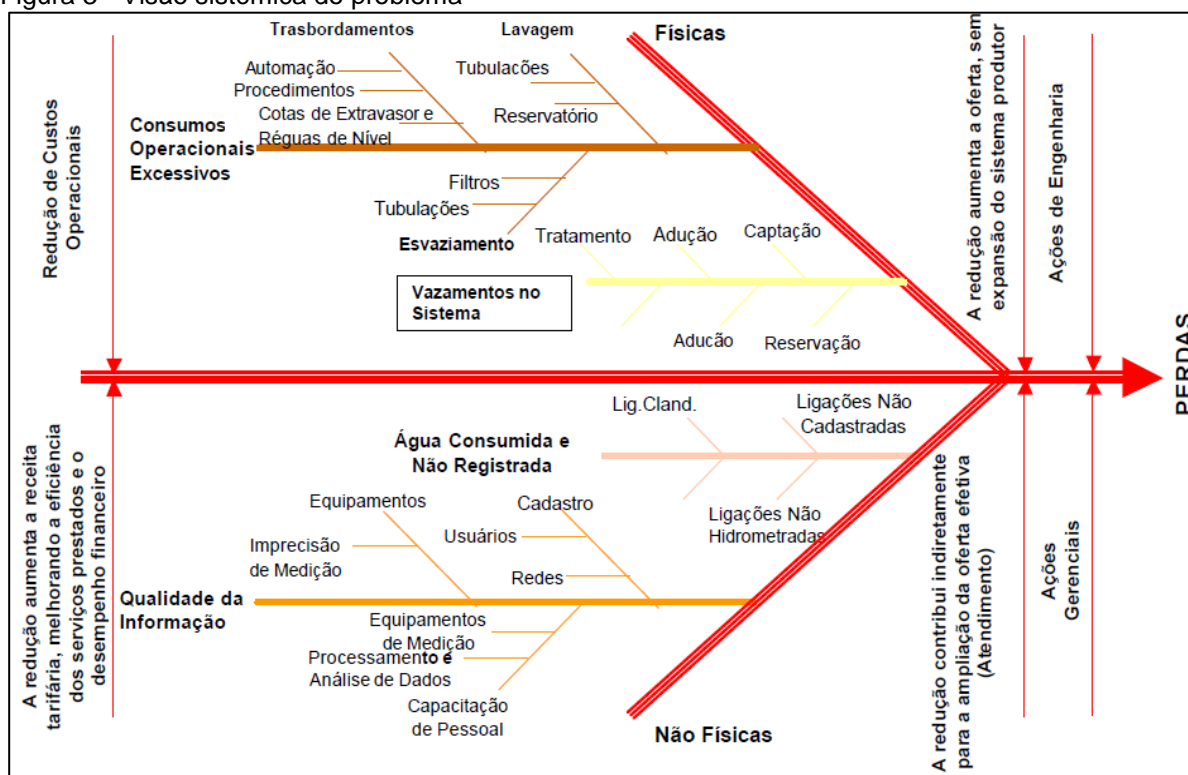
Em relação aos aspectos do sistema de medição, Miranda (2010) enfatiza sua relevância: se constitui num instrumento indispensável á operação eficaz de sistemas públicos de abastecimento de água, pois o conhecimento das diversas variáveis envolvidas, proporcionado pela medição, permite explorar as melhores formas de operação do sistema em todas as suas partes: captação, adução de água tratada, reservação e distribuição.

2.4. AS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

Para Gularte, (2005) em sistemas públicos de abastecimento, as perdas de água são na realidade, volumes de água produzidos, mas não contabilizados ou faturados. Estes podem ser divididos em duas grandes parcelas: os volumes realmente não consumidos correspondentes às perdas reais (físicas) e os volumes consumidos, mas não registrados, correspondentes às perdas aparentes (não físicas).

Werdine, (2002) destaca que é importante o controle das perdas em um sistema de abastecimento o que pode ser feito através de acompanhamento e relatórios periódicos que visam determinar os índices de água transferidos entre um ponto e outro do sistema e o valores recebidos, no entanto os valores de perdas podem variar de sistemas para sistema de acordo suas tipologias e suas características específicas, o autor destaca ainda que o monitoramento eficaz do sistema garante sua confiabilidade operacional bem como pode evitar imprevisto ou que o abastecimento de água seja interrompido (FIG. 3).

Figura 3 - Visão sistêmica do problema

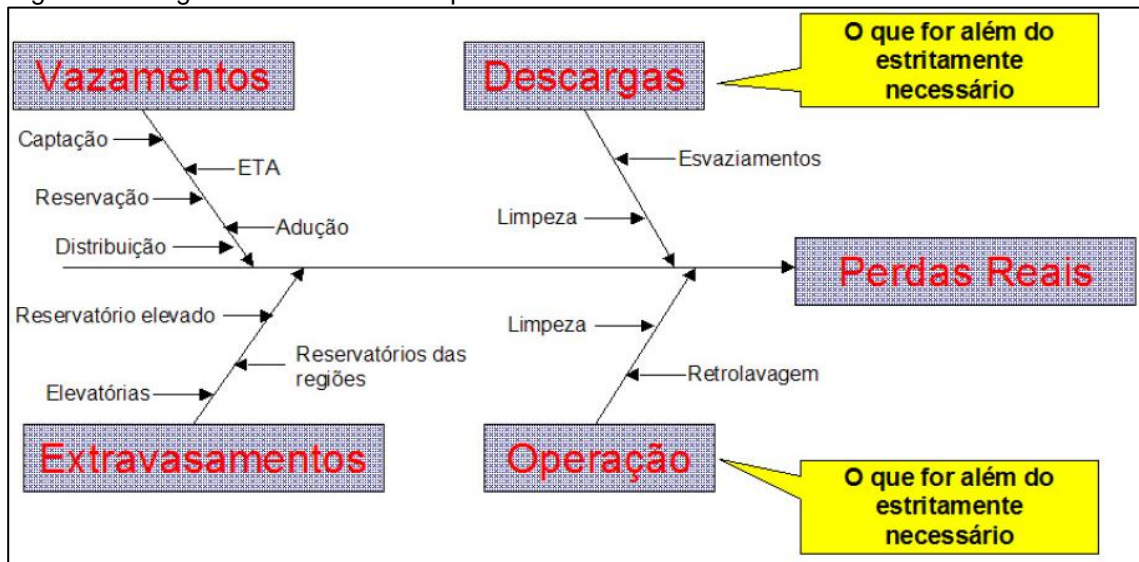


Fonte: Werdine, (2002)

2.4.1 Conceito de perdas reais

Gularte, (2005) Considera como perda real, toda a água que é subtraída do sistema, mas que não é disponibilizada para o cliente final. Pode-se verificar, conforme a figura 4, que as perdas reais originam-se de vazamentos, extravasamentos e em procedimentos operacionais inadequados.

Figura 4 – Diagrama causa-efeito de perdas reais



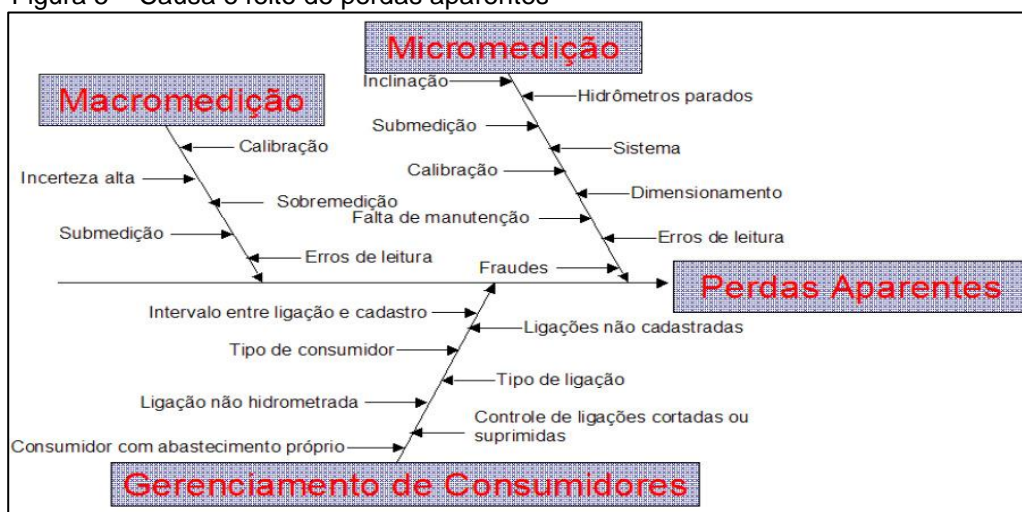
Fonte: Gularte (2005)

As porcentagens das perdas reais de maior magnitude ocorrem em qualquer das etapas do sistema de abastecimento, tais como, no tratamento, nos diversos reservatórios existentes no sistema, na adução de água tratada e na distribuição, sendo na última, considerada a mais significativa.

