INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo

Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição do BINFA – TG

Trabalho de Graduação
Ano 2017

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

CDU:628.17

Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo

ESTUDO DAS PERDAS DE ÁGUA E VAZAMENTOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO BINFA

Orientador

Ten Cel Eng Márcio Antônio da Silva Pimentel (ITA)

ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA

Dopazo, Danniel Elias Carneiro Leite
Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição do BINFA / Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo.
São José dos Campos, 2017.
86f.

Trabalho de Graduação – Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2017. Orientador: Ten Cel Eng Márcio Antonio da Silva Pimentel.

1. Perdas de água. 2. Vazamentos. 3. Medidas de vazão. 4. Desperdícios. 5. Geofone Eletrônico. 6. Balanço Hídrico. 7. Consumo de água. 8. Estimativa de perdas. 9. Torneiras. 10. Consumo de cavalos. I. Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo. II. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. III. Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição do BINFA

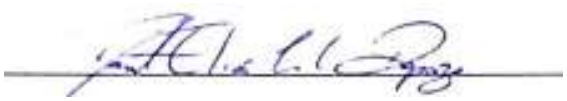
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DOPAZO, Danniel Elias Carneiro Leite. **Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição do BINFA**. 2017. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo
TÍTULO DO TRABALHO: Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição do BINFA
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2017

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo
Rua H8A – Apt 129 – Campus do CTA
12228-460, São José dos Campos - SP

ESTUDO DAS PERDAS DE ÁGUA E VAZAMENTOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO BINFA

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação

Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo

Ten Cel Eng Marcio Antônio da Silva Pimentel - Orientador/Supervisor (ITA)
Orientador

Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 23 de Novembro de 2017

Dedico este trabalho à família e amigos que foram essenciais ao meu crescimento pessoal e profissional.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Ten Cel Eng Marcio Antônio da Silva Pimentel, pela boa vontade em me ajudar na confecção deste Trabalho de Graduação. Ao Major Henrique do GAP-SJ pela disposição em fornecer informações da rede de água do DCTA. À Seção de Hidráulica do DCTA, em especial ao Sr. Manezinho e ao SGT Florêncio que me auxiliaram não só com informações e toda a sua experiência de muitos anos de trabalho, mas por terem me ajudado a montar o local de medição. Aos soldados da Cavalaria e STT pela disposição em fornecer informações e ajuda no decorrer das medições.

Aos meus amigos, principalmente aos irmãos do 129 e do IsHard, por fazerem com que esses cinco anos em São José dos Campos fossem muito mais agradáveis e divertidos. Vocês são irmãos para o resto da vida. À minha namorada pelo apoio e paciência no decorrer desse trabalho.

Por último, à minha família no Rio de Janeiro, Nova Friburgo e Maceió, por sempre ser o meu suporte, apoiando-me sempre em todas minhas escolhas e dificuldades. Em especial aos meus pais, por tudo. Amo vocês

"Não importa o que fizeram com você.
O que importa é o que você faz com aquilo que fizeram com você.”
Jean Paul Sartre

Resumo

Estima-se que aproximadamente 70% de todo o volume de água tratado diariamente na Estação de Tratamento de Água - ETA do DCTA está sendo desperdiçado pelos usuários ou perdido através de vazamentos na sua rede hidráulica. O Batalhão de Infantaria - BINFA é uma unidade operacional de reconhecida importância para a Organização e que possui cerca de 10% de todo a população do DCTA. Trata-se de uma área conhecida por ter muitos vazamentos e desperdícios de água, sendo assim é um local adequado para a realização de um diagnóstico com o intuito de estimar o prejuízo financeiro das perdas de água nesse setor para o DCTA. Este trabalho tem como objetivo a realização de um Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição das unidades STT e Cavalaria do BINFA, de modo que seja possível estimar o volume de água perdido por vazamentos e desperdícios em relação ao volume de água fornecido ao setor e, por conseguinte, pesquisar a localização dos possíveis pontos de vazamentos da rede. Ademais foi realizado um levantamento do impacto financeiro das perdas de água da rede de distribuição das unidades STT e Cavalaria do BINFA para o DCTA. Por fim, foram propostas soluções imediatas para a mitigação das perdas de água no setor e críticas ao modelo de cálculo de perdas por vazamentos para o setor.

Abstract

It is estimated that approximately 70% of the total volume of water treated daily at the DCTA Water Treatment Plant - ETA is being wasted by users or lost through leaks in their water network. The Infantry Battalion - BINFA is an operational unit of recognized importance to the Organization and which has about 10% of the entire DCTA population. It is an area known for having many leaks and wastes of water, so it is a suitable place to carry out a diagnosis in order to estimate the financial loss of water losses in this sector for the DCTA. The aim of this work is to conduct a Study of the Water Losses and Leaks of the distribution network of the STT and Cavalry units of BINFA, so that it is possible to estimate the volume of water lost by leaks and wastes in relation to the volume of water supplied to the sector and, therefore, to investigate the location of possible leakage points of the network. In addition, an evaluation was made of the financial impact of water losses from the distribution network of the STT and Cavalaria units of BINFA to DCTA. Finally, immediate solutions were proposed for the mitigation of water losses in the sector and critical to the leakage calculation model for the sector.

Lista de Figuras

FIGURA 1 – Sistema de Abastecimento de água simples (TSUTIYA, 2006).....21
FIGURA 2 – Classificação dos vazamentos (ABENDE, 2001-2002). 28
FIGURA 3 – Componentes do controle de perdas reais (THORNTON, 2002).....31
FIGURA 4 – Geofone eletrônico (WATERWORKS BUREUAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT, 1994).....33
FIGURA 5 – Haste de escuta (WATERWORKS BUREUAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT, 1994).....34
FIGURA 6 – Curva de erros – hidrômetros novos. Adaptado de Medidores Lautaro (citado por TSUTIYA, 2006).....36
FIGURA 7 – Componentes do controle de perdas aparentes (THORNTON, 2002). 38
FIGURA 8 – Equação e esquema de funcionamento do Medidor de vazão ultrassônico clamp-on TDS-100H (PCE INSTRUMENTS, 2017). 39
FIGURA 9 – Ilustração do Medidor de vazão Clamp-on (ECEFAST, 2017).....40
FIGURA 10 – Método V de medição (PCE INSTRUMENTS, 2017).....41
FIGURA 11 – Fotografia do Kit Caça Vazamentos TEC 0506 (NUNES, 2017). 43
FIGURA 12 – Unidade de controle do Geofone Eletrônico (NUNES, 2017).. 43
FIGURA 13 – Haste de Escuta Eletrônica (NUNES, 2017). 44
FIGURA 14 – Válvula Pulsadora Digital (NUNES, 2017).....44
FIGURA 15 – Modo de operação da válvula pulsadora digital no reconhecimento da rede de água.....46
FIGURA 16 – Local de medição na entrada do setor com sensor e a unidade de controle do medidor de vazão.....47
FIGURA 17 – Aplicação do Geofone em campo na busca por vazamentos.....51
FIGURA 18 – Planta da rede do setor atualizada.....56
FIGURA 19 – Vazão de água fornecida ao setor medido no 1º dia. 59
FIGURA 20 – Volume de água fornecido acumulado medido no 1º dia. 60
FIGURA 21 – Vazão de água fornecida ao setor medido no 2º dia. 60
FIGURA 22 – Volume de água fornecido acumulado medido no 2º dia. 61
FIGURA 23 – Vazão de água fornecida ao setor medido no 3º dia. 61
FIGURA 24 – Volume de água fornecido acumulado medido no 3º dia. 62

FIGURA 25 – Comparação da vazão fornecida e de perdas por vazamentos do setor em L/h para o 1º dia. 66
FIGURA 26 – Comparação do volume fornecido e de perdas por vazamentos acumulados do setor em L para o 1º dia. 67
FIGURA 27 – Comparação da vazão fornecida e de perdas por vazamentos do setor em L/h para o 2º dia. 67
FIGURA 28 – Comparação do volume fornecido e de perdas por vazamentos acumulados do setor em L para o 2º dia. 68
FIGURA 29 – Comparação da vazão fornecida e de perdas por vazamentos do setor em L/h para o 3º dia. 68
FIGURA 30 – Comparação do volume fornecido e de perdas por vazamentos acumulados do setor em L para o 3º dia. 69
FIGURA 31 – Divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos para o 1º dia. 70
FIGURA 32 – Divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos para o 2º dia. 71
FIGURA 33 – Divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos para o 3º dia. 71
FIGURA 34 – Possíveis pontos de vazamentos da rede do setor. 73
FIGURA 35 – Vazamento exposto na 3ª parte do setor. 74
FIGURA 36 – Suspeita de Vazamento na 2ª parte do setor. 74
FIGURA 37 – Gráfico da divisão em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 1º dia. 76
FIGURA 38 – Gráfico da divisão em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 2º dia. 77
FIGURA 39 – Gráfico da divisão em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 3º dia. 77
FIGURA 40 – Reservatório "piscina". 82

Lista de Tabelas

TABELA 1 – Caracterização geral das perdas (TSUTIYA, 2006). 24
TABELA 2 – Matriz do balanço hídrico (ALEGRE et al, 2000). 25
TABELA 3 – Causa dos vazamentos (SAPPORO, 1994). 27
TABELA 4 – Características dos vazamentos (LAMBERT, 2000). 29
TABELA 5 – Recomendações de distância para instalação dos sensores (PCE INSTRUMENTS, 2017). 42
TABELA 6 – Cronograma das atividades de Ensaios e Pesquisas. 53
TABELA 7 – Dias da Semana. 54
TABELA 8 – Estimativa de volume de água consumido do BINFA pelo GIA-SJ 57
TABELA 9 – Adaptação da Estimativa de volume de água consumido pelo setor da STT e Cavalaria do BINFA. 57
TABELA 10 – Média e desvio padrão das vazões das torneiras com o registro de sua parte aberto e o da outra parte fechado. 63
TABELA 11 – Média e desvio padrão das vazões das torneiras com os 2 registros abertos. 63
TABELA 12 – Média e desvio padrão das vazões da 4ª e 5ª etapas. 64
TABELA 13 – Resumo dos cálculos das perdas por vazamentos estimadas das partes do setor. 64
TABELA 14 – Cruzamento dos dados das perdas por vazamentos com a rede em condições de operação diferentes. 65
TABELA 15 – Porcentagem de perdas por vazamentos adotadas na condição de todas as torneiras abertas durante o expediente no setor. 65
TABELA 16 – Resumo das perdas por vazamentos por volume de água ao longo do período medido para o 1º dia. 69
TABELA 17 – Resumo das perdas por vazamentos por volume de água ao longo do período medido para o 2º dia. 70
TABELA 18 – Resumo das perdas por vazamentos por volume de água ao longo do período medido para o 3º dia. 71
TABELA 19 – Volume desperdiçado no 1º dia de medição. 75
TABELA 20 – Volume desperdiçado no 2º dia de medição. 75
TABELA 21 – Volume desperdiçado no 3º dia de medição. 75

TABELA 22 – Divisão em Litros e em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 1º dia. 76
TABELA 23 – Divisão em Litros e em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 2º dia. 76
TABELA 24 – Divisão em Litros e em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 3º dia. 77
TABELA 25 – Prejuízo no período de medição e conversão desse prejuízo em 24 horas para o 1º de medição..... 78
TABELA 26 – Prejuízo no período de medição e conversão desse prejuízo em 24 horas para o 2º de medição..... 78
TABELA 27 – Prejuízo no período de medição e conversão desse prejuízo em 24 horas para o 3º de medição..... 79
TABELA 28 – Prejuízo financeiro para o DCTA referente ao 1º dia medição. 79
TABELA 29 – Prejuízo financeiro para o DCTA referente ao 2º dia medição. 79
TABELA 30 – Prejuízo financeiro para o DCTA referente ao 3º dia medição. 79