2.4.2 Conceito de perdas aparentes

Para Gularte, (2005) e SILVA, (2008) no Brasil, como já mencionado, as perdas de água são de 40 % do total produzido, sendo que na maioria dos casos, as perdas aparentes representam 50 % das perdas. Na figura 5 pode-se verificar que as perdas aparentes têm muitas causas, mas estas estão relacionadas diretamente ao conceito de que a água perdida foi produzida e consumida, mas não foi faturada.

Figura 5 – Causa e efeito de perdas aparentes



Fonte: Gularte (2005)

Se não houver um gerenciamento efetivo dos consumidores, com a permanente atualização do cadastro, o incremento no índice de perdas aparentes pode ser significativo (ALVES, 2004). No entanto, espera-se que qualquer ação de controle, principalmente nas perdas aparentes, seja antecedida pela consolidação do cadastro de consumidores e também do técnico (SILVA, 2008).

2.4.3 Indutores de perdas na micromedição

Alves (2004) destaca que a micro medição tem como indutores de perdas, as ligações clandestinas e irregulares, a ausência de hidrômetros e principalmente a deficiência metrológica dos hidrômetros.

Ainda segundo o autor garantir a confiabilidade da micro medição é uma ação importante para o controle de perdas, pois a submedição no parque de hidrômetros, é considerada a maior parcela das perdas aparentes.

2.5. O HIDROMETRO COMO INSTRUMENTO DE MICROMEDIÇÃO

Linus, (1992) e Gularte, (2005), cita a micro medição como o conjunto de ações, que permite conhecimento sistemático do volume de água consumido em um sistema de abastecimento de água, garantindo que o mesmo seja o normal e esperado, dentro de padrões estabelecidos e ainda, com um sistema tarifário adequado, que a cobrança seja justa e equitativa pelos serviços prestados.

O consumo de água pode ser expresso quanto à quantidade pelo volume e quanto à forma pelos perfis e histogramas de consumo. Os hidrômetros, ou medidores de água, principais equipamentos da micro medição, são instrumentos

de medição utilizados para se conhecer os volumes consumidos pela economia a jusante do mesmo, entre duas leituras. Na realidade, apesar de utilizarem princípios de medição de vazão não se tratam de medidores de vazão instantânea, já que dispõem de “dispositivos totalizadores” do volume que os atravessa, as chamadas “relojoarias” do hidrômetro (INMETRO, 2000; GULARTE, 2005).

Para Miranda (2010), o hidrômetro é o dispositivo que tem por finalidade contabilizar constantemente os volumes de água que passam pelo mesmo, e a escolha do modelo usual em cada ponto de um sistema de abastecimento vai depender das características de cada sistema e o modo como opera. Figura 6 demonstra os aspectos de um hidrômetro utilizado para medição do consumo de água.

Figura 6 – Identificações do Hidrômetro



Fonte: Miranda (2010)

Ainda segundo Mirando os hidrômetros são constituídos de quatro partes básicas:

Relojoaria: indica o total de água consumida

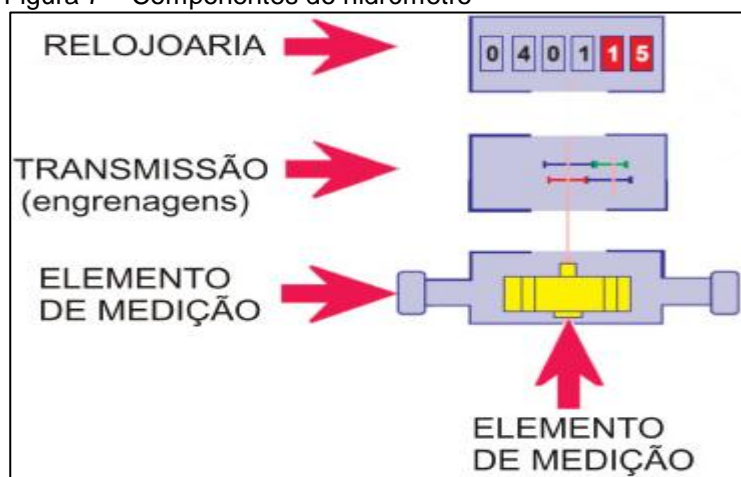
Transmissão: Engrenagens que interligam o medidor a relojoaria

Carcaça: parte que integra todas as outras do hidrômetro

Elemento de medição: seu movimento contínuo é transformado em volume.

A figura 7 demonstra os elementos de um micro medidor.

Figura 7 – Componentes do hidrômetro



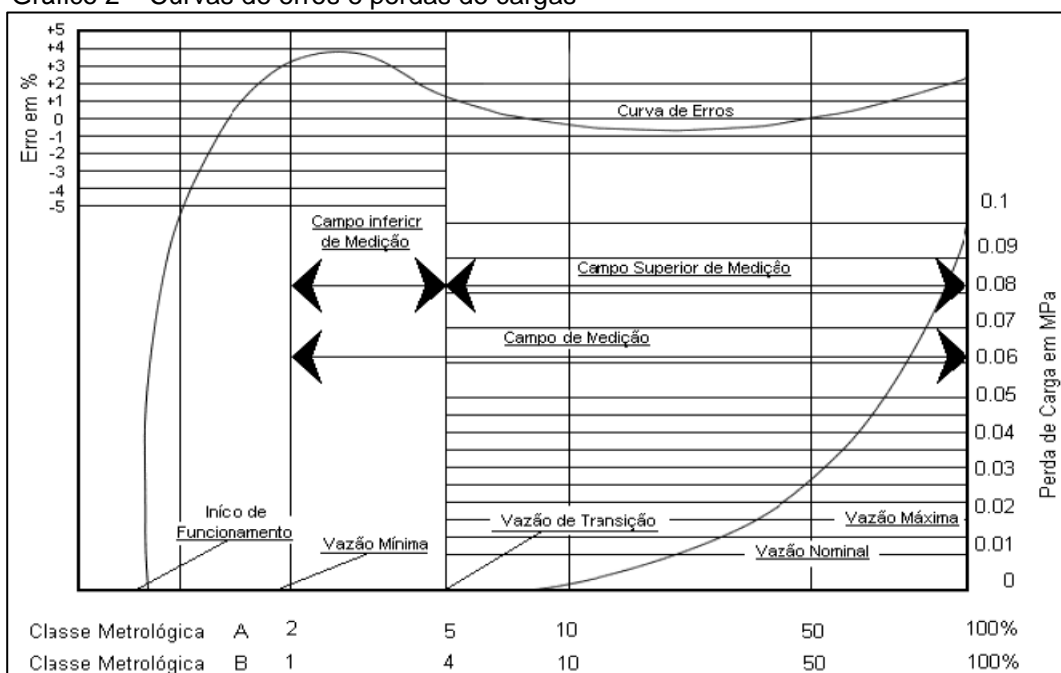
Fonte: Miranda, (2010).

O uso de hidrômetros se limita ao conhecimento dos volumes com fins de controle e faturamento, se bem que hoje em dia já há modelos que incorporam circuitos eletrônicos capazes de realizar funções adicionais, tais como, determinar vazões históricas, vazões de pico, tempo girando, etc. Também existem modelos dotados de saídas de pulsos capazes de emitir um sinal elétrico cada vez que o totalizador contabiliza um volume determinado. Uma memória interna acumula os dados e o volume acumulado pode ser lido tanto no local como remotamente (GULARTE, 2005).

De acordo a portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000 e os respectivos Regulamentos Técnicos Metrológico do INMETRO que regulamenta legalmente a homologação de modelos, testes, verificações periódicas ou eventuais bem como limites para manutenção e/ou troca dos medidores de água. A portaria estabelece também as condições que medidores de água fria de vazão nominal de (0,6 a 15) m³/h, devem satisfazer.

Quanto a curvas de erros para hidrômetros novos, a portaria determina, conforme exposto no gráfico 2, que a tolerância para o erro médio, no campo inferior de medição seja de +/-5% e no campo superior de +/-2%.

Gráfico 2 – Curvas de erros e perdas de cargas



Fonte: INMETRO, (2000).

O quadro 2 é válido para a norma (SO 4064-2 ISO,2001), e determina as classes metrológicas de hidrômetros conforme as vazões mínima e de transição.

Quadro 2 - Classes metrológicas x $Q_{mín}$ e Q_t

Classe	Valor numérico de designação do medidor N (N =vazão nominal em m ³ /h)			
	N < 15		N ≥ 15	
	$Q_{mín}$	Q_t	$Q_{mín}$	Q_t
A	0,04.N	0,10.N	0,08.N	0,30.N
B	0,02.N	0,08.N	0,03.N	0,20.N
C	0,01.N	0,015.N	0,006.N	0,015.N
D	0,0075.N	0,0115.N		

Fonte: INMETRO (2000).

A venda de água potável é a principal fonte de receita de um serviço de abastecimento de água, então, além de uma estrutura de preços realista, é necessário que se tenha uma medição total e da forma mais exata possível.

Portanto Entende-se que estas devem garantir a ética na cobrança e que seja cobrado o justo, ou seja, que sejam contabilizados eventuais vazamentos nas instalações internas dos usuários, que não ocorra submedição e que, sobretudo, não ocorra sobremedição, assegurando também que desperdícios sejam evitados.

Para AWWA, (1986), Bittencourt e Gularte, (2005), a inexistência de uma política de micro medição adequada pode constituir-se em um dos fatores responsáveis pela ineficiência operacional e comercial de uma empresa de saneamento básico, no entanto, uma micro medição eficiente, não se resume à aquisição, instalação ou troca de hidrômetros.

O controle de perdas na micro medição, foco deste trabalho, já é de certa forma bem difundido e conhecido como uma das ações mais importantes no combate a perdas.

2.5.1 Fatores que influenciam a micro medição

Para Linus, (1992) e Gularte, (2005), as perdas que ocorrem nas unidades finais de consumo podem ser agrupadas de acordo os seguintes critérios:

- a) Desperdício dos usuários não equipados com hidrômetros e conseqüentemente sua negligência em consertar defeitos e vazamentos nas instalações internas, já que isto não diminuiria a taxa cobrada;
- b) Perdas por submedição ou até mesmo por ausência de medição, devido à falta de manutenção corretiva e preventiva dos hidrômetros e até mesmo pela estabilidade dos hidrômetros, ou seja, a aptidão do hidrômetro em conservar suas características ao longo do tempo;
- c) Perdas por submedição devido ao sobre dimensionamento dos hidrômetros;
- d) Desvio ou “by pass” fraudulento do hidrômetro.

2.5.2 Tipos de medidores de água

Os medidores de água podem ser divididos em duas grandes classes, os velocimétricos e os volumétricos.

2.5.3 Medidores do tipo velocímetro

O princípio de funcionamento deste instrumento de medição baseia-se na correlação entre o volume de água, que atravessa o hidrômetro e o número de voltas de uma turbina, a qual gira diretamente afetada pela vazão. A turbina é, portanto, o “sensor” do hidrômetro (INMETRO, 2000).

Dependendo do tipo do hidrômetro, o volume de água é introduzido no interior de uma câmara de medição, através de um ou vários orifícios de diâmetros e

formas muito bem conhecidas e o fluxo pode ter direção perpendicular ou tangencial às palhetas da turbina, movimentando-a.

2.5.4 Medidores do tipo volumétrico

Segundo Gularte (2005), Nestes medidores um fluxo de água é gerado por um pistão ou disco que se move no interior da câmara de medição, que enche e esvazia continuamente, permitindo a passagem de um volume conhecido ciclicamente. O volume escoado através do medidor é proporcional ao número de voltas ou oscilações transformadas mecanicamente em rotações. Estão disponíveis nas classes metrológicas A, B, C e D, nos diâmetros nominais normalizados de (15 a 100) mm e nos tipos pistão (rotativo e oscilante) e disco nutativo (ou nutante).

2.6. SISTEMA DE ABASTECIMENTO X PERDAS DE ÁGUA

Conforme Barroso (2005) a tabela 1 pode ser usada para determinar o nível em que as perdas de água se encontram em um determinado município.

Tabela 1 – Classificação do sistema distribuidor em relação ao índice de perdas.

Índice de Perdas Total	Classificação
Acima de 40%	Inadequado
Entre 30% e 40%	Regular
Entre 25% e 30%	Satisfatório
Abaixo de 25%	Adequado

Fonte: Barroso, (2005)

De acordo com Silva, (2005) e Borges, (2007) existe no Brasil um índice médio de perdas nos sistemas de tratamento e distribuição, somadas as perdas físicas e comerciais da água captada, de 40,4%. Este valor médio se encontra classificado conforme tabela anterior como inadequado. A redução das perdas reais significa uma diminuição dos custos de produção e aumento da oferta de água sem a expansão do sistema produtor, enquanto que as diminuições no índice de perdas aparentes significam aumento da receita tarifária para as companhias de saneamento, aumentando seu desempenho financeiro, além de contribuir indiretamente para a oferta efetiva de água.

Silva (2005) e Borges (2007), diz que a tendência é que haja um rápido crescimento da população juntamente com um crescente aumento do consumo de água per capita, o que agrava ainda mais o problema de escassez de água. Com

isso, soluções para aumentar a oferta de água sem a expansão dos sistemas produtores se tornam cada vez mais indispensáveis. "Tanto do ponto de vista econômico como ecológico e de segurança, o controle das perdas de água é um dos aspectos de maior importância para a gestão de um abastecimento".

2.7. ASPECTOS DA MEDIÇÃO DE ÁGUA

Para Borges (2007), existem algumas características que devem ser analisadas durante o processo de escolha para a compra do medidor, a fim de aperfeiçoar seu funcionamento. Tais características são: tipo do hidrômetro, tipo de transmissão, tipo do dispositivo totalizador, característica do mostrador, bitolas, dimensões, materiais constituintes, etc. No entanto, a vazão se tornou a principal referência, de modo que o Regulamento Técnico Metrológico aprovado pela Portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO nº 246 de 17/10/2000 apud PNCDA (2004), estabelece que os hidrômetros devem ser fabricados para uma das seguintes vazões nominais, em m³/h: 0,6 - 0,75 - 1,0 - 1,5 - 2,5 - 3,5 - 5,0 - 6,0 - 10,0 - 15,0.

Gularte, (2005) e Borges, (2007) destacam ainda que o aparelho durante seu uso na medição do consumo é submetido a diferentes valores de vazão, em função das características de uso nos pontos de consumo. Este fator está intimamente ligado aos erros de medição desses hidrômetros. Esses erros podem ser graficamente demonstrados através de teste sem bancada e fórmulas matemáticas, resultando na curva de erros.

A portaria do INMETRO246/2000 apud PNCDA (2004) define cinco vazões características (em m³/h):

- Vazão nominal (Q_n)-maior vazão em que o medidor deve funcionar nas condições usuais de utilização. Corresponde a 50% da vazão máxima. Para essa vazão os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume estão entre +2% e -2%;
- Vazão máxima (Q_{max})-maior vazão em que o medidor deve funcionar em um curto período de tempo. Para essa vazão os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume estão entre +2% e -2%. É utilizada ainda na verificação da perda de carga do hidrômetro;
- Vazão de transição (Q_t)-aquela acima da qual o medidor deve funcionar nas condições usuais de utilização. Seus limites de erros máximos admissíveis na

medição do volume estão entre +2% e - 2%;

- Vazão mínima (Qmin)-menor vazão, na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos admissíveis. Os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume, na faixa de vazões que vai da Qmin inclusive, até a Qt, exclusive, estão entre +5% e - 5%;
- Vazão de início de movimento-aquela a partir da qual o hidrômetro começa a dar indicação de volume, ou seja, quando a hélice do medidor sai da inércia e inicia o movimento. Não está associada a nenhuma condição exigível quanto ao valor do erro.

Segundo Borges (2007), outra característica importante dos hidrômetros, estabelecida pela Portaria do INMETRO 246/2000 e pela Norma Brasileira - NBR 212/99 apud PNCDA (2004b), é a classe metrológica, a qual varia de "A" a "C" e relaciona os erros de medição com as vazões, exigindo valores de Qmin e Qt menores no sentido de "A" para "C" (TABELA 2).

Tabela 2 - Vazões características de Hidrômetros segundo sua classe Metrológica e Vazão nominal.

Classe Metrológica	Qcaract. (L/h)	Vazão Nominal – Qn (m³/h)								
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	10,0	15,0
A	Qmin	24	30	40	60*	100	140	200	400	600
	Qt	60	75	100	150	250	350	500	1000	1500
B	Qmin	12	15	20	30	50	70	100	200	300
	Qt	48	60	80	120	200	280	400	800	1200
C	Qmin	6	7,5	10	15	25	35	50	100	150
	Qt	9	11	15	22,5	37,5	52,5	75	150	225

Fonte: INMETRO, (2000)

(*) A Norma NBR 212/99 (norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT/MERCOSUL) indica como vazão mínima de hidrômetros de vazão nominal 1,5m³/h, Classe A, o valor de 60L/h, especificação igual à expressa na norma ISSO 4064. No entanto, é feita uma observação no capítulo de introdução da Norma ressaltando que no Brasil a vazão mínima desse medidor é historicamente de 40L/h.