Sumário

1 INTRODUÇÃO 17

1.1 Importância do Tema 17

1.2 Motivação 18

1.3 Objetivo 19

1.4 Escopo do trabalho 20

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 20

2.1 Sistema de Abastecimento de Água 20

2.2 Perdas de água 22

2.2.1 Conceituação inicial 22

2.2.2 Quantificação e caracterização das perdas – Balanço Hídrico 24

2.2.3 Perdas Reais 26

2.2.3.1 Conceituação dos Vazamentos 27

2.2.3.2 Classificação dos Vazamentos 28

2.2.3.3 Duração dos Vazamentos 29

2.2.3.4 Avaliação das Perdas Reais 29

2.2.3.5 Controle e Redução de Perdas Reais 30

2.2.3.5.1 Setorização da rede 31

2.2.3.5.2 Pesquisas de Vazamentos não visíveis 32

2.2.3.5.3 Melhoria da qualidade de materiais e da mão-de-obra 34

2.2.4 Perdas Aparentes 34

2.2.4.1 Erros de medição (Macromedição e Micromedição) 35

2.2.4.2 Uso não autorizado da água 36

2.2.4.3 Controle e Redução de Perdas Aparentes 37

2.3 Introdução ao funcionamento de um Medidor de Vazão Clamp on 39

3 MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA 39

3.1 Equipamentos de trabalho 39

3.1.1 Medidor de vazão TDS-100H Clamp on 40

3.1.2 Kit Caça Vazamentos da Yamatec TEC-0506 42

3.1.2.1 GeofoneEletrônico 43

3.1.2.1 Sensor de Haste de Escuta Eletrônica 43

3.1.2.2 Válvula Pulsadora Digital 44

3.2 Metodologia 44

3.2.1 Escolha do Setor 45

3.2.2 Levantamento do cadastro da rede 45

3.2.3 Ensaios de perdas por vazamentos 46

3.2.4 Pesquisa de Vazamentos 50

3.2.5 Estimativa das perdas por desperdícios 51

3.2.6 Impacto financeiro das perdas de água para o DCTA 51

3.3 Cronograma de Atividades 52

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 54

4.1 Escolha do Setor 54

4.2 Levantamento do cadastro da rede 55

4.2.1 Especificação da rede 55

4.2.2 Demanda 56

4.2.3 Condições de operação e uso atual 58

4.2 Ensaios de perdas por Vazamentos 58

4.3 Pesquisa de Vazamentos 72

4.4 Estimativa das perdas por desperdícios 74

4.5 Impacto financeiro das perdas de água para o DCTA 78

5 LIMITAÇÕES E CRÍTICAS AO TRABALHO 80

6 PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES IMEDIATAS 81

7 CONCLUSÃO 82

8 REFERÊNCIAS 83

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância do Tema

A disponibilidade de água para o consumo sempre foi considerada como um tema de despreocupação no Brasil, tendo em vista a detenção da maior reserva mundial de água doce. Porém, com o crescimento populacional e econômico do país desde a década de 1960, essa fonte começou a apresentar sinais de atenção. Pode-se tomar como exemplo, o sistema Cantareira que abastece grande parte da cidade de São Paulo, a maior metrópole da América Latina, o qual alcançou níveis de 3,6% da capacidade dos seus reservatórios de água no ano de 2014.

Ainda que a principal razão para o ocorrido tenha sido o período recorrente de estiagem na região, deve-se promover o uso racional da água disponível, evitando o desperdício no consumo, perdas de água que ocorrem por toda a infraestrutura do sistema de abastecimento e as contaminações física, química e bacteriológica da água.

Dessa maneira, é imprescindível a formulação de um planejamento de manutenção adequado pelas companhias de abastecimento de água responsáveis com base em resultados obtidos de ações de controle, como: medições de consumo, pressão e pesquisa de vazamentos.

Um sistema de abastecimento de água tem como objetivo distribuir água em quantidade e qualidade própria para o consumo humano, para isso é importante o controle em toda a composição desse sistema: manancial, unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, reservatório, rede de distribuição e ligações prediais. Entretanto, uma grande parcela dos problemas encontra-se na rede de distribuição e ligações prediais em função de sua extensão e condições de implantação. Por serem unidades mais complexas quanto ao monitoramento, requerem uma atenção especial por parte das companhias de saneamento.

Assim como em qualquer infraestrutura existe uma tendência quase que universal de se valorizar a "construção" em detrimento da operação e manutenção acreditando-se na eficiência dos sistemas construídos por um longo período e materiais com durabilidade quase infinita. Essa cultura de administração tem levado ao surgimento de redes de água antigas e deterioradas

em grandes centros urbanos do país, ocasionando problemas de vazamentos, que afetam a quantidade da água efetivamente distribuída para o consumo.

A negligência em monitorar o funcionamento das redes de água tem consequências preocupantes, uma vez que não reparar no devido tempo pode ocorrer um comprometimento cada vez maior das funcionalidades da tubulação.

O quadro descrito reflete a situação do sistema de abastecimento de água do Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica (DCTA) com mais de 60 anos em operação sem um plano de controle e monitoramento que direcione as ações de manutenção, recorrendo apenas a atividades corretivas para problemas urgentes.

Por muitos anos, as companhias de água no Brasil relegaram as atividades de operação e manutenção em segundo plano, porém em vista dos benefícios econômicos observados, tais como: economia de custos de produção de água, energia elétrica e controle de perdas de faturamento, elas têm cada vez dedicado mais atenção a essas práticas. Dessa maneira, é necessário um plano de ação estratégico de controle e medição para a recuperação da rede de água do DCTA garantindo o seu efetivo funcionamento pelos próximos anos.

1.2 Motivação

O DCTA é uma organização subordinada ao Comando da Aeronáutica de grande valor estratégico, visto que abriga diversos institutos de tecnologia e a universidade de engenharia de maior prestígio no país, totalizando mais de 5 mil habitantes entre moradores e uma população flutuante derivada de hotéis de trânsito e trabalhadores civis e militares altamente capacitados em assuntos do mais alto grau de tecnologia do país em diversas áreas de engenharia.

Por se tratar de uma grande instituição militar, o DCTA possui sua própria rede de abastecimento de água o que faz a Aeronáutica economizar cerca de R$ 5.000.000,00 por ano em fornecimento de água, caso optasse pelo serviço privado da SABESP.

O GIA-SJ atua como mantenedor da infraestrutura de abastecimento de água para o DCTA, controlando todo o processo, desde a captação da água até a sua distribuição.

Atualmente, a captação extrai cerca de 3.190.000 litros/dia de água, sendo que aproximadamente 30% desse total é oriundo de poços artesianos. Dessa forma, o uso da água visa atender às diversas necessidades, tais como:

- uso para o público em geral (consumo, higiene, preparo de alimentação);
- atividades hospitalares e ambulatoriais;
- pesquisas e produção científica.

Uma estimativa de consumo realizada pela ETA, baseada na população diária do DCTA e no consumo per capita conforme cada tipo de consumidor (residências, prédios administrativos, hotéis, refeitório, etc.), indica que a demanda de água para todo o campus do DCTA seria de aproximadamente 950 m^3/dia. Entretanto, os dados reais indicam que o volume tratado diariamente na ETA é de 3.190 m^3/dia. Essa diferença representa que praticamente 70% de todo o volume de água tratado diariamente na ETA está sendo desperdiçado pelos usuários ou desperdiçado através de vazamentos subterrâneos ainda desconhecidos. Adicionalmente têm ocorrido reclamações de falta de água em algumas instalações. O valor médio nacional de perda nas redes de água foi de 40,6 % em 2001, o que evidencia uma situação preocupante de negligência nas operações.

A rede hidráulica do DCTA possui mais de 60 anos, necessitando assim de um controle rigoroso para a identificação dos principais problemas, tais como: vazamentos, registros inoperantes, substituição da tubulação e uma modernização tanto da rede quanto das peças hidráulicas. O Batalhão de Infantaria - BINFA é uma unidade operacional de reconhecida importância para a Organização e que possui cerca de 10% de todo a população do DCTA. Trata-se de uma área conhecida por ter muitos vazamentos e desperdícios de água, sendo assim é um local adequado para a realização de um diagnóstico com o intuito de estimar o prejuízo financeiro das perdas de água nesse setor para o DCTA.

1.3 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo a realização de Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição das unidades STT e Cavalaria do BINFA, de modo que

seja possível estimar o volume de água perdido por vazamentos e desperdícios em relação ao volume de água fornecido ao setor e, por conseguinte, pesquisar a localização dos possíveis pontos de vazamentos da rede. Ademais a realização do impacto financeiro dessas perdas de água para o DCTA.

1.4 Escopo do trabalho

Inicialmente, será realizada uma fase de investigação em campo de modo que se possa reunir informações técnicas e assim realizar o cadastro completo de toda a rede de distribuição das unidades STT e Cavalaria do BINFA, identificando seus principais problemas referentes aos aspectos quantitativos - perdas de água provenientes de vazamentos e desperdícios. Serão realizadas medições nos pontos de consumo das instalações (micromedição) e medições na entrada do setor (macromedição) para a estimativa das perdas de água por vazamentos. A macromedição ajudará no conhecimento da rotina de consumo do setor em sua totalidade para, além do ajuste da estimativa de consumo calculada pelo GIA-SJ. Em seguida, será realizado a busca pela localização dos vazamentos em toda a rede do setor.

Por fim, serão identificados e estimados os desperdícios nessas dependências. A partir disso, será calculado o prejuízo das perdas desse setor (vazamentos + desperdícios) no tratamento da água para o DCTA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de Abastecimento de Água

Um Sistema de Abastecimento de água é o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinado à produção e transporte de água potável aos consumidores para fins domésticos, industriais, comerciais, entre outros. A água fornecida deverá estar em condições de pressão, quantidade e qualidade satisfatória do ponto de vista físico, químico e bacteriológico (NETTO, A. et al. 1998).

É composto, de maneira geral, pelo manancial, unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, rede de distribuição e ramais prediais. A Figura x apresenta um esquema de um sistema de abastecimento simples com reservatório a montante.

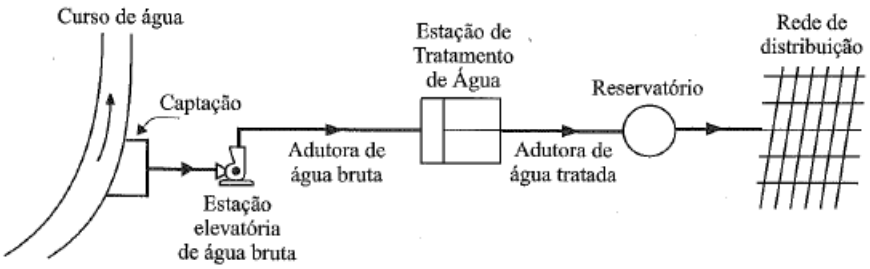


FIGURA 1 – Sistema de Abastecimento de água simples (TSUTIYA, 2006).

Tsutiya (2006) define os componentes do sistema de abastecimento da seguinte maneira:

- **Manancial**: é corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve possui qualidade adequada sob o ponto de vista sanitário e vazão suficiente para atender a demanda durante o período de projeto.

- **Captação**: unidade do sistema responsável por retirar água do manancial em quantidade e qualidade suficiente para atender o consumo da população.

- **Estação elevatória**: conjunto de obras e equipamentos destinados ao recalque de água, podendo ser bruta ou mesmo tratada. Também é comum a estação elevatória do tipo "booster" que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água. Sua implantação pode ser dispensável caso o abastecimento seja por gravidade.

- **Adutora**: O transporte de água entre o manancial, a unidade de tratamento e os reservatórios é realizado através de linhas adutoras. Não distribuem a água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são as sub-adutoras.

- **Estação de tratamento de água**: conjunto de equipamentos destinados a realizar processos para adequação da água aos padrões de potabilidade por meio da eliminação de impurezas e/ou redução de algumas substâncias inadequadas para o consumo

humano, tais como: dureza, corrosividade, sabor, cor, odor, ferro, manganês, sais minerais, turbidez e bactérias patogênicas.

- **Reservatório**: Elemento de distribuição com a função de regularizar as diferenças entre o abastecimento e o consumo máximo diário, promover condições de abastecimento contínuo durante curtos períodos de interrupção, armazenar água para combate a incêndio e condicionar as pressões disponíveis nas redes de distribuição.

- **Rede de distribuição**: parte do sistema constituído de tubulações, conexões e peças especiais destinadas a conduzir água tratada de forma contínua com vazão e pressão adequadas para o abastecimento dos pontos de consumo.

- **Ramais prediais**: São as interligações entre as tubulações da rede de distribuição ao interior dos estabelecimentos consumidores.

A rede de distribuição e os ramais prediais constituem a parte mais complexa tanto na fase de concepção para projeto, quanto nas fases de operação e manutenção. Além de apresentar um custo elevado, são, geralmente, responsáveis pelo surgimento de grande parte dos vazamentos que afetam a quantidade e com isso, afetam a eficiência do sistema de abastecimento, como um todo.

2.2 Perdas de água

2.2.1 Conceituação inicial

Segundo Tsutiya (2006) entende-se por "perda" como o volume de água tratada que foi produzida e não pôde chegar ao consumidor final. Essa noção, no entanto, trata a perda como algo físico, com a existência de um vazamento que causou o desperdício de água. Porém, pode-se analisar as perdas sob um aspecto empresarial, tratando a água como um produto que não foi entregue por alguma ineficiência no processo de distribuição e que gerou prejuízo, uma vez que

a água perdida possui custos intrínsecos para sua produção e transporte, mas que não foram contabilizados como receita.

Logo, temos a perda vista de fato como um prejuízo econômico para a empresa prestadora. Dito isso, são identificados dois tipos de perdas de acordo com a IWA segundo (ALEGRE, 2000):

- **Perda física ou real**: volume de água tratada que não é entregue ao ponto de consumo pela existência vazamentos nas adutoras, redes de distribuição, reservatórios. Esse tipo de perda carrega consigo os custos de produção e transporte da água tratada, tais como: custo de produtos químicos, mão de obra, energia elétrica e etc.
- **Perda não-física ou aparente**: volume de água consumido que não é contabilizado e faturado pela companhia de saneamento, tendo em vista diversos erros: ligações clandestinas, fraudes, erros de medição, falha no cadastro comercial. Esse tipo de perda é relativo ao preço de venda da água no varejo, trata-se do valor que a companhia deixa de receber de acordo com a sua política tarifária.