Fonte: NBR212/99 apud PNCDA, 2004b, p.23.

2.8. PRESENÇA DO AR NAS REDES DE ABASTECIMENTO

Para Miranda (2010), na água há sempre quantidades intrínsecas de ar, no entanto fatores que estejam relacionados à operação, manutenção ou mesmo problemas ocasionados em uma rede de distribuição pode contribuir para o acúmulo do mesmo, em quantidades mínimas o ar não interfere nos processos de medições

da água, nos projetos de redes de abastecimento costumam ser previstos pontos que podem vir a contribuir para o acúmulo significativo do ar geralmente esses pontos se encontram em partes mais elevadas de um sistema de distribuição, nesses pontos costumam se fazer a instalação de ventosas que servem como mecanismo para aliviar a quantidade de ar na rede.

Ainda segundo o autor a falta de planejamento de redes de abastecimento pública sem infra estrutura adequada e que apresente deficiências e problemas ocasionais que possam vir a surgir e contribuir para que o fornecimento de água seja interrompido é um dos principais fatores do acúmulo de ar no sistema, uma vez que todo ou parte dele se encontre sem água, o ar então tende a preencher os espaços na rede quando a mesma volta a ser preenchido com água o ar tende a ser expulso e por vezes pode ser contabilizado pelos medidores de água instalados nos ramais da rede.

Para Mello e Farias (2001), partindo dos conceitos hidráulicos as tubulações que tem por finalidade o deslocamento de fluidos mesmo que sejam dotadas em determinados ponto de elementos que possam vir a controlar a presença do ar sendo esse considerado como um evento previsível, tais elementos podem não vir a satisfazer as exigências de um sistema de abastecimento de água, podendo o ar vir afetar de forma negativa ou positiva os ramais de abastecimento, o autor cita alguns fatores determinantes para que tais falhas ocorram:

- Durante a fase de implantação não foram instalados dispositivos suficientes e de forma adequada para satisfazer a demanda da rede
- Posicionamento inadequado dos elementos que tem por finalidade o controle do ar
- Com o aumento da demanda e ampliação do sistema de abastecimento toda rede deveria passar por uma revisão ao qual implicaria em rever pontos chaves e posicionamentos de diversos elementos essenciais para garantir o bom desempenho do sistema o que nem sempre ocorre.
- Ausência de manutenção preventiva

2.8.1 Fluxo de Ar x Fluxo de água em tubulações

Miranda (2010) destaca que as redes de abastecimento de água tem por referência a pressão atmosférica fator determinantes para o controle da pressão na rede, uma vez que as pressões nas tubulações sejam superiores a pressão

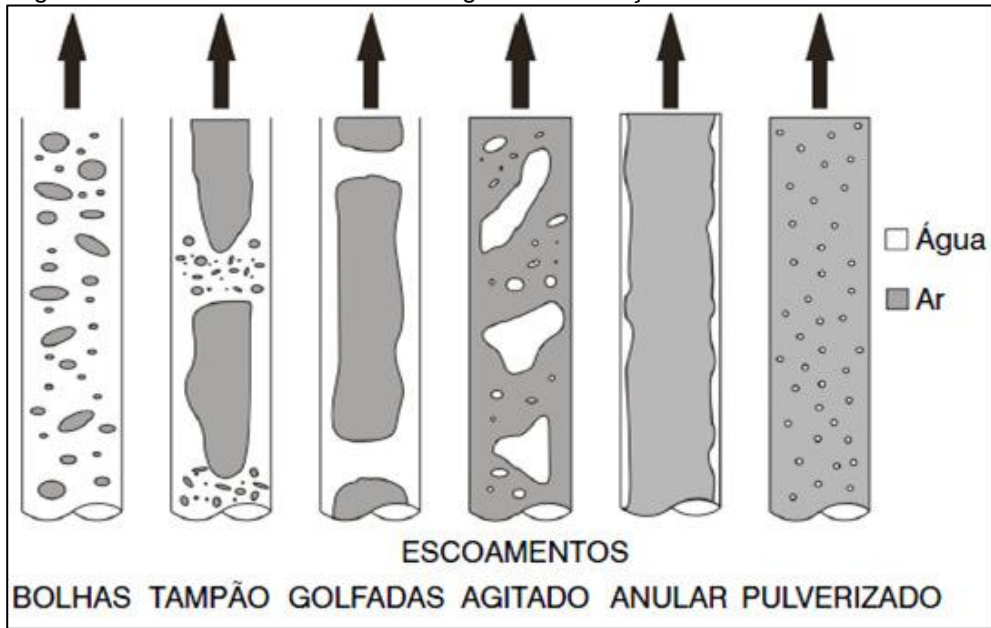
atmosférica diga-se que o sistema tem uma pressão positiva o que em termos de rede de abastecimento é caracterizado como uma condição normal sendo assim não há entrada de ar. Ainda partindo desse princípio quando a pressão no interior da tubulação é inferior à pressão atmosférica é correto dizer que o sistema tem pressão negativa deixando lacunas para a entrada do ar.

Lopes, Lara e Líbânio (2011), afirmam que mesmo as águas naturais com temperatura em torno dos 20°C tem em sua composição uma pequena porcentagem de ar diluído o que em termos de saturação é de cerca de 2% em desfecho de volume. Caso a água sofra ao longo da rede alguma variação de pressão ou mesmo variação positiva de temperatura esse percentual pode ser expulso da rede.

Segundo Mello e Farias (2011), um dos princípios fundamentais em relação ao comportamento da água em redes de abastecimento é o fato de que o deslocamento do fluido se dá pela variação de pressão entre um ponto de partida e outro ponto qualquer do sistema, as leituras de pressões obtidas em qualquer parte da rede transmitem a concessionária uma idéia das circunstâncias de abastecimento.

Para Lopes, Lara e Libânio (2011), se considerarmos que o ar e água fluam de forma conjunta em uma dada tubulação os possíveis padrões de escoamento vai variar de acordo com o posicionamento da tubulação com padrões mais simétricos para tubulações que se encontrem na vertical, e menor simetria para tubulações concebidas na horizontal, no meio termo em que se encontram as tubulações inclinadas essas apresentam padrões idênticos aos das tubulações verticais no que difere apenas pelo fato da supressão parcial ou total de bolhas. Ao que se refere às tubulações verticais o escoamento da água/Ar pode se dar de seis maneiras distintas como mostra a fig. 8.

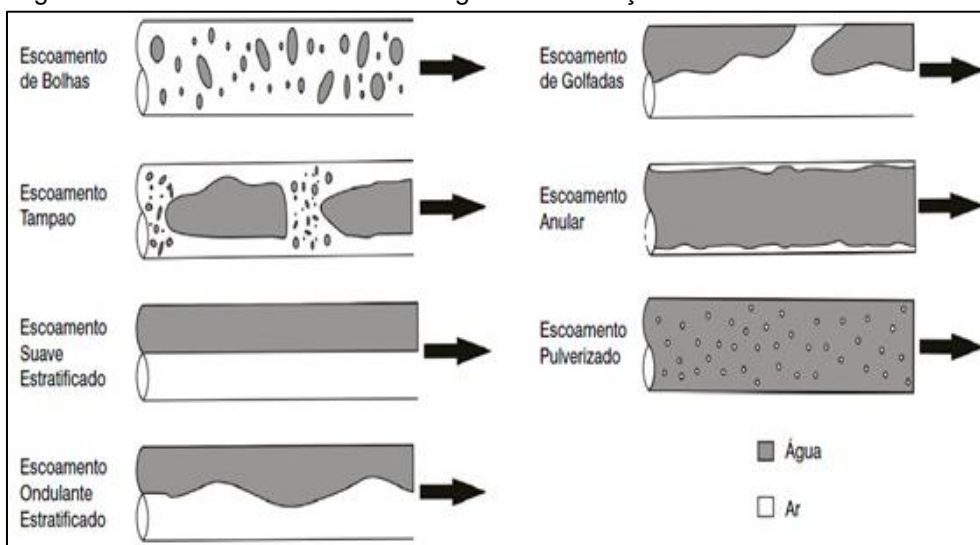
Figura 8 - Padrão de escoamento ar/água em tubulações verticais



Fonte: Lopes, Lara e Libânio (2011).

Ainda segundo os autores no que tange os escoamentos em tubulações horizontais a falta de simetria se dá pelo fato de que a gravidade exerce efeito sobre fluidos que se diferenciam em suas massas específicas a exemplo do ar ($1,2 \text{ kg/m}^3$ a 0°C) e a água (1000 kg/m^3 a 4°C). Como resultado dessa interação torna-se propício a estratificação do fluido na direção Vertical, ocupando o fluido a parte mais baixa da tubulação forçando o ar em direção à parte superior, sendo os padrões representados na fig. 9.

Figura 9- Padrão de escoamento ar/água em tubulações verticais



Fonte: Lopes, Lara e Libânio (2011).

2.8.2 Relação consumo de água e medição de Ar

Como já mencionado anteriormente na água mesmo em seu estado natural contém uma pequena quantidade de ar dissolvido. Miranda (2010), afirma que em quantidades mínimas esse ar não interfere na precisão da medição de consumo, porém uma vez que fatores venham contribuir para que haja um acúmulo parcial ou total de ar na rede de abastecimento é possível que esse volume de ar acumulado possa ser conduzido aos ramais de consumo passando pelos medidores e sendo contabilizados como volume de água consumido.

Mello e Farias (2011), afirma que as redes de abastecimento de água são dotadas de sistemas que possam vir a controlar a entrada e saída de ar nos ramais de consumo, no entanto na maioria dos casos esses elementos não são instalados em quantidades suficientes ou mesmo não se encontram posicionados de forma correta na rede não cumprindo com o que deveriam fazer nesse contexto o ar acaba tendo por opção de entrada ou saída às ligações domiciliares, e por vez sendo contabilizado nos medidores de consumo.

Werdine (2002) implica que é importante a relação estabelecida entre as empresas de saneamento básico e o consumidor, uma vez caracterizado imprecisões nas medições de consumo como cobranças indevidas isso poderá vir a afetar a credibilidade no sistema, e gerar questionamentos como a discussão a respeito de volumes de ar contabilizados nos medidores e faturados como água.

2.8.3 Bloqueadores de Ar

Segundo Lopes, Lara e Libânio (2011), com a crescente demanda nas redes de abastecimento de água e os relatos da contabilização indevida de Ar bem como a falta de estruturação adequada das companhias de saneamento gerou uma grande insatisfação por parte dos consumidores que contribuiu para o crescente número de pesquisas relacionadas a dispositivos que expulsem o ar antes que esse seja contabilizado pelos medidores. No ano de 1991 surgiu um equipamento cujas empresas prometiam reduzir em até 35% o consumo trava-se do eliminador de ar.

Para Miranda (2010), a falta de legislação e normalização desse tipo de aparato torna seu funcionamento contestável uma vez que não há testes nem regulamentação que garanta o seu desempenho, como não há obrigatoriedade das

companhias de instalar tais dispositivos o mesmo só pode ser instalado após o hidrômetro.

Segundo Lopes, Lara e Libânio (2011) trata-se de um dispositivo que trabalha em razão do diferencial de pressão ar-água, com a finalidade de impedir a passagem do ar pelos medidores evitando que o mesmo seja contabilizado como água consumida.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a interferência do ar na micro medição bem como verificar a eficiência das válvulas redutoras de ar como mecanismos que possam inibir ou minimizar a medição do ar como água consumida.

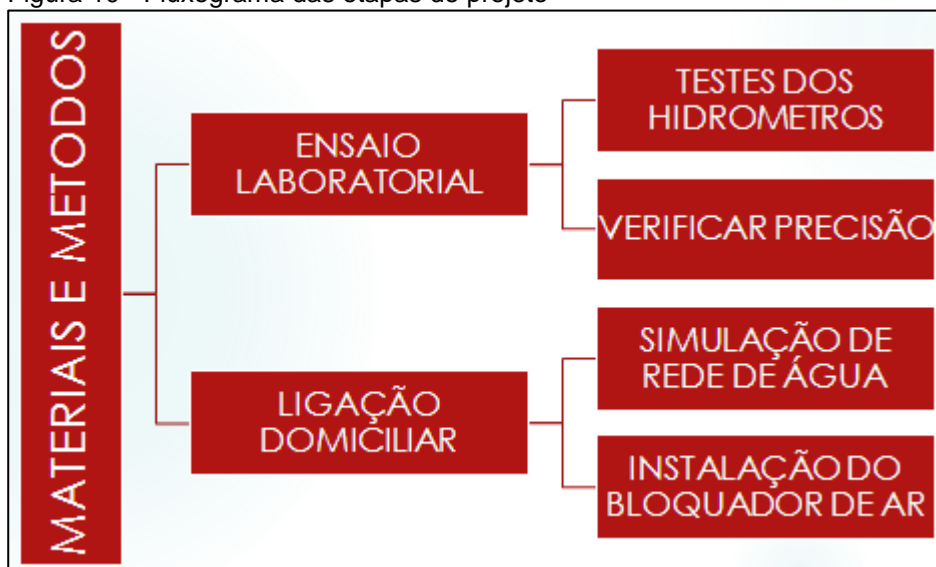
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Verificar os resultados com ou sem o bloqueador
- Testar a eficiência das válvulas redutoras de ar
- Sugerir possíveis melhorias com base nos resultados obtidos

4 MATERIAL E MÉTODO

Com a finalidade de testar a eficiência dos bloqueadores de ar este monografia serão duas etapas descritas na fig. 10.

Figura 10 - Fluxograma das etapas de projeto



Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

4.1 ENSAIOS LABORATORIAIS

Foram submetidos a teste de precisão dois hidrômetros novos de marcas e modelos iguais do tipo multijato velocimétrico classe B com (Q_n) vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (FIG. 11).

Figura 11 - Modelo de hidrômetro utilizado nos ensaios



Fonte: Arquivo próprio (2017)

Para realização do ensaio foi utilizado uma bancada para experimentos da marca Labtrix modelo MF-03, disponível no laboratório de mecânica dos fluidos do Instituto Tocantinense Antônio Carlos – Porto Nacional (ITPAC), a mesma é constituída de reservatório com escala graduada em milímetros, bombas hidráulicas, manômetros medidores de pressão, tubulações e hidrômetro residencial com selo do INMETRO (FIG. 12).

Figura 12 – Bancada Labtrix MF-03



Fonte: Arquivo próprio (2017)

Foram realizadas leituras com a pressão de 10 (mca) o ideal para condições normais da rede de abastecimento e vazão de 1,3 m³/h próximo ao (Qn) vazão nominal de funcionamento dos medidores aferidos que é de 1,5 m³/h. Para a execução do experimento foi necessário materiais usuais em redes de água domiciliar tais como:

- Tubos e conexões de PVC
- Reservatório simulado de água
- Hidrômetro com vazão conhecida obedecendo às condições da portaria 246/2000 do INMETRO

No teste de precisão os hidrômetros foram ligados em serie e submetidos a mesma vazão e pressão ao qual ambos após o tempo de 5 minutos de funcionamento apresentaram o mesmo volume medido 110 litros de água, quadro 3.

Quadro 3 - Teste de precisão dos Hidrômetros.

HIDROM. I	Classe	(Qn) Vazão nominal	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (àgua)
	B	1,5 m ³ /h	1,3 m ³ /h	10 m.c.a	5 min	10,0988	10,2087	110 lts
HIDROMETRO II	Classe	(Qn) Vazão nominal	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. medido
	B	1,5 m ³ /h	1,3 m ³ /h	10 m.c.a	5 min	15,5404	15,6510	110 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

4.2 LIGAÇÃO E INSTALAÇÃO DO BLOQUEADOR DE AR

Foi montada no laboratório de hidráulica do ITPAC PORTO, uma rede de água para consumo que se aproxime ao máximo da realidade cotidiana de uma residência comum, o ramal foi instalado com medidor de consumo devidamente aferido e após o mesmo instalado um bloqueado de ar a jusante do hidrômetro conforme orientação do fabricante, o ramal foi submetido a testes em condições normais de abastecimento sem ar na rede e com a presença de ar que foi injetado na rede através de um compressor de ar comprimido, as leituras foram realizadas de modo que a rede esteve operando com a presença de ar-água, somente ar e somente água, durante as leituras foi instalado dois hidrômetros um sobe a influência do ar e o outro sem a influência do ar ambos a montante do bloqueador de modo que possa ser checado a sua eficiência em relação ao seu ponto de instalação na rede.

A figura 13 mostra a concepção do ramal implantado para os testes.

Figura 13 - esquema do ramal a ser implantado



Fonte: Arquivo próprio (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os hidrômetros foram testados com o intuito de checar se os mesmos apresentavam alguma imprecisão na medição de consumo que possa vir a comprometer os resultados obtidos no ensaio.

O experimento obteve dados analíticos submetendo o ramal montado a diferentes testes de pressão e vazão, em diversas situações de funcionamento, as medições realizadas foram feitas utilizando dois medidores de mesma classe e Q_n vazão nominal cujos quais não apresentaram nenhuma imprecisão quando aferidos na bancada de testes.