As perdas desempenham um papel importante para os consumidores, visto que as empresas prestadoras geralmente incorporam essas perdas na sua composição de preços. Dessa maneira, a população "acaba pagando a conta", ou pelo menos uma parte, da perda de eficiência no processo de abastecimento de água realizado pelas companhias.

A Tabela 1 resume considerações importantes para os tipos de perdas anteriormente citadas.

TABELA 1 – Caracterização geral das perdas (TSUTIYA, 2006).

ITEM	Características Principais	
	Perdas Reais	**Perdas Aparentes**
Tipo de ocorrência mais comum	• Vazamento	• Erro de medição
Custos associados ao volume de água perdido	• Custos de produção da água tratada	• Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	• Desperdício de recursos naturais • Maiores impactos ambientais devido à necessidade de ampliação da exploração dos mananciais	• Não é relevante
Efeito na saúde pública	• Riscos de contaminação	• Não é relevante
Ponto de vista empresarial	• Perda de produto "industrializado"	• P erda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	• Imagem negativa da empresa, associada ao desperdício e ineficiência	• Não é uma preocupação imediata
Efeitos finais no consumidor	• Repasse de custos à tarifa • Desincentivo ao uso racional da água	• Repasse de custos à tarifa • Incitamento ao roubo e fraudes

Todas as fases do sistema de abastecimento, captação, adução da água bruta, tratamento, adução, reservação e distribuição da água tratada estão sujeitas a perdas. Porém em cada uma existem "condições específicas que fazem preponderar um tipo de perda sobre o outro" (TSUTIYA, 2006, p.459). Sabendo isso de antemão, é possível realizar as ações mais adequadas à prevenção e correção de fatores que ocasionam o seu surgimento.

A avaliação das perdas pode ser realizada de maneira simples: medindo-se o volume de água no ponto inicial de uma fase e, em seguida, medindo-se novamente no ponto final dessa fase. O caso mais comum que ocorre em sistemas de abastecimento e que, concomitante, proporciona um noção inicial do volume perdido é a medição a partir da Estação de Tratamento – ETA e a comparação com a soma de todas as medições dos hidrômetros realizados durante um determinado período de tempo. Em termos técnicos, é a diferença entre a Macromedição (saída da ETA) e a Micromedição (pontos de consumo) de toda água tratada que se perde nas fases de adução, reservação e distribuição.

2.2.2 Quantificação e caracterização das perdas – Balanço Hídrico

Uma forma de representar e quantificar todos os possíveis usos da água em um sistema de abastecimento, desde o momento de captação no manancial até a entrega ao consumidor se dá pelo Balanço Hídrico. Trata-se de uma forma estruturada de avaliar os componentes dos fluxos e usos da água no sistema de maneira clara baseados nos seus absolutos ou relativos. É uma importante ferramenta de gestão para a quantificação das perdas e dela surgem diversos indicadores de desempenho para o acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais. Sendo assim, a IWA segundo (ALEGRE, 2000) propôs uma matriz com as variáveis mais importantes para a composição dos fluxos e usos da água, conforme a Tabela 2, com o intuito de uniformizar uma estrutura básica a nível mundial.

"O cálculo do Balanço Hídrico requer medições ou estimativas criteriosas em cada ponto de controle definido no sistema" (TSUTIYA; MILTON, 2006, p.460). O período de avaliação geralmente é de 12 meses, absorvendo as sazonalidades do ano.

TABELA 2 – Matriz do balanço hídrico (ALEGRE et al, 2000).

[m³/ano]

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não-medido (estimados)	
		Consumo autorizado não-faturado	Consumo não-faturado medido (usos próprios, caminhão-pipa, etc.)	Água não-faturada
			Consumo não-faturado não-medido (combate a incêndios, favelas, etc.)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não-autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (macro e micromedição)	
		Perdas reais	Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	
			Vazamentos nos ramais (a montante do ponto de medição)	

Uma vez apresentada a Tabela 2 do Balanço Hídrico, é necessário o conhecimento de seus componentes segundo as definições da IWA de acordo com (ALEGRE, 2000).

- **Água que entra no sistema**: volume de água introduzido na parcela do sistema de abastecimento avaliado. Por exemplo, volume de água produzida pela ETA, volume que saí de um reservatório setorial ou de uma adutora. Esse componente do Balanço Hídrico define o grau de restrição da região para a avaliação do sistema de abastecimento. Inclui água importada;

- **Consumo autorizado**: volume anual medido e/ou não-medido fornecido a consumidores cadastrados, à própria companhia (usos administrativos ou operacionais) e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais e industriais. Inclui água exportada;

- **Consumo autorizado faturado**: compõe-se dos volumes medidos nos hidrômetros e dos volumes estimados nos locais onde não há hidrômetros instalados. Trata-se do volume de água que gera receita para as companhias, proveniente dos pagamentos das contas de água dos consumidores;

- **Consumo autorizado não-faturado**: é composto dos volumes medidos para uso própria da companhia e volumes não-medidos, a estimar, tais como água utilizada para combate à incêndio, lavagem de ruas, espaços públicos e em algumas atividades operacionais na companhia (lavagem de redes de água e esgotos, reservatórios, por exemplo);

- **Água faturada**: representam a parcela da água fornecida que, de fato, é comercializada e gera faturamento para a empresa que administra o sistema de abastecimento.

- **Água não-faturada**: corresponde a diferença entre a água que entra no sistema e do consumo autorizado faturado. Esse volume incorpora as perdas totais (reais e aparentes), assim como o consumo autorizado não-faturado.

É importante salientar “quanto mais variáveis medidas forem utilizadas, melhor confiabilidade está agregada ao balanço” (TSUTIYA; MILTON, 2006, p.463).

2.2.3 Perdas Reais

2.2.3.1 Conceituação dos Vazamentos

Os vazamentos aparecem em diversas fases do sistema de abastecimento, desde a captação até os pontos de consumo. As principais causas de vazamento nas partes do sistema de abastecimento são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 – Causa dos vazamentos (SAPPORO, 1994).

	Causas Internas	Causas Externas
Bombas	• Desgastes das gaxetas • Ajustes inadequados nos registros, válvulas e juntas • Pressões elevadas	
Reservatórios	• Má qualidade dos materiais • Má execução da obra • Envelhecimento dos materiais	
Tubulações	**Material** • Má qualidade das materiais • Corrosão • Envelhecimento **Execução** • Projeto inadequado • Assentamento inadequado • Encaixes inadequados • Corrosão **Operação** • Golpe de aríete • Pressão alta • Qualidade da água (corrosão interna)	**Ambiente** • Carga de tráfego • Agressividade do solo (corrosão externa) • Poluição do solo **Desastres naturais** • Movimentos de terra ocasionados por obras • Deslizamentos • Movimentos sísmicos

Em função da sua extensão e condições de implantação, as redes de distribuição e os ramais prediais concentram o maior número de vazamentos e maior volume de água perdido. “Em termos de vazão, estima-se que os vazamentos surgidos em redes primárias e secundárias tenham vazões significativamente maiores aos ocorrentes em ramais e cavaletes, podendo fazer com que a proporção relativa, em volume, seja diferente daquela observada em relação ao número de casos” (TSUTIYA; MILTON, 2006, p.467).

Ainda segundo TSUTIYA (2006) cada sistema de distribuição, em função dos materiais utilizados, das características construtivas e de condições operacionais possui uma “taxa natural de ocorrência de vazamentos” que determinará o nível de atenção das companhias na busca por reparos. Elevadas taxas de surgimento, mesmo quando esgotadas todas as alternativas operacionais de intervenção podem determinar a troca das tubulações da rede ou dos ramais em um trecho do sistema.

2.2.3.2 Classificação dos Vazamentos

Os vazamentos nas redes de abastecimento podem ser visíveis ou não visíveis. Os primeiros são facilmente notáveis e os técnicos de manutenção podem ser acionados prontamente para o reparo. Entretanto, os segundos exigem uma atenção especial, uma vez que demandam recursos tecnológicos e financeiros para sua investigação. Por não afloraram a superfície, torna-se necessário o investimento em periódicas pesquisas de vazamentos e equipamentos para detecção das fugas que utilizam tecnologia baseados em princípios de acústicas. Mesmo munido desses recursos, existem condições onde existe o vazamento e ainda assim não é possível localizá-lo, tais como: pequenas vazões de vazamento, baixo nível de ruído ou baixa pressão de serviço. Esses vazamentos são conhecidos como não visíveis e não detectáveis. Existem tecnologias mais avançadas para detecção desses vazamentos, porém aspectos de caráter econômico podem não justificar o investimento econômico nesses equipamentos o que faz com que as empresas de saneamento "aceitem" esse tipo de ineficiência como vazamentos inerentes. A Figura 2 resume a classificação dos vazamentos apresentada.

FIGURA 2 – Classificação dos vazamentos (ABENDE, 2001-2002).

A Tabela 4 sintetiza as características mais marcantes dos tipos de vazamentos apresentados.

TABELA 4 – Características dos vazamentos (LAMBERT, 2000).

Tipo de vazamento	Características
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, baixas vazões, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

2.2.3.3 Duração dos Vazamentos

É o intervalo de tempo transcorrido desde o conhecimento da fuga de água até o momento em que o vazamento é estancado. De acordo com TSUTIYA (2006) em redes de abastecimento de água, a duração média do vazamento é o resultado da soma de três fases sequenciais:

- **Conhecimento**: tempo médio entre o início do vazamento até o momento que a equipe de reparo tem conhecimento de sua existência;
- **Localização**: tempo médio desde o conhecimento do vazamento até a descoberta de sua localização exata;
- **Reparo**: tempo médio entre a localização do vazamento até o seu o reparo.

2.2.3.4 Avaliação das Perdas Reais

A quantificação das perdas totais (reais + aparentes) é uma apuração relativamente fácil de ser feita, simplesmente pela diferença entre os volumes fornecidos e os volumes autorizados. Porém, o conhecimento da parcela de perda real e a de perda aparente é uma tarefa complexa, que exige hipóteses criteriosas e em ensaios em campo (TSUTIYA, 2006).

De acordo com a IWA por (ALEGRE, 2000) os volumes de água perdidos são calculados por meio dos dados de macromedição e micromedição, e de estimativas para determinar os valores não-medidos. Hipóteses são realizadas para determinar as perdas aparentes (erros de medição, fraudes, etc) e por diferença calculam-se as perdas reais. A

Expressão abaixo baseada no método do Balanço Hídrico está apresentada para avaliação das perdas reais.

Perdas Reais = Volume Disponibilizado – Volume Autorizado – Perdas Aparentes

Para a estimativa dos erros de micromedição, pode-se utilizar as curvas típicas de precisão de hidrômetros novos, inclinados ou usados, e com os perfis de consumo determinados, realizam-se as contabilizações e ponderações para estimar os volumes submedidos no sistema de distribuição de água. A avaliação dos volumes perdidos devido aos problemas de gestão comercial deve-se basear no histórico do sistema comercial da companhia. Registro dos casos de fraudes, o tempo médio de duração da irregularidade e o volume esperado para aquele tipo de ligação permitem estimar, grosso modo, as perdas por fraudes em um sistema de abastecimento de água. (TSUTIYA, 2006).

2.2.3.5 Controle e Redução de Perdas Reais

Segundo TSUTIYA (2006) as principais ações no combate às perdas reais são:

- Setorização da rede, que permite o confronto entre a macromedição (do setor) e a micromedição (dos hidrômetros) e o controle de pressão e nível de reservatório mais efetivo;
- Pesquisa de vazamentos não visíveis, principalmente nos ramais prediais, onde ocorre a maioria das fugas (cerca de 80% conforme Sabesp ([entre 1997 e 2002])) com posterior rapidez e qualidade dos reparos;
- Melhoria da qualidade de materiais e da mão-de-obra de execução da rede distribuição, principalmente dos ramais prediais;

A Figura 3 ilustra um esquema de quatro componentes principais de um programa integrado para manter as perdas reais a um nível aceitável.

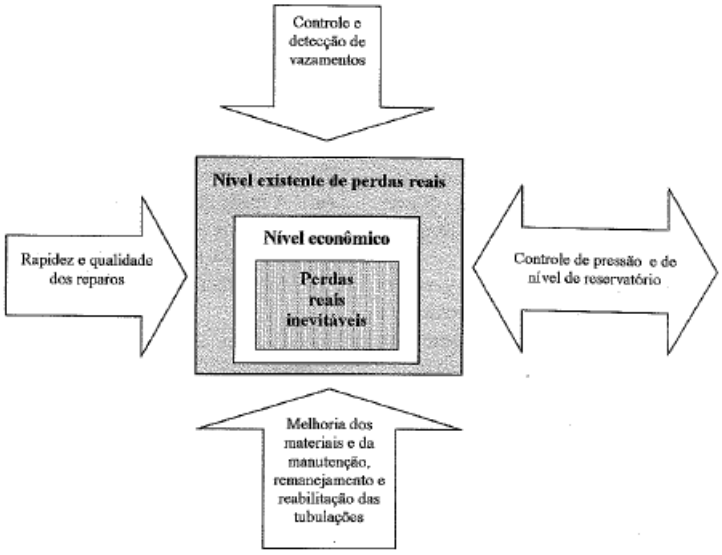


FIGURA 3 – Componentes do controle de perdas reais (THORNTON, 2002).

Segundo TSUTIYA (2006) o nível de perdas existente no setor, representado pelo quadrado maior, apresenta outros níveis de perdas referenciais, quais sejam, o "Nível econômico de perdas reais" e as "Perdas reais inevitáveis". A área localizada entre o nível atual de perdas reais e as perdas reais inevitáveis representa o volume de perdas potencialmente recuperável com as ações de redução de perdas, mesmo que uma pequena parcela desse volume a recuperar não apresente uma relação benefício-custo viável.

A partir das relações de causa e efeito, podem-se classificar as ações básicas de controle e redução de Perdas Reais, anteriormente citadas da seguinte maneira:

- **Ações que combatem os efeitos**: controle ativo dos vazamentos, reparo dos vazamentos e remanejamento de redes;
- **Ações que combatem as causas**: gerenciamento de pressões e níveis d'água, qualidade dos materiais empregados, qualidade da mão-de-obra, controle de corrosão e cadastro preciso e atualizado.

2.2.3.5.1 Setorização da rede

De acordo com TSUTIYA (2006) a operação dos sistemas de abastecimento requer uma compartimentação da rede de distribuição, obtida através da instalação e manuseio de registros,

definindo-se uma área rigorosamente fechada onde se procura ter um perfeito monitoramento de todas as variáveis importantes para uma boa qualidade dos serviços, tais como:

- Volumes disponibilizados à distribuição, através da medição das vazões;
- Vazões mínimas noturnas, implementando-se campanhas periódicas ou permanentes de medição;
- Plano piezométrico ao longo do dia medindo-se regularmente as pressões em pontos estratégicos da rede;
- Qualidade da água distribuída, com a análise regular de amostras na rede;
- Volumes consumidos pelos clientes, por meio dos hidrômetros instalados à entrada dos imóveis;
- Consumos sociais (favelas e áreas invadidas), se houver.

Ainda segundo TSUTIYA (2006) em sistemas abertos ou sem controle dos fluxos, a mistura incontrolada das águas gera comportamentos difíceis de serem previstos para análise de variáveis como pressão, vazão e qualidade da água. Dessa maneira, a setorização do sistema de distribuição permite separar cada setor, onde cada um terá suas características definidas e assim controlar regularmente sua operação para identificação das perdas.

2.2.3.5.2 Pesquisas de Vazamentos não visíveis

A pesquisa de vazamento não-visíveis não deve ser passiva, o que significa a atuação somente quando a fuga d´ água aflora à superfície. O controle ativo dos vazamentos representa a ação sistemática de localizar vazamentos não visíveis existentes por meio de equipamentos de detecção acústica em que o operador escuta o ruído do vazamento. Alguns equipamentos normalmente utilizados são: Haste de escuta e o Geofone Eletrônico. Além de outros auxiliares complementares, tais como: barra de perfuração, manômetro, trena ou roda de medição, entre outros (TSUTIYA, 2006).

O Geofone é classificado como um END (Ensaio Não Destrutivo), utilizado para localizar vazamentos de água não visíveis evitando quebras desnecessárias. O Equipamento é um detector acústico que capta a vibração gerada por um vazamento proveniente do sensor de solo ou haste de escuta e processa tal vibração em dados de áudio, realizando cortes de frequência para garantir maior precisão. Desse modo, encontra o ponto exato do vazamento não visível pela identificação do local onde o ruído apresenta maior intensidade (NUNES, 2017).

A Figura 4 ilustra a aplicação e detecção de um vazamento por um Geofone Eletrônico.

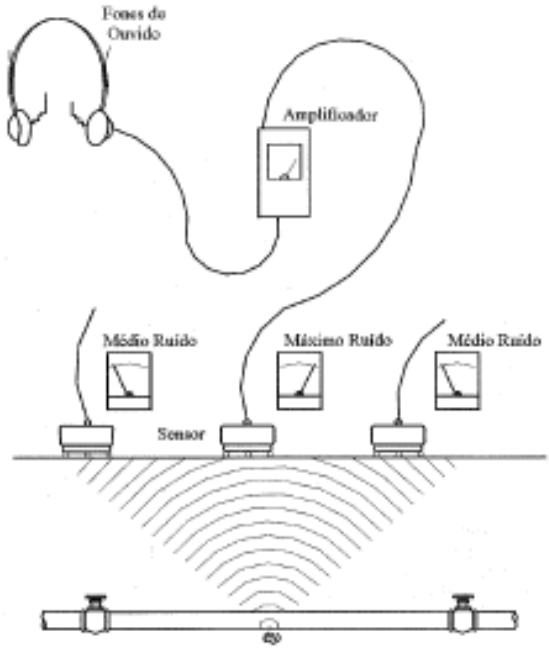


FIGURA 4 – Geofone eletrônico (WATERWORKS BUREUAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT, 1994).

Por meio dos trabalhos de Padilha et al. (2003) e TSUTIYA (2006) tem-se que a Haste de Escuta é normalmente utilizada para pesquisas de vazamentos em cavaletes e registros para a identificação de furtos de água. Trata-se de um equipamento simples, composto de um amplificador mecânico ou eletrônico acoplado a uma barra metálica que não localiza o vazamento apenas indica a sua existência nas proximidades. A Figura 5 ilustra esse aparelho e seus componentes.

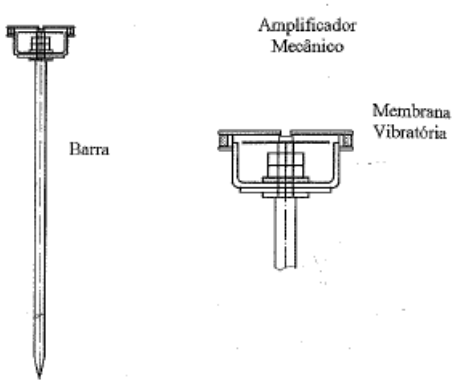


FIGURA 5 – Haste de escuta (WATERWORKS BUREUAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT, 1994).

2.2.3.5.3 Melhoria da qualidade de materiais e da mão-de-obra

Segundo Tsutiya (2006) a vida útil das tubulações das redes de distribuição depende da qualidade do material empregado, da mão de obra que executou os serviços, das condições físico-químicas do solo e das proteções contra o processo de corrosão (no caso de tubulações metálicas).

A preocupação dos materiais utilizados envolve principalmente os tubos e acessórios (válvulas, registros, ventosas) em razão de fatores como: Má qualidade intrínseca gerando rápida deterioração, má especificação e problemas decorrentes de manuseio, transporte e armazenamento inadequados. Em termos de mão de obra, as ações mais importantes para garantir sua adequada qualificação são: treinamento da mão de obra e certificação profissional.

Tubos e acessórios com materiais de qualidade e instalados corretamente permitem um funcionamento prolongado da rede em torno da vida útil especificada pelo fabricante e atrasam o dispendioso processo de Remanejamento de tubulações.

2.2.4 Perdas Aparentes

As perdas aparentes correspondem ao volume de água consumido, mas não contabilizado. São constituídas de duas parcelas:

- Erros de macromedição e micromedição;

- Uso não autorizado (fraudes e falhas no cadastro comercial).

2.2.4.1 Erros de medição (Macromedição e Micromedição)

"Somente através da medição é possível conhecer, diagnosticar, alterar e avaliar as diversas situações operacionais em um sistema de abastecimento" (TSUTIYA; MILTON, 2006, p.479). Para medir parâmetros de controle importantes, tais como: vazão, pressão, volume de água, e nível de reservatório são utilizados Macromedidores e Micromedidores.

Macromedidores: equipamentos destinados ao conjunto de medições de vazão, pressão e nível de reservatório. Podem ser utilizados desde a captação no manancial até imediatamente antes do ponto de consumo. Os pontos de medição podem ser monitorados à distância ou localmente, podendo ainda ser temporários ou permanentes. São aparelhos de custo e porte significativamente superior aos Micromedidores.

Micromedidores: equipamento destinado à medição do volume de água consumido para emissão do pagamento pelos usuários do sistema de abastecimento de água. O tipo mais comum e amplamente utilizado é o hidrômetro. Os hidrômetros normalmente utilizados nas residências, comércio e pequenas unidades comerciais são do tipo velocímetro com vazões nominais entre 1,5 m^3 e 3 m^3.

Para qualquer tipo de medidor existe uma imprecisão que varia conforme o tipo de medidor. "Um Macromedidor bem instalado e operando em condições de vazão adequadas, apresenta uma faixa de variação de precisão, em geral, entre 0,5% e 2%" (TSUTIYA; MILTON, 2006, p.480). Porém, um Micromedidor, tal como o hidrômetro possui três principais fatores de imprecisão mais complexos de se prever, os quais a confiabilidade dos resultados da micromedição pode ficar comprometida.

- **Faixas de vazão**: Os hidrômetros apresentam uma curva típica de precisão, que varia com a vazão apresentada na Figura 6. Pode ser observado que o funcionamento ideal ocorre perto da vazão nominal com erro próximo de 2%. Pode ocorrer uma medição sobrevalorizada quando a vazão situa-se entre a vazão de "transição" e a "vazão mínima". Abaixo da vazão mínima, há uma substancial queda na precisão, submedindo extremamente os volumes de água (TSUTIYA, 2006).

- **Tempo de uso**: Ocorre um decaimento de precisão ao longo do tempo. Avalia-se de forma geral, e sem contar a influência de diversos fatores, uma queda de 1% ao ano (SABESP/IPT,1987). Além disso, em termos de vida útil, estima-se que os hidrômetros mais comuns (1,5 m³ e 3 m³) possam trabalhar entre 5 e 10 anos, dependendo das características qualitativas da água distribuída (água vermelha, por exemplo)
- **O "efeito caixa d´água"**: Este fator não é necessariamente uma falha do hidrômetro. No Brasil, a instalação de caixas d´água domiciliares está arraigada na tradição da construção civil, dessa maneira muitos imóveis possuem sua própria caixa d´água. Seu efeito faz com que as vazões que passam pelo hidrômetro sejam menores do que as ocorrentes no ponto de consumo interno na residência devido ao amortecimento proporcionado pelo volume da caixa d´água. Sendo menos as taxas de vazão, elas se situam nas faixas inferiores da curva de precisão dos hidrômetros, onde os erros (negativos) são muito mais significativos (TSUTIYA, 2006).

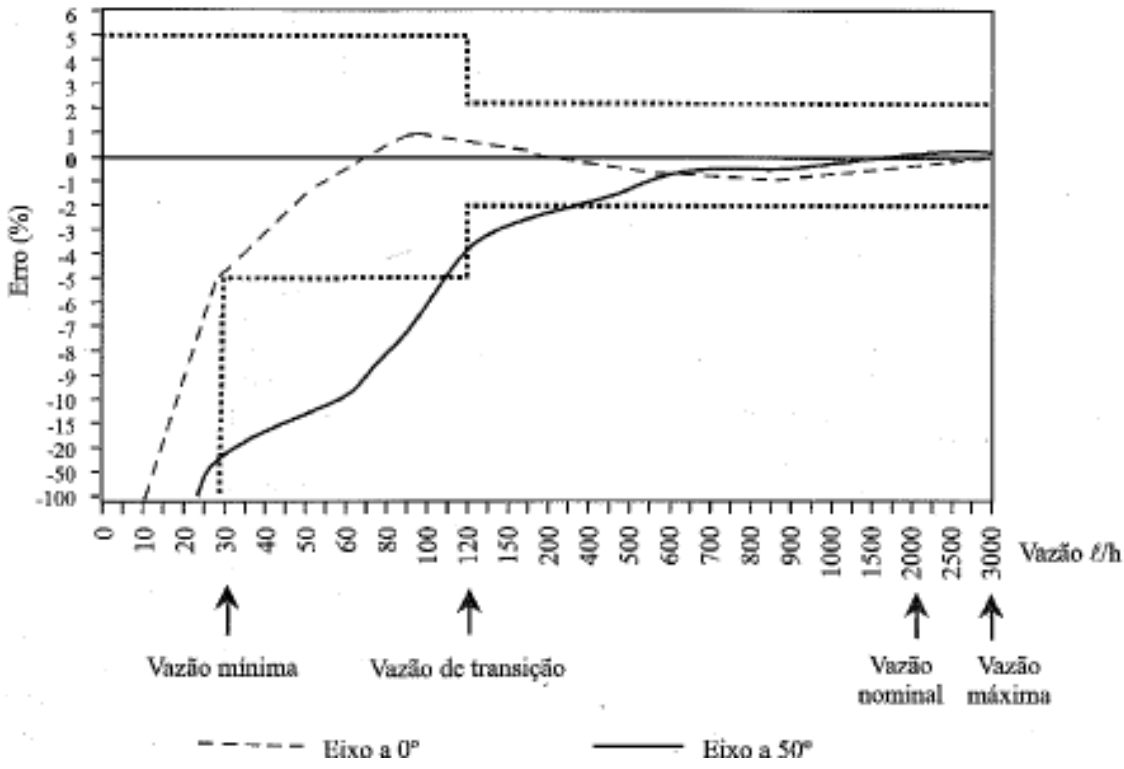


FIGURA 6 – Curva de erros – hidrômetros novos. Adaptado de Medidores Lautaro (citado por TSUTIYA, 2006).