Para checar se os hidrômetros operam somente com a presença de ar foi realizado um teste inicial com hidrômetros instalados em série, estes foram submetidos à medição na bancada sobe baixa pressão 3 (m.c.a) sem a instalação da válvula bloqueadora de ar, o tempo de medição foi de 10 minutos injetando somente ar na rede em um ponto médio entre o medidor I e o medidor II (FIG. 14).

Figura 14 – Esquema de medição somente ar na rede sem a presença do bloqueador



Fonte: Arquivo próprio (2017).

Observa-se no quadro 4 que o hidrômetro I não registrou nenhum volume de ar ao contrário do hidrômetro II que mediu 891 litros de ar em 10 minutos sobe uma baixa pressão de 3 m.c.a e com uma vazão de 5,34 m³/h, isso se deu devido ao local de entrada do ar que foi instalado em um ponto médio entre ambos os medidores, nessa medição o medidor I foi instalado apenas como parâmetro de observação caso ocorresse o fluxo inverso do ar injetado pelo compressor o que não aconteceu, fica claro que os medidores trabalham e funcionam quando submetidos somente a ação do ar mesmo em baixa pressão.

Quadro 4– Medição somente ar na rede sem bloqueador

HIDROMETRO I	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	5,34 m ³ /h	03 m.c.a	10 min	15,9969	15,9969	0 lts
HIDROMETRO II	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	5,34 m ³ /h	03 m.c.a	10 min	10,6867	11,5786	891 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Foram realizadas medições a pressão constante dessa vez com a presença de água e injeção de ar no ramal ao qual se obteve os dados do quadro 5.

Quadro 5 – Medição ar+água com entrada de ar em “T” sem bloqueador.

HIDROMETRO I	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	01	2,05 m ³ /h	13 m.c.a	10 min	16,0092	16,3527	343 lts
	02	2,07 m ³ /h	13 m.c.a	10 min	16,3527	16,6982	345 lts
	03	2,05 m ³ /h	13 m.c.a	10 min	16,7030	17,0469	343 lts
HIDROMETRO II	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	01	0,90 m ³ /h	13 m.c.a	10 min	11,6054	11,7537	148 lts
	02	0,96 m ³ /h	13 m.c.a	10 min	11,7537	11,9138	160 lts
	03	0,90 m ³ /h	13 m.c.a	10 min	11,9258	12,0762	150 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Nota-se que o hidrômetro I instalado antes do ponto de entrada de ar, ou seja, sem influência do mesmo apresentou volumes medidos maiores que o hidrante II que está instalado após o ponto de entrada de ar, observou-se que isso se deu devido a variação de pressão ocasionada pelo ar nesse ponto crítico o que acarretou o mau funcionamento do hidrômetro II, conseqüentemente essas variações bruscas de pressão desencadeou um fenômeno em hidráulica conhecido como golpe de aríete, variações de vazão em função da variação da pressão como mostrado, as vazões para o medidor II são inferiores em relação ao medidor I, os medidores utilizados para essas medições dotam de turbinas que trabalham quando ocorrem a passagem do fluido totalizando em sua relojoaria os volumes medidos, onde se verificou durante os ensaios que a peça utilizada para o ponto principal de entrada de ar no ramal. Um “T” PVC soldável 25 mm. contribuiu para que o fenômeno ocorresse, o vórtice formado no ponto crítico influenciou o funcionamento da turbina

do hidrômetro II ocasionando uma imprecisão nos volumes medidos nas três medições sucessivas realizadas.

Esquema de entrada de ar com “T” PVC soldável 25 mm (FIG. 15):

Figura 15– Ponto de entrada de ar em “T”



Fonte: Arquivo próprio (2017).

Para os testes dos bloqueadores foram utilizadas peças de duas marcas diferentes, o bloqueador da marca X cuja embalagem do fabricante diz prometer bloquear totalmente o ar, o dispositivo vem com duas molas uma menor com cerca de 2 cm de comprimento e uma outra maior com cerca de 2,7 cm essa mola serve como uma espécie de regulagem caso o ponto de instalação da mesma seja em um local que opera com baixa pressão a mola maior segundo o manual de instalação do fabricante possibilita o funcionamento eficiente do bloqueador em locais com pouquíssima pressão.

Figura 16 – Bloqueador Marca X



Fonte: Arquivo próprio (2017).

O bloqueador da marca X foi submetido a ensaios utilizando as duas molas que vem no kit de instalação os resultados podem ser analisados nos quadros 6 e 7.

Quadro 6 – Medição somente ar com bloqueador Marca X mola grande.

HIDROMETRO I	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	0,00 m ³ /h	00 m.c.a	10 min	17,0469	17,0469	0 lts
HIDROMETRO II	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	4,44 m ³ /h	03 m.c.a	10 min	12,1056	12,8463	740 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Quadro 7 –Medição somente ar com bloqueador Marca X mola menor

HIDROMETRO I	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	0,00 m ³ /h	00 m.c.a	10 min	17,0469	17,0469	0 lts
HIDROMETRO II	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	2,91 m ³ /h	08 m.c.a	10 min	12,8463	13,3331	486 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Nos testes realizados apenas com a presença de ar na rede com o bloqueador da marca Marca X mesmo em baixa pressão ouve a medição do ar que passava pelo hidrômetro II, o volume de ar medido foi mais elevado com a mola de maior comprimento instalada, onde se percebeu que a mola de menor comprimento, que também vem no kit de instalação, opera de forma que a rede necessite de uma maior pressão de funcionamento, quando a pressão é muito baixa 3 m.c.a a válvula impede totalmente a passagem do ar, no entanto caso haja variação positiva de pressão o ar vai passar pelo hidrômetro e ser contabilizado, para a mola de maior comprimento a pressão crítica foi estabelecida no ensaio em 5 m.c.a, para a mola de menor comprimento que exige uma pressão de funcionamento mais elevada a pressão crítica foi estabelecida em 8 m.c.a, a partir desses valores de pressão o ar consegue passar pelo hidrômetro e pelo bloqueador da Marca X.

Para realização dos ensaios com a presença de ar mais água utilizando no ramal o bloqueador da marca Marca X, foi modificado o ponto de entrada de ar de modo a se prevenir o golpe de aríete, foi substituído o “T” PVC soldável por uma junção em “Y” rosqueável, o que de fato evitou o fenômeno (FIG. 17).

Figura 17 – Ponto de entrada de ar com junção “Y”



Fonte: Arquivo próprio (2017).

Os resultados para o ensaio com a presença de ar mais água no ramal são demonstrados no quadro 8 a instalação do bloqueador Marca X foi realizada com a mola de menor comprimento que exige uma maior pressão de funcionamento da rede.

Quadro 8 –Medição ar+água bloqueador Marca X mola menor.

HIDROMETRO I	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (água)
	01	0,64 m ³ /h	15 m.c.a	10 min	17,6556	17,7629	107 lts
	02	0,38 m ³ /h	10 m.c.a	10 min	17,7655	17,8297	64 lts
	03	0,06 m ³ /h	05 m.c.a	10 min	17,8379	17,8470	10 lts
HIDROMETRO II	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar+água)
	01	1,61 m ³ /h	15 m.c.a	10 min	16,2557	16,5252	269 lts
	02	0,94 m ³ /h	10 m.c.a	10 min	16,7021	16,5439	158 lts
	03	0,90 m ³ /h	05 m.c.a	10 min	16,7326	16,8760	143 lts

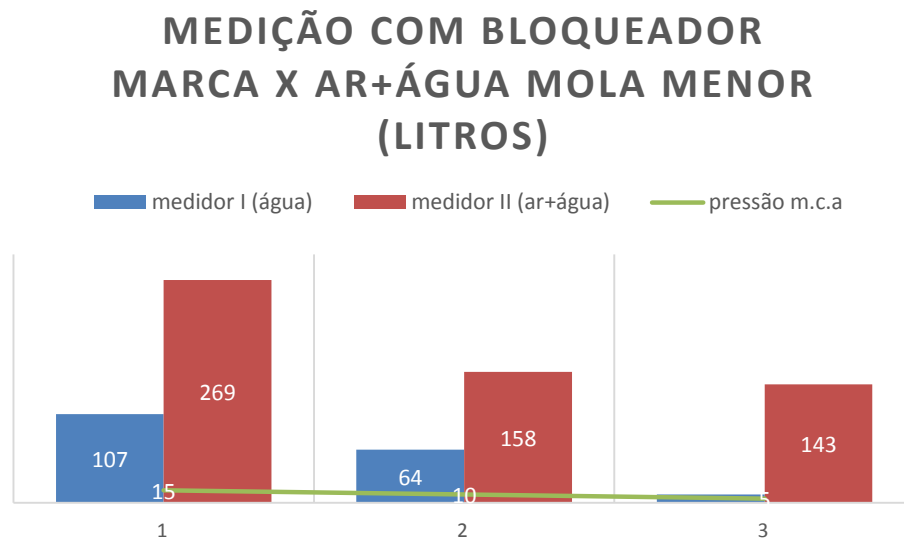
Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Para o ensaio com a presença de ar mais água utilizando a válvula Marca X o hidrômetro I, serviu de parâmetro para comparação dos volumes medidos no hidrômetro II, a válvula foi posicionada na rede de acordo as especificações do fabricante que orienta instalar o dispositivo após o hidrômetro, nos testes realizados com o bloqueador foi feito medições com pressões de 15, 10 e 5 m.c.a, verificado a vazão e o volume de água medido no primeiro medidor que não estava sob a influência do ar e no segundo medidor sob a ação do ar, ou seja, o primeiro mediu apenas água. As medições demonstram que os valores obtidos no hidrômetro II são em toda totalidade superiores aos valores obtidos no medidor I, observou-se que o medidor II contabilizou tanto o ar quanto a água mesmo com o dispositivo instalado, o que chamou a atenção foi que mesmo havendo a presença de ar e água na rede com 5 m.c.a, o fluxo era interrompido passando apenas o ar pelo bloqueador, outro

fato foi o aumento da vazão no hidrômetro II isso se deu por este estar sobre a influência do ar injetado pelo compressor em um ponto médio entre o medidor I e II.

Em análise aos dados obtidos nas três medições realizadas sob pressões diferentes observou-se que o funcionamento do dispositivo se dá em relação a pressão exercida na rede, os valores medidos diminuem em função da diminuição da pressão conforme demonstrado no gráfico 3.

Gráfico 3 –Comparativo de volumes medidos com o bloqueador Marca X mola menor



Fonte: Autoria própria, (2017).

Observou-se no ensaio que quando a pressão foi inferior a 5 M.C.A pressão crítica tanto o fluxo de ar quanto o fluxo de água era interrompido, isso ocorre porque o dispositivo faz com que a rede necessite de uma pressão de funcionamento maior que a pressão crítica para que haja o fluxo de água no hidrômetro, elevando a pressão para 10 m.c.a o fluxo ainda apresenta uma vazão baixa, normalizando apenas quando a pressão é aumentada para 15 m.c.a alcançando a vazão de 1,61 m³/m valor um pouco acima do Qn do hidrômetro 1,5 m³/h.

Como o dispositivo da marca Marca X possui duas molas para regulagem foram repetidas as mesmas medições com o dispositivo, porém com a mola maior instalada em seu interior, para comparação dos dados obtidos, foram utilizadas as mesmas pressões de 15, 10 e 5 m.c.a, em que as leituras obtidas são demonstradas na quadro 9.

Quadro 9 –Medição ar+água bloqueador Marca X mola maior.

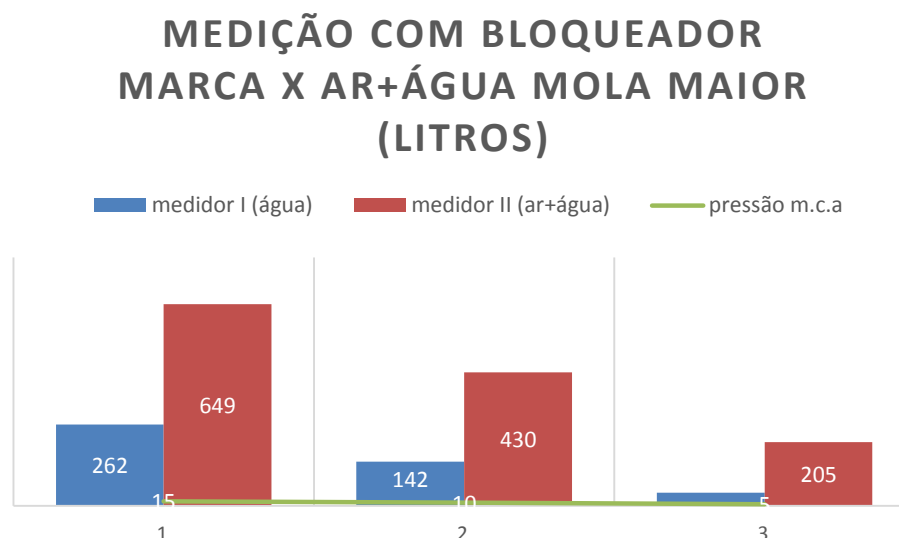
HIDROMETRO I	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (água)
	01	1,57 m ³ /h	15 m.c.a	10 min	17,8594	18,1221	262 lts
	02	0,85 m ³ /h	10 m.c.a	10 min	18,1264	18,2690	142 lts
	03	0,25 m ³ /h	05 m.c.a	10 min	18,2788	18,3216	42 lts
HIDROMETRO II	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar+água)
	01	3,89 m ³ /h	15 m.c.a	10 min	16,8910	17,4901	649 lts
	02	2,58 m ³ /h	10 m.c.a	10 min	17,5056	17,9364	430 lts
	03	1,23 m ³ /h	05 m.c.a	10 min	17,9596	18,1653	205 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Nota-se que quando o dispositivo foi submetido ao mesmo teste sob as mesmas condições de pressão, dessa vez com a mola de maior comprimento instalada em seu interior, houve um aumento do volume medido tanto no medidor I quanto no medidor II, apontando uma discrepância ainda mais elevada em relação aos volumes obtidos em ambos os medidores, o que ficou visível foi que houve uma passagem de ar ainda maior no medidor II, volume de ar este contabilizado novamente junto com a água. Verificou-se também que a vazão aumentou com a instalação do dispositivo com a mola de maior comprimento em ambos os medidores, sendo que novamente as maiores vazões foram registradas no medidor II pois esse contabilizou tanto o ar como a água.

O gráfico 4 demonstra novamente que o desempenho do dispositivo se dá em função da pressão.

Gráfico 4 – Comparativo de volumes medidos com o bloqueador Marca X mola maior



Fonte: Autoria própria, (2017).

Quando a medição foi realizada sob a pressão de 5 m.c.a, o fluxo de água no medidor I foi quase interrompido. Já no medidor II o fluxo maior foi de ar acompanhado de um volume bem reduzido de água. Se a pressão for de 3 m.c.a, o fluxo de ar assim como o de água é interrompido, ficando claro que o bloqueador da Marca X vai ter sua eficiência comprometida em função da pressão no ponto ao qual esse for instalado em pressões superiores a crítica o ar vai passar pelos medidores sendo contabilizado como água, a embalagem do dispositivo diz que o mesmo bloqueia 100% o ar os testes e os dados obtidos no laboratório demonstram que isso não ocorre, em todas as medições realizadas houve medição do ar nos hidrômetros, com a regulagem da mola maior houve ainda um aumento significativo na medição do ar que passava pelo hidrômetro II, observou-se que em regime de abastecimento ar mais água a pressão crítica do dispositivo estando instalado na rede com a mola maior foi estabelecida em 3 m.c.a em situação de pressão superior a 3 m.c.a. o ar vai ser contabilizado como água mesmo estando com bloqueador.

Para o bloqueador da marca Marca Y foi feito os mesmos procedimentos adotados nas análises para o bloqueador da Marca X realizando inicialmente uma medição com pressão mínima somente com ar, com exceção da mola pois o bloqueador da Marca Y não possui regulagem, vem de fábrica completamente lacrado (FIG. 18).

Figura 18 – Bloqueador de ar marca Y



Fonte: Arquivo próprio (2017).

O Bloqueador da marca Y foi submetido há um primeiro teste inicial com pressão mínima de 2 m.c.a somente com ar na tubulação para analisar o seu comportamento, foram obtidos os dados apresentados na quadro 10.

Quadro 10 –Medição somente ar bloqueador Marca Y.

HIDROMETRO I	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	0,00 m ³ /h	00 m.c.a	10 min	17,0469	17,0469	0 lts
HIDROMETRO II	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar)
	5,52 m ³ /h	02 m.c.a	10 min	13,4019	14,3244	922 lts

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Quando submetido a teste somente com a presença de ar na rede,o bloqueador da marca Y mesmo sob regime de baixa pressão não conseguiu impedir a passagem do ar pelo hidrômetro durante o período de medição 10 min sob pressão constante de 2 m.c.a foram medidos 922 lts, um valor ainda maior se comparado aos valores obtidos nos ensaios com o bloqueador da marca X nas mesmas condições. Novamente o medidor I serviu apenas como parâmetro caso houvesse o fluxo contrário do ar fato que não ocorreu.