2.2.4.2 Uso não autorizado da água

Segundo Tsutiya (2006) a gestão comercial de uma companhia consiste de todo aparato financeiro, operacional, tecnológico e de recursos humanos para a contabilização do consumo faturado pelos usuários que gerará receita para a empresa. Para isso, é necessário a existência de um cadastro comercial com um registro sistematizado dos consumidores que contenha informações para a correta caracterização dos clientes. Tais como: dados de localização da ligação, tipo de uso (residencial, comercial, industrial, etc), entre outras.

O uso não autorizado da água produzida pela companhia de saneamento compõe uma parcela das perdas aparentes tão complexa quanto a estimativa dos erros de medição dos medidores. São diversas as causas do uso não autorizado:

- **Não cadastramento das novas ligações em tempo real**: período de tempo em que ocorre o cadastramento da ligação demora meses ocasionando perda de faturamento da companhia;
- **Ligações suprimidas que foram reativadas sem o conhecimento da companhia**: existência de ligações inativas que foram suprimidas do cadastro comercial, mas que se tornaram ativas sem que a companhia fosse notificada;
- **Ligações clandestinas**: Tomada d´água feita diretamente no tubo da rede de distribuição ou no próprio ramal predial antes do hidrômetro;
- **Fraudes**: intervenções feitas no hidrômetro para a submedição do consumo real. Os casos mais comuns de fraude são: rompimento do lacre, execução de "by pass", violação através de furo na cúpula e colocação de arame para travar os dispositivos internos do hidrômetro e acesso por torneira ou registro após o hidrômetro e inserção de um arame, ou outro obstáculo, para impedir a rotação da turbina do hidrômetro;

Outro caso que pode constituir como perda aparente é a falta de um sistema de hidrometração completo, ficando algumas ligações sem hidrômetros com faturamento fixo mensal por estimativa de consumo. Isso enseja, com certeza, um excedente de consumo, superior ao valor utilizado para faturamento.

2.2.4.3 Controle e Redução de Perdas Aparentes

Conforme Tsutiya (2006), as principais ações no combate das perdas aparente são:

- **Redução de erros dos medidor**es: especificação correta dos medidores, instalação adequada, troca corretiva e preventiva de hidrômetros, calibração periódica, acerto da inclinação de hidrômetros, controle e análise da qualidade da água;
- **Melhorias no sistema comercial**: aperfeiçoamento contínuo do sistema de gestão comercial para a contabilização correta do consumo dos usuários;
- **Redução de fraudes**: ações de inspeção de ligações suspeitas de haver interferência na contabilização do consumo de água e as medidas de coibição dessa prática;
- **Qualificação da mão de obra**: seleção de profissionais capacitados para a instalação e leitura de hidrômetros.

A Figura 7 ilustra um esquema desses quatro componentes principais que de um programa integrado para manter as perdas a um nível aceitável.

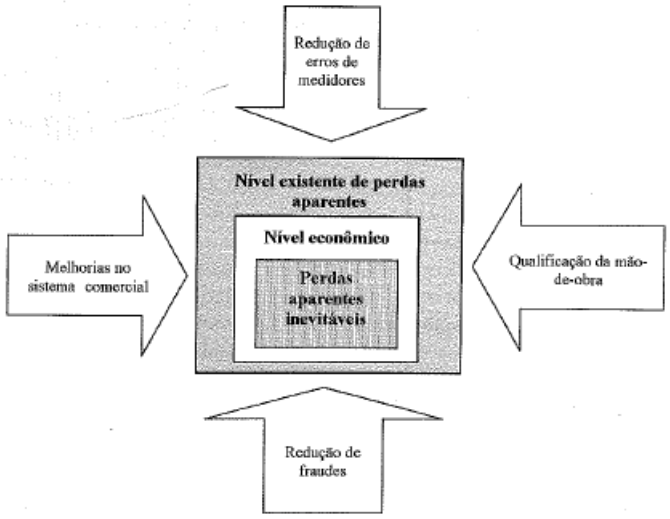


FIGURA 7 – Componentes do controle de perdas aparentes (THORNTON, 2002).

Assim como a Figura 3 em relação às perdas reais, a área remanescente entre o nível atual de perdas aparentes e o nível econômico representa o volume de perdas aparentes potencialmente recuperável e que possui vantagem econômica para a companhia de saneamento.

Ainda segundo Tsutiya (2006) a partir das relações de causa e efeito, pode-se classificar as ações básicas de controle e redução de Perdas aparentes, anteriormente citadas da seguinte maneira:

- **Ações que combatem os efeitos**: manutenção corretiva dos hidrômetros, inspeções de fraudes e levantamentos de ligações clandestinas;
- **Ações que combatem as causas**: especificação, instalação correta e calibração dos medidores, troca preventiva de hidrômetros, qualificação de mão de obra de apuração do consumo e aperfeiçoamento do sistema comercial.

2.3 Introdução ao funcionamento de um Medidor de Vazão Clamp on

O equipamento mede a velocidade do fluxo de um líquido dentro de tubos fechados, funcionando com base no método de diferença de tempo de trânsito no sentido do fluxo e no sentido contrário a ele. Transdutores eletroacústicos recebem e enviam pulsos ultrassônicos curtos através do líquido que flui no tubo. A Figura 8 apresenta a equação para o cálculo da velocidade do fluxo assim como o seu esquema de funcionamento.

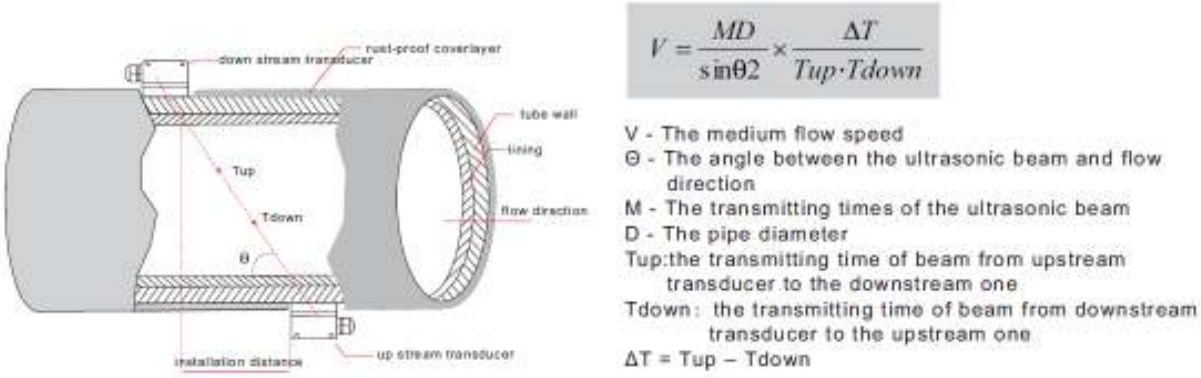


FIGURA 8 – Equação e esquema de funcionamento do Medidor de vazão ultrassônico clamp-on TDS-100H (PCE INSTRUMENTS, 2017).

A partir da velocidade do tubo, o equipamento pode obter a vazão e volume de água escoado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 Equipamentos de trabalho

Para a execução das tarefas de diagnóstico da situação operacional atual da rede foram realizados treinamentos de capacitação pelas empresas fornecedoras dos seguintes equipamentos, descritos na revisão bibliográfica:

- Medidor de vazão ultrassônico clamp-on TDS-100H dotado de equipamento de medição da espessura média da tubulação;
- Kit Caça Vazamentos da Yamatec TEC-0506, contendo: Geofone Eletrônico, Haste de escuta. Além da Válvula pulsadora digital para a localização de tubulações abaixo do solo.

O Medidor de Vazão foi utilizado para a realização da macro e micromedições de vazão e volume de água no Setor. Já o Kit Caça Vazamentos por meio do Geofone Eletrônico se incumbiu de duas tarefas: Localização dos possíveis pontos de vazamentos e identificação da rede de distribuição com o auxílio da válvula pulsadora digital.

3.1.1 Medidor de vazão TDS-100H Clamp on

O Medidor de vazão TDS-100H clamp-on é um medidor de velocidade, vazão e volume de líquido escoado apenas com a instalação dos sensores na parede externa da tubulação. Ele é dotado de equipamento de medição de espessura média das tubulações com tecnologia por tempo de trânsito com precisão de ±1%, bateria recarregável por até 12 horas de operação em campo, um datalogger com capacidade de armazenamento de até 2000 linhas de dados e com um par de sensores para tubulações de 1/2'' a 28''. O aparelho descrito está ilustrado Figura 9.

FIGURA 9 – Ilustração do Medidor de vazão clamp-on (ECEFAST, 2017).

Existem 3 métodos de medição: Os métodos V, W e Z. Esses posicionam os sensores de maneira distinta na parede da tubulação para o cálculo mais preciso da velocidade dependendo do diâmetro da tubulação e de seu material. O método V é o método mais comum para a medição do dia-a-dia. É ideal para diâmetros de tubos internos entre 20 e 300 mm. Também é conhecido como o método reflexivo. A Figura 10 ilustra a configuração de posicionamento dos sensores para a medição.

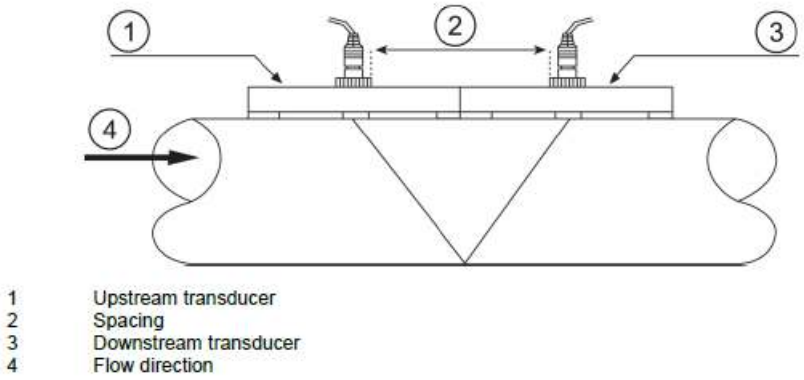
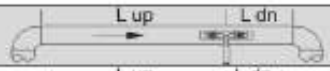
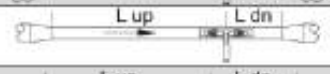
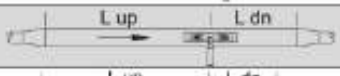
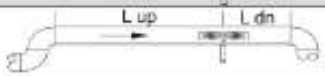
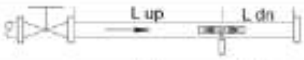
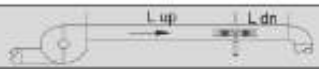


FIGURA 10 – Método V de medição (PCE INSTRUMENTS, 2017).

Para a correta medição é necessário que as informações de diâmetro, espessura do tubo e material sejam inseridas através de sua interface. De modo que em seguida, o equipamento exiba a distância de instalação entre os sensores que deve ser obedecida rigorosamente pelo operador do equipamento.

O primeiro passo no processo de instalação é encontrar uma posição adequada para a fixação do sensor, a fim de assegurar uma medição precisa. Para este fim, é aconselhável obter algum conhecimento sobre a mecânica do fluido dentro da tubulação. Uma posição ótima seria um tubo direto infinitamente longo sem bolhas de ar no líquido. O medidor pode ser instalado verticalmente ou horizontalmente desde que seguidas as recomendações de distância para as singularidades de rede da Tabela 5.

TABELA 5 – Recomendações de distância para instalação dos sensores (PCE INSTRUMENTS, 2017).

Pipe routings and sensor position	Upstream L_{up} x ⌀	Downstream L_{dn} x ⌀
	10D	5D
	10D	5D
	10D	5D
	12D	5D
	20D	5D
	20D	5D
	30D	5D

Pela Tabela 5, observa-se que a colocação dos sensores à montante das singularidades necessita de uma distância menor para garantir uma medição precisa.