Foram realizadas outras três medições com pressão de 15, 10 e 5 m.c.a com um tempo de 10 minuto cada medição, dessa vez com a presença de ar mais água na rede, o ar foi injetado através de um compressor de ar comprimido, os ensaios obedeceram aos mesmos parâmetros dos ensaios realizados no bloqueador da marca Marca X, os resultados obtidos são demonstrados na quadro11.

Quadro 11 –Medição ar+água bloqueador Marca Y.

HIDROMETRO I	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (àgua)
	01	1,92 m ³ /h	15 m.c.a	10 min	17,0069	17,3287	321 lts
	02	1,27 m ³ /h	10 m.c.a	10 min	17,3253	17,5374	212 lts
	03	0,54 m ³ /h	05 m.c.a	10 min	17,5496	17,6414	91 lts
HIDROMETRO II	Medição	Vazão teste	Pressão	Tempo de medição	Leitura inicial	Leitura final	Vol. Medido (Ar+àgua)
	01	4,36 m ³ /h	15 m.c.a	10 min	14,3782	15,1056	727 lts
	02	3,89 m ³ /h	10 m.c.a	10 min	15,1133	15,7631	649 lts
	03	2,80 m ³ /h	05 m.c.a	10 min	15,7748	16,2433	468 lts

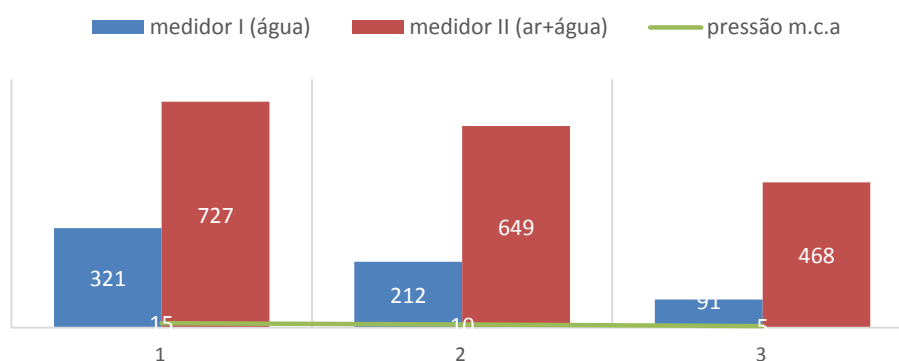
Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Assim como ocorreu com o bloqueador da Marca X o bloqueador da marca Y apresentou uma grande diferença nos valores medidos comparando as medições realizadas nos medidores I e II. No medidor II o valor obtido nas diferentes pressões foi em sua totalidade superiores aos valores verificados no medidor I, nota-se que o medidor II contabilizou o ar juntamente com a água não o bloqueando nem mesmo quando a pressão esteve mais baixa 5 m.c.a.

O gráfico 5 demonstra que os volumes medidos se dão em função da pressão de funcionamento da rede assim como no bloqueado da Marca X, conforme se aumenta a pressão aumenta-se o volume de ar que passa pelo medidor mesmo com a instalação do bloqueador.

Gráfico 5–Comparativo de volumes medidos com o bloqueador Y

MEDIÇÃO COM BLOQUEADOR MARCA Y AR+ÁGUA MOLA MAIOR (LITROS)



Fonte: Autoria própria, (2017).

Durante a realização do ensaio observou-se que mesmo a medição ocorrendo sobe baixa pressão inferior a 5 m.c.a com o bloqueador Marca Y tanto o fluxo de ar quanto o fluxo de água não eram interrompidos ao contrário do que acontece com o bloqueador da Marca X, que quando as pressões se mantêm abaixo do ponto crítico tanto o fluxo de ar quanto o fluxo de água eram interrompidos.

6 CONCLUSÃO

Os resultados das análises obtidas em laboratório foram satisfatórios visto que objetivo geral dessa pesquisa foi alcançado estabelecendo parâmetros sobre a presença do ar nas redes de abastecimento de água, concretizando a tese de que o ar uma vez presente na rede e chegando até os medidores poderá ocasionar imprecisões na micro medição, impactando diretamente em todo o sistema de abastecimento público da comunidade e nas relações de custos e faturamento dessas companhias.

Conclui-se que a instalação dos bloqueadores de ar não impede a passagem do ar no hidrômetro e que sua eficiência irá se dar em razão da pressão de funcionamento da rede, ou seja, quanto maior a pressão menos eficiente é o dispositivo, e quando a pressão for muito baixa, estando abaixo do ponto crítico do bloqueador no caso do Marca X5 m.c.a, pode ser que o fornecimento de água seja interrompido pois este aparelho exige que a pressão para o abastecimento normal do ramal esteja a partir de 10 m.c.a, em uma condição onde houver falta de água um domicilio onde tenha o dispositivo instalado demorara um pouco mais de tempo para que o abastecimento volte ao normal.

Devido à falta de normalização deste dispositivo não se recomenda o seu uso, pois os testes demonstraram que mesmo sob baixas pressões o mesmo não impede a passagem do ar nem o modelo da Marca X nem tão pouco o modelo da Marca Y, e caso sejam instalados em locais de baixa pressão podem até mesmo interromper o abastecimento.

Sugere-se com base nos resultados alcançados por esse estudo que as empresas de saneamento em seus projetos de redes de abastecimento de água antecipem e instalem dispositivos que possam amenizar a influencia negativa do ar na rede em quantidades suficientes a suprir todos os ramais de abastecimento, isso é um fator importante para garantir uma medição de consumo precisa e manter a eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2005. Caderno de recursos hídricos – **disponibilidade e demanda de recursos hídricos no brasil**. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2017

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2006. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 26 de abril de 201.

ALVES, W.C. et al. Micromedição. Documento Técnico de Apoio nº D3. Revisão 2004 – **Presidência da República**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, 2004.

AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water Meters – Selection, Installation, Testing and Maintenance – AWWA, 3rd Edition, Denver, CO, 1986.

BARROSO, L. (2005). “Estudo da Minimização das Perdas Físicas em Sistema de Distribuição de Água Utilizando o Modelo Epanet”. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-Rs, Brasil.

BORGES, E.J. (2007). “Análise da Micromedição do Volume de Água Potável Domiciliar e sua Influência no Cálculo das Perdas no Sistema de Distribuição”. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, Brasil.

GULARTE, C. BITTENCOURT. (2005). “Um Estudo sobre a Submedição em Hidrômetros para Aplicação no Controle de Perdas Aparentes no Sistema de Abastecimento de Água de Blumenau”. Dissertação de Mestrado em Metrologia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-Sc, Brasil.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, et al. **Portaria nº 246 de 17/10/2000**. Aprova o Regulamento Técnico Metrológico para hidrômetros de água fria, de vazão nominal até 15 m³/h. Brasília, out. 2000.

INMETRO–INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, et. al. **Sistema Internacional de Unidades** – SI. 6 a. Ed. Brasileira, Brasília, 2000b.

LINUS, A. R. Água, Micromedida e Perdas. Scortecci Editora. DMAE. Porto Alegre, 1992.

LOPES, N. P.; LARA, M.; LIBÂNIO, M. Quantificação em escala de bancada do volume de arem ligações prediais de água. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, V. 16, n. 4 out/dez, p. 343-352, 2011.

MENDONÇA, S. R. (1975). “Manual do Reparador de Medidores de Água”. BNH/ABES/CETESB, São Paulo, Brasil, 178p.

MIRANDA, I. S. L. Presença de Ar no Sistema de Abastecimento de Água: influências na macro e micro medição. 2010. 88f. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre.

MELLO, E. J.; FARIAS, R. L. O Ar e sua influência na medição do consumo de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21.2001, João Pessoa. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2001.

PNCDA DTA A1. Apresentação do Programa. Documento Técnico de Apoio nº A1 Presidência da República. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, 1999.

PÁSCOA, J. CORNÉLIO DA. (2009). “Estudos de redução de perdas de água e eficiência energética no setor de saneamento”. Dissertação de mestrado em engenharia da energia. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá-Mg, Brasil.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004a. 80p. Documento Técnico de Apoio A2.

SILVA, N. REGINA. (2008). “Estudo de metodologias para avaliação de submedição de hidrômetros domiciliares em sistemas de água”. Dissertação de

mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos. Universidade de Brasília. Brasília-DF, Brasil.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Aplicativo Série Histórica (2014). Disponível em: <www.snis.gov.br> Acesso em: 21 de Fevereiro de 2014.

SO 4061-2 **ABNT NBR ISO 9001-** INMETRO- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em: 26/04/2017

TORRES, L. D. S. E TORRES, A. S. (2004). Uso eficiente Del Agua. International Water and Sanitation, Cinara Instituto de Investigación y Desarrollo em Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

WERDINE, DAMASCUS. (2002). “Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento”. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Energia. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá-MG, Brasil.