3.1.2 Kit Caça Vazamentos da Yamatec TEC-0506

O Kit Caça Vazamentos TEC 0506 fabricado pela Yamatec é composto por 3 equipamentos essenciais para pesquisas de vazamentos, mapeamento de redes e ramais, pesquisas de furtos de agua e localização de ligações inativas. São eles:

- Geofone Eletrônico;
- Haste de Escuta Eletrônica;
- Válvula Pulsadora digital.

A Figura 11 apresenta uma fotografia do equipamento citado.

FIGURA 11 – Fotografia do Kit Caça Vazamentos TEC 0506 (NUNES, 2017).

3.1.2.1 Geofone Eletrônico

O Geofone Eletrônico é composto de sensor de solo, amplificador, fones de ouvido e filtros de ruído. Sua utilização depende de treinamento e experiência do operador para interpretação do ruído captado, pois vazamentos não são uma constante. Possui alta captação e sensibilidade, fácil e confortável manuseio, além de permitir um controle de amplificação e atenuação de ruídos externos indesejáveis. A Figura 12 apresenta a unidade de controle do Geofone Eletrônico.

FIGURA 12 – Unidade de controle do Geofone Eletrônico (NUNES, 2017)..

3.1.2.1 Sensor de Haste de Escuta Eletrônica

A Haste de Escuta Eletrônica também é comumente utilizada para a pesquisa de vazamentos em cavaletes. É constituída de Alumínio e conta com um prolongamento de até 120 cm com manopla aderente e é livre de ruídos externos. A Figura 13 apresenta uma fotografia do sensor.

FIGURA 13 – Haste de Escuta Eletrônica (NUNES, 2017).

3.1.2.2 Válvula Pulsadora Digital

A Válvula Pulsadora Digital é um equipamento instalado em torneiras para o auxílio no mapeamento de redes e ramais pela geração de pulsos ajustáveis. De maneira que toda a rede de água conectada à torneira com a válvula pode ser identificada pela captação dos pulsos pelo sensor de solo e transmitida para a unidade principal do Geofone. A Figura 14 apresenta uma fotografia do equipamento descrito.

FIGURA 14 – Válvula Pulsadora Digital (NUNES, 2017).

3.2 Metodologia

Para a execução das tarefas de medições de vazões e pesquisa de vazamentos, é necessário a implementação de um método de trabalho eficiente a fim de conhecer os principais

problemas do sistema. Mas antes disso, deve-se dispor de todas as informações possíveis no que diz respeito à situação operacional atual da rede. Em razão disso, a metodologia foi composta de três etapas em sequência:

- Escolha do Setor;
- Levantamento do cadastro da rede;
- Ensaios de perdas por vazamentos;
- Pesquisa de vazamentos;
- Estimativa das perdas por desperdícios;
- Impacto financeiro das perdas de água para o DCTA.

3.2.1 Escolha do Setor

Para a realização dos ensaios em campo, foi escolhido um setor que definisse uma área rigorosamente fechada da rede de distribuição, pois essa compartimentação da rede através da setorização é importante para o melhor controle e medição de parâmetros como vazão e volume de água, além de organizar as pesquisas de vazamentos. Além disso, essa escolha se baseou em um setor com consumo com alto volume de água fornecido que poderia denunciar elevadas perdas de água em forma de vazamentos na rede de distribuição ou desperdícios nos pontos de consumo.

3.2.2 Levantamento do cadastro da rede

A reunião de informações da rede é uma tarefa preliminar e, logicamente, essencial, pois não somente influencia diretamente nas etapas seguintes como conduz à proposição de soluções. O processo de levantamento do cadastro foi realizado com consulta aos militares e civis do GIA-SJ, do Setor de Hidráulica, da Cavalaria e da STT do BINFA que se dispuseram em fornecer documentos, arquivos eletrônicos e suas experiências de trabalho na busca das seguintes informações:

- **Especificação da rede**: material da rede, diâmetro, idade dos tubos, nº de ligações prediais, análise da planta da rede, hidrômetros;
- **Demanda**: Estimativa e medições de vazão e volume de água fornecidos, população, unidades de consumo;

- **Condições de operação e uso atual**: histórico de problemas em termos de vazão, pressão, perdas por vazamentos, desperdícios e reclamações dos usuários. Conhecimento da rotina de consumo do setor.

Além disso, para o reconhecimento do traçado da rede foi utilizada a válvula pulsadora digital, não somente para complementar as informações coletas, como também para confirmá-las. A Figura 15 apresenta uma fotografia do modo de operação da válvula pulsadora digital do Kit Caça Vazamentos da Yamatec instalada numa torneira da rede de distribuição de água do setor para a identificação de sua tubulação abaixo do solo.

FIGURA 15 – Modo de operação da válvula pulsadora digital no reconhecimento da rede de água.

Com todas essas informações coletadas, foi possível não somente atualizar o seu cadastro, como também confeccioná-lo com informações técnicas e dados mais completos que não haviam sido documentados.

3.2.3 Ensaios de perdas por vazamentos

Essa atividade se baseou na medição na entrada do setor pelo medidor de vazão clamp-on de volume de água e vazão. Foram realizadas 3 medições em dias diferentes por certos períodos de tempo para se estimar uma rotina de consumo e ser possível traçar um método de cálculo para a estimativa das perdas por vazamentos do setor. A Figura 16 mostra o local de medição na entrada do setor com o sensor e a unidade de controle do medidor de vazão.

FIGURA 16 – Local de medição na entrada do setor com sensor e a unidade de controle do medidor de vazão.

Para a estimativa das perdas por vazamentos da rede de distribuição de todo setor, ele precisou ser dividido em 3 partes em razão da dinâmica de operação da rede.

- 1ª parte: Entrada do setor até a cavalaria.
- 2ª parte: Torneiras 1 e 2 da cavalaria.
- 3ª parte: Torneiras 3, 4 e da "piscina" da cavalaria.

É importante ressaltar que as torneiras citadas abastecem os reservatórios para o consumo dos cavalos e são as principais fontes de consumo do setor. A torneira da "piscina" se refere ao um reservatório circular que é comumente chamado por esse nome.

A vazão de vazamentos da 1ª parte do setor foi estimada pelas medições das vazões na entrada do setor nos períodos de consumo praticamente nulos, como a madrugada, tendo em vista que os registros da 2ª e 3ª parte são abertos concomitantemente e apenas algumas vezes ao dia quando se quer encher os reservatórios das torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina". Portanto, na maior parte do dia, esses mesmos registros encontram-se fechados.

A contabilização da vazão de vazamentos da 2ª e 3ª partes durante os períodos aos quais as torneiras citadas estão abertas, pela abertura dos registros, foi realizada por meio de um outro procedimento dividido em 5 etapas.

- 1ª etapa: Abrir o apenas o registro das torneiras 1 e 2 e medir suas vazões.
- 2ª etapa: Abrir o apenas o registro das torneiras 3, 4 e da "piscina" e medir suas vazões.
- 3ª etapa: Abrir os dois registros e medir as vazões das torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina".
- 4ª etapa: Medir as vazões na entrada do setor geral em 3 condições diferentes, respectivo a condição de operação de cada uma das 3 primeiras etapas.
- 5ª etapa: Medir as vazões na entrada do setor geral com os dois registros da 2ª e 3ª partes fechados para encontrar a taxa de perdas por vazamentos da 1ª parte do setor no momento das medições das etapas anteriores.

Para garantir que a variação de pressão da água na rede não prejudique a obtenção dos dados, as medidas de entrada do setor de cada etapa foram feitas logo em seguida da medição das torneiras da etapa.

Uma vez realizadas as medições e possuindo os dados, pôde-se calcular as vazões de vazamentos estimados da 2ª e 3ª partes do setor pela diferença entre a vazão da entrada do setor (macromedição) e a soma das torneiras (micromedição) com a vazão de vazamentos da 1ª parte do setor. Sendo assim, esses cálculos podem ser feitos da seguinte maneira:

- **Vazão de Vazamentos da 2ª parte do setor**: Vazão de entrada do setor geral da 4ª etapa , na condição de operação da 1ª etapa, subtraído da soma das vazões das torneiras T1 e T2 da 1ª etapa e da vazão de entrada com os registros da 2ª e 3ª parte do setor fechados da 5ª etapa.

- **Vazão de Vazamentos da 3ª parte do setor**: Vazão de entrada do setor geral da 4ª etapa, na condição de operação da 2ª etapa, subtraído da soma das vazões das torneiras T3, T4 e "piscina" da 2ª etapa e da vazão de entrada com os registros da 2ª e 3ª parte do setor fechados da 5ª etapa.

- **Vazão de Vazamentos da 2ª e 3ª partes do setor**: Vazão de entrada do setor geral da 4ª etapa, na condição de operação da 3ª etapa, subtraída da soma das vazões das torneiras 1,

2, 3 e 4 da 3ª etapa e da vazão de entrada com os registros da 2ª e 3ª parte do setor fechados da 5ª etapa.

Por simplificação do método foram utilizadas apenas a média de todas as vazões para estimar as perdas por vazamentos de todas as partes do setor.

Além disso, foi possível realizar o cruzamento dos dados de modo que a soma das médias da vazão de vazamentos da 2ª parte do setor com apenas o registro de T1 e T2 aberto e da vazão de vazamentos da 3ª parte do setor com apenas o registro de T3, T4 e "piscina" sejam próximos da média da vazão de vazamentos estimados da 2ª e 3ª partes com os seus registros abertos. Atentando-se para o fato que de subtrair os a média dos vazamentos da 1ª parte da soma da taxa de vazamentos citada anteriormente, para evitar contabilizá-la duas vezes.

Devido as diferenças de pressão da rede pela variação do consumo durante o dia que influencia na altura manométrica da caixa d'água, a vazão fornecida ao setor pode variar significativamente ao longo do dia, por isso foi importante adotar uma porcentagem de perdas por vazamentos na condição de expediente para todas as torneiras da cavalaria abertas (2 registros abertos) com os resultados da Tabela 15 para o cálculo das perdas por vazamentos de todo o setor nesse evento. Assim, o cálculo de perdas por vazamentos do setor foi calculado para duas situações distintas e bem definidas pelos seguintes modos.

- **Para vazões altas e praticamente constantes**: Os registros da 2ª e 3ª partes estão abertos e assim, adota-se que a porcentagem de perdas por vazamentos em relação a vazão do setor é a porcentagem encontrada no cálculo das estimativas de perdas por vazamentos e cruzamentos dos dados da Tabela 15, de modo que essas perdas acompanhem a variação de vazão e pressão ao longo do dia.

- **Para vazões mais baixas**: Os registros da 2ª e 3ª partes estão fechados e assim desconta-se da vazão do período até no máximo a média da vazão somado ao desvio padrão dos períodos de consumo praticamente nulo. Sendo que esses períodos são facilmente visualizáveis graficamente. Nessa situação estão incluídos os momentos de consumos pontuais do decorrer do dia e os momentos de consumo praticamente nulo com os dois registros fechados.

Sabendo calcular as perdas por vazamentos nesses dois eventos nos períodos de tempo medidos, pôde-se produzir os seguintes resultados:

- Gráfico de comparação da vazão de perdas por vazamentos com a vazão fornecida evidenciando as variações do que é de fato disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos;
- Gráfico de comparação do volume de água fornecido acumulado com o volume acumulado perdido por vazamentos;
- Gráfico com a divisão em porcentagem dos volumes de água disponível para o consumo e perdido por vazamentos nos períodos de medição.

3.2.4 Pesquisa de Vazamentos

A atividade de Pesquisa de Vazamentos nos setores se baseou em descobrir a localização exata dos vazamentos, percorrendo toda a rede do setor para encontrar os pontos das fugas d'água responsáveis pelas vazões de perdas calculadas nos ensaios de medição de vazão. Essa procura baseou-se na identificação dos sons provenientes da turbulência pela passagem da água na avaria da tubulação que gera ruídos captados pelo sensor de solo do Geofone Eletrônico.

O Conhecimento em se identificar os sons próprios de vazamentos e distinguí-los de outros sons foi ministrado durante o curso pela empresa Yamatec que desenvolve o Geofone de seu Kit Caça Vazamentos. A Figura 17 apresenta a aplicação do equipamento em campo.

FIGURA 17 – Aplicação do Geofone em campo na busca por vazamentos.

3.2.5 Estimativa das perdas por desperdícios

As perdas de água por desperdícios foram calculadas pelo consumo das torneiras T1, T2, T3, T4 e da "piscina" subtraído do consumo total dos cavalos da cavalaria nos períodos de tempo das medições de vazões dos ensaios de perda. Nesse cálculo foi estimado um consumo proporcional ao consumo diário dos cavalos dado por Macintyre (1982) tendo em vista que os tempos de medição foram menores que 24 horas.

3.2.6 Impacto financeiro das perdas de água para o DCTA

Por fim, foi feita uma análise financeira das perdas: quanto o DCTA tem prejuízo com a perda total desse setor (vazamentos + desperdícios) no tratamento da água em relação ao custo com insumos: materiais (agentes químicos) e energia elétrica em real e em dólar. Foi utilizada uma cotação de 3,259 para o dólar. Como os tempos de medição foram inferiores a 24h, foi feita uma proporção do prejuízo financeiro para 24h (1 dia) de modo que fosse possível calcular o impacto financeiro dessas perdas num horizonte de até 20 anos para o DCTA.

3.3 Cronograma de Atividades

A programação das atividades de pesquisa foi organizada em semanas, sendo que o início das medições de vazão esteve condicionado à realização do Treinamento de Capacitação do medidor de vazão ultrassônico clamp-on. Com os resultados obtidos das medições mencionadas, torna-se necessário o Treinamento de capacitação do Kit Caça Vazamentos da Yamatec para iniciar os processos de pesquisa de vazamentos. A Tabela 6 apresenta o cronograma das atividades organizado por semanas e a Tabela 7 os dias correspondentes as semanas enumeradas. É importante destacar que foram colocados no cronograma os dias em que o equipamento esteve com problemas e teve de ser consertado.

TABELA 6 – Cronograma das atividades de Ensaios e Pesquisas.

Atividades							
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	
1) Treinamento de capacitação do equipamento Kit caça vazamentos da Yamatec	X						
2) Treinamento de capacitação do medidor de vazão ultrassônico clamp-on com dispositivo de medição de espessura de parede de tubulação		X					
3) Equipamento de medição de vazão com problemas			X	X	X	X	
4) Medição de Vazão na entrada do setor							
5) Medição da vazão na entrada do setor concomitantemente com as vazões das torneiras T1, T2, T3 e T4 nas 3 condições de operação							
6) Pesquisa de Vazamentos							

TABELA 7 – Dias da Semana.

1ª Semana	27/08 até 02/09
2ª Semana	03/09 até 09/09
3ª Semana	10/09 até 16/09
4ª Semana	17/09 até 23/09
5ª Semana	24/09 até 30/09
6ª Semana	01/10 até 07/10
7ª Semana	08/10 até 14/10
8ª Semana	15/10 até 21/10
9ª Semana	22/10 até 28/10
10ª Semana	29/10 até 04/11
11ª Semana	05/11 até 11/11
12ª Semana	12/11 até 18/11
13ª Semana	19/11 até 25/11

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Escolha do Setor

O plano de ação desse trabalho foi realizado em um setor do Batalhão de Infantaria (BINFA) do DCTA que compreende as seguintes instalações:

- STT;
- Cavalaria.

Essa região tem algumas peculiaridades na rede de distribuição de água que influenciaram em sua escolha, pode-se citar: O cadastro inexistente da rede, o consumo praticamente nulo de água em grande parte do período da madrugada e o elevado volume de água fornecido que poderia ensejar focos de vazamentos e desperdícios no setor.

A cavalaria é uma instalação recente e que teve sua rede construída por soldados e não por funcionários (civis ou militares) do setor de hidráulica e assim não teve seu cadastro documentado. Diferentemente, a STT possui sua rede construída a mais tempo e implantada pelo setor de hidráulica, porém não apresenta cadastro em planta.

4.2 Levantamento do cadastro da rede

O levantamento do cadastro da rede desse setor foi uma tarefa árdua, tendo em vista a inexistência de plantas da rede de água nos setores de engenharia responsáveis. Dessa maneira, essa etapa consistiu em pesquisas de campo por meio de observações das especificações da rede e pela procura de informações com os responsáveis pela sua implantação. Cada instalação do setor apresenta características distintas quanto ao cadastro da rede e que refletiram em dificuldades na busca das informações.

4.2.1 Especificação da rede

Toda a rede do setor foi construída com PVC, já os diâmetros de alguns trechos são de 1 ½ polegada, 1 ¼ polegada, ¾ polegada e ½ polegada. A Figura 22 apresenta a planta confeccionada com o traçado da rede em azul contendo informações de diâmetro dos trechos em amarelo e o posicionamento das torneiras (com a letra T em vermelho) que enchem os reservatórios de água para o consumo dos cavalos. Estima-se que a rede de distribuição do setor possua cerca de 300 m de comprimento e que a Figura 18 represente uma área aproximadamente quadrada com 125 m de lado, ou seja com 15625 m².

FIGURA 18 – Planta da rede do setor atualizada

São 2 ligações prediais: uma para STT e outra que distribuí a água para a cavalaria com ramificações dessas para torneiras externas. Esse setor não possui micromedição em nenhum ponto da rede.

Tratando-se da idade dos tubos: a rede da cavalaria foi sendo aos poucos implantada desde antes de 2007 até 2013. Já a rede da STT não se tem informações concretadas de quando foi construída, porém sabe-se que a unidade existia antes da cavalaria.

4.2.2 Demanda

O GIA-SJ que é a unidade responsável por gerenciar a operação e manutenção da rede de água se baseia na Tabela 8 para estimativa do consumo de água para o Batalhão de Infantaria.

TABELA 8 – Estimativa de volume de água consumido do BINFA pelo GIA-SJ.

CÁLCULOS ESTIMADOS DO CONSUMO DE ÁGUA E GERAÇÃO DE ESGOTO DO CAMPUS DO DCTA								
Nº	DIVISÃO	CONSUMO (NORMA SABESP)	LEGENDAS	NÚMERO DE PRÉDIOS (NÚMERO DE ECONOMIAS)	A	B	C	D = (A x B x C)/1000
					EFETIVO TOTAL / MÉDIA DIÁRIA	Nº DE DIAS	CONSUMO (L/dia per capita)	CONSUMO TOTAL DE ÁGUA ESTIMADO (m³/mês)
6	BATALHÃO DE INFANTARIA	QUARTEL	A	13	447 PESSOAS DIAS ÚTEIS 100 PESSOAS FINAIS DE SEMANA	30	150	1595,10

Essa estimativa se baseia apenas no número de pessoas e na quantidade de dias que ocupam essa unidade. Sendo assim, pode-se utilizar a Tabela 8 para estimar o consumo do setor desse trabalho com o mesmo critério utilizado.

A STT possui 9 pessoas trabalhando nos dias úteis. Enquanto que nos finais de semana, encontra-se fechada, sem nenhum militar presente.

A Cavalaria possui um efetivo de 13 militares durante os dias úteis e 2 militares em quadro de serviço aos fins de semana.

Por meio, dessas informações tem-se uma demanda de 75 m³/ mês do setor, segundo a Tabela 9.

TABELA 9 – Adaptação da Estimativa de volume de água consumido pelo setor da STT e Cavalaria do BINFA.

CÁLCULOS ESTIMADOS DO CONSUMO DE ÁGUA E GERAÇÃO DE ESGOTO DO CAMPUS DO DCTA								
Nº	DIVISÃO	CONSUMO (NORMA SABESP)	LEGENDAS	NÚMERO DE PRÉDIOS (NÚMERO DE ECONOMIAS)	A	B	C	D = (A x B x C)/1000
					EFETIVO TOTAL / MÉDIA DIÁRIA	Nº DE DIAS	CONSUMO (L/dia per capita)	CONSUMO TOTAL DE ÁGUA ESTIMADO (m³/mês)
6	STT + GALPÃO	QUARTEL	A	1	9 PESSOAS DIAS ÚTEIS 0 PESSOAS FINAIS DE SEMANA	30	150	29,7
6	CAVALARIA	QUARTEL	A	1	13 PESSOAS DIAS ÚTEIS 2 PESSOAS FINAIS DE SEMANA	30	150	45,3
6	SETOR COMPLETO	QUARTEL	A	2	22 PESSOAS DIAS ÚTEIS 2 PESSOAS FINAIS DE SEMANA	30	150	75

O Cálculo dessa estimativa segue a norma da SABESP, porém não leva em consideração a população de 11 cavalos na divisão da cavalaria que consome água por 6 bebedouros e por 2

mangueiras para banho. Além do consumo para lavagem das 4 viaturas do Galpão (3 automóveis e 1 caminhão) por uma mangueira.

Macintyre (1982) fornece estimativa de consumo para cavalariças de 100 L/dia por cavalo. Logo, estima-se um consumo de 33 m³/mês de água pelos cavalos da divisão de Cavalaria do BINFA.

O DMAE P. Alegre (1988) adota uma estimativa de consumo para estacionamento de veículos de 25 L/dia/veículo. Portanto, calcula-se um consumo de 3 m³/mês pelas viaturas do Galpão do setor.

Dessa maneira, obtém-se um consumo estimado não contabilizado de 36 m³/mês, elevando a estimativa da Tabela 9 em 48% para 111 m³/mês.

4.2.3 Condições de operação e uso atual

Existem informações de muitos vazamentos no BINFA, assim como no setor escolhido. A respeito da qualidade da água, não existem muitas reclamações nesse setor de rede, talvez por ter somente 22 pessoas trabalhando e utilizando dessa rede e grande parte da água é disponibilizada para consumo dos cavalos. Ainda assim, acredita-se que a água da rede não é própria para beber, visto que os militares do setor trazem água de outros locais em garrafas e deixam na geladeira para tomarem ao longo do dia.

As unidades do setor praticamente não apresentam consumo pela madrugada, tendo em vista a presença de apenas 2 militares na cavalaria em serviço, mas que estão autorizados a dormir normalmente. Servindo apenas para o cuidado com os cavalos em fornecer-lhes água e comida, além de eventuais emergências quando acionados.

Por meio do ensaio de perdas por vazamentos com as medidas diárias de vazão na entrada da rede do setor, foi possível conhecer o seu padrão de consumo.

4.2 Ensaios de perdas por Vazamentos

Os Ensaios de perdas por vazamentos se basearem em medições na entrada do setor pelo medidor de vazão clamp-on dos volumes de água e vazões. Foram realizadas 3 medições por períodos tempo em dias diferentes para se estimar uma rotina de consumo. As Figuras 19, 21, e 23 apresentam os resultados do fluxo de água fornecido ao setor do 1º, 2º e 3º dia de medição, respectivamente. Enquanto as Figuras 20, 22 e 24 apresentam o volume de água em litros fornecido ao setor do 1º, 2º e 3º dia de medição, respectivamente.

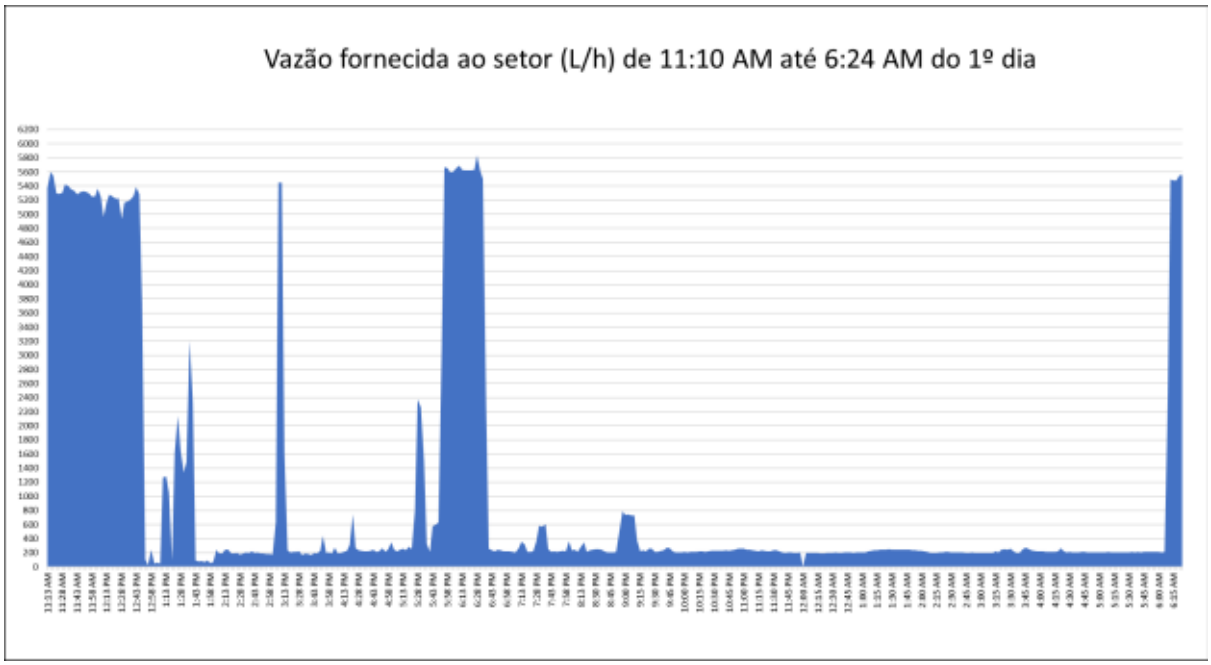


FIGURA 19 – Vazão de água fornecida ao setor medido no 1º dia.

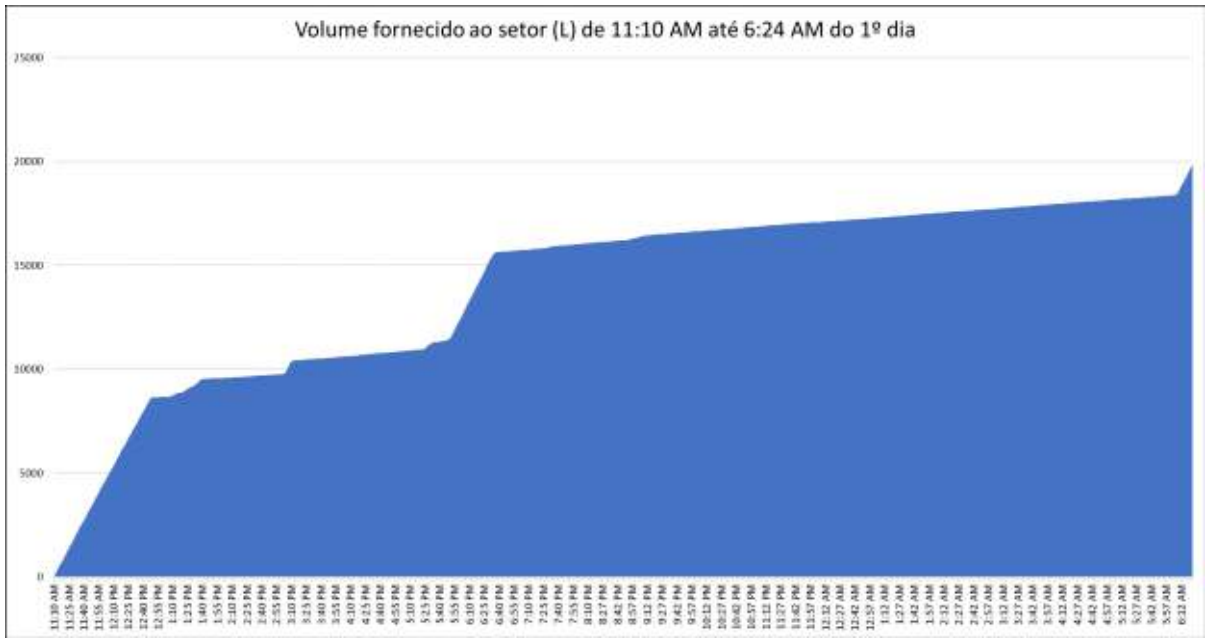


FIGURA 20 – Volume de água fornecido acumulado medido no 1º dia.

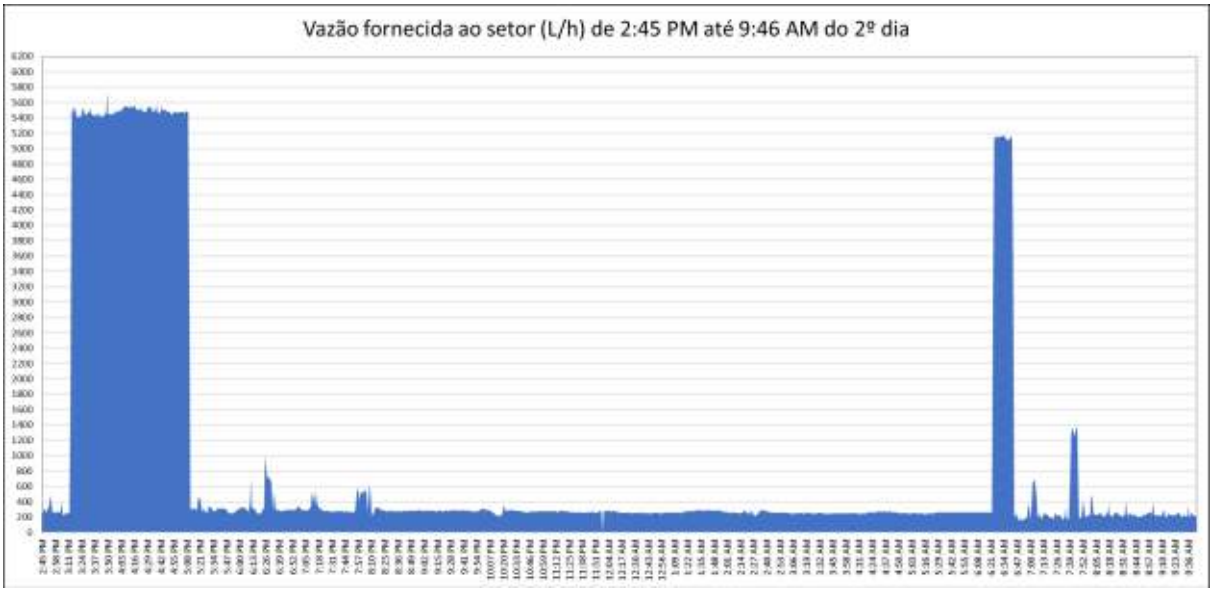


FIGURA 21 – Vazão de água fornecida ao setor medido no 2º dia.

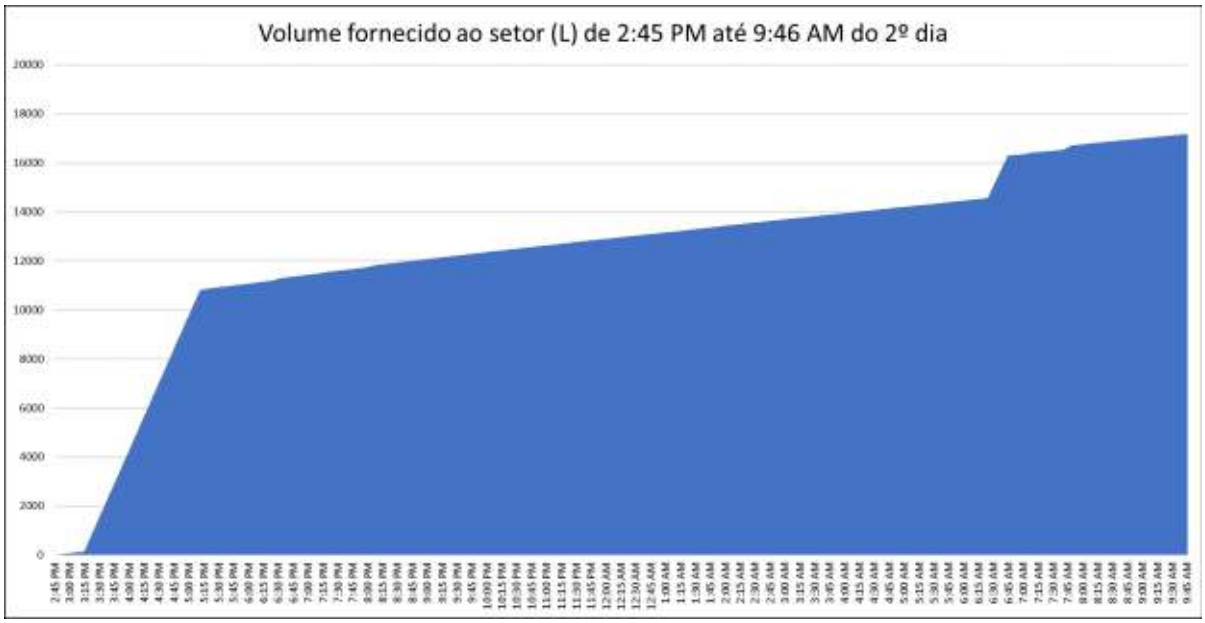


FIGURA 22 – Volume de água fornecido acumulado medido no 2º dia.

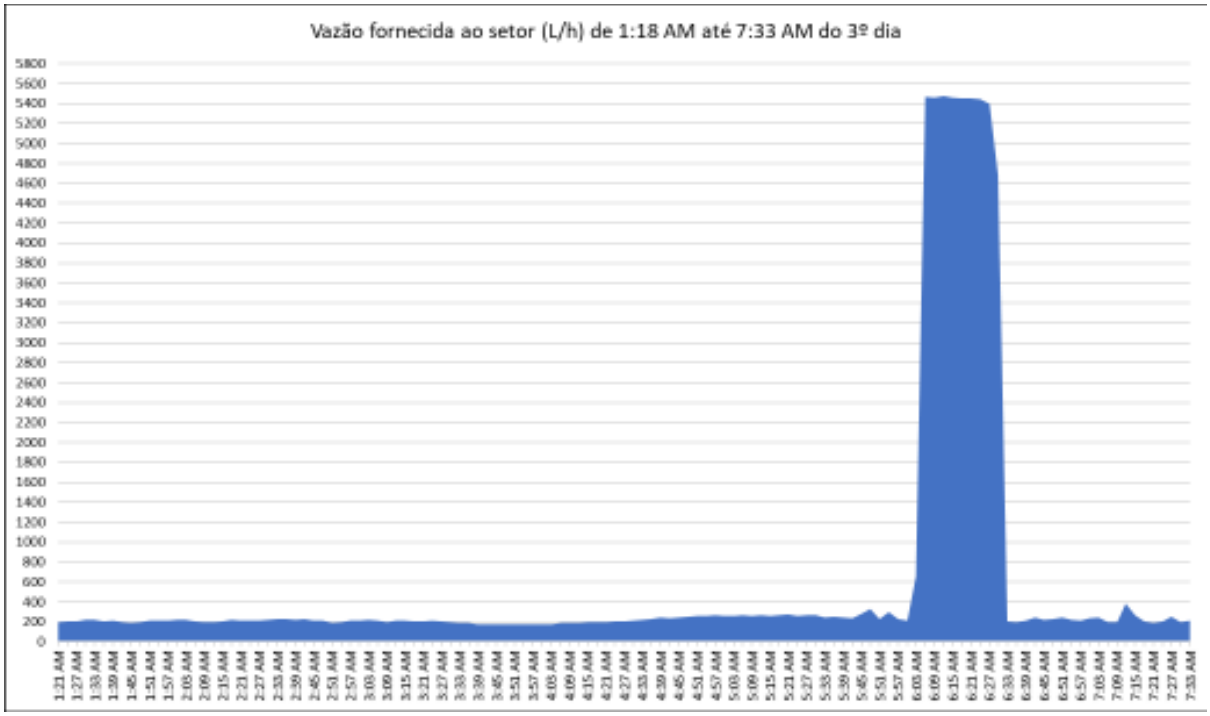


FIGURA 23 – Vazão de água fornecida ao setor medido no 3º dia.

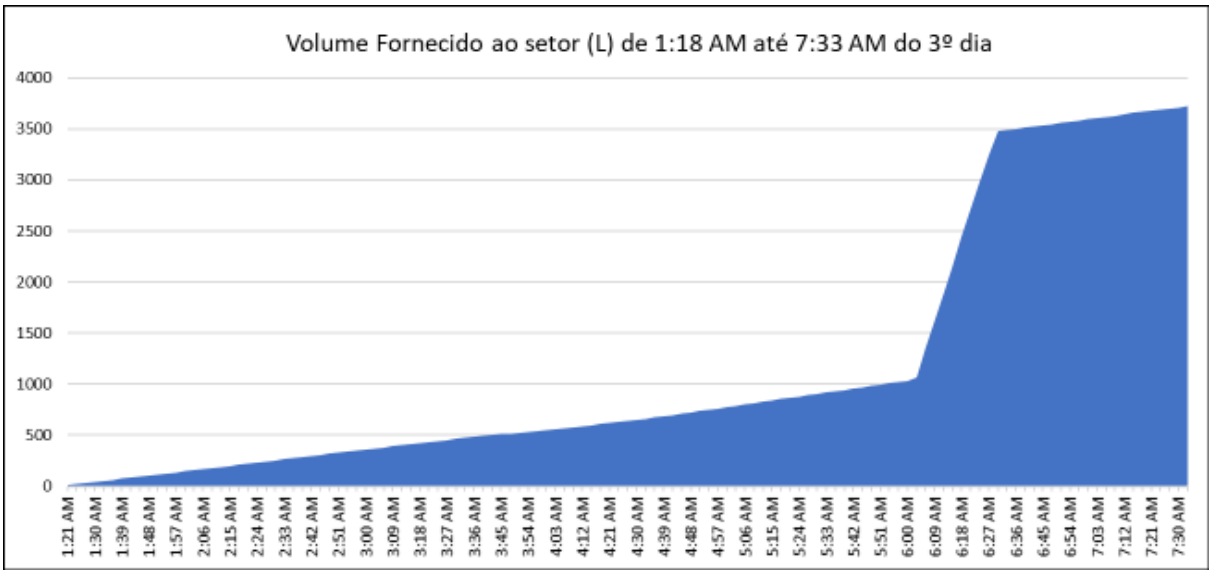


FIGURA 24 – Volume de água fornecido acumulado medido no 3º dia.

Na análise das Figuras 19, 21 e 23 do Fluxo fornecido de água, observamos um patamar de volume fornecido bem nítido variando em torno de 200 L/h de água em períodos da madrugada de consumo praticamente nulo. Inicialmente, imaginava-se que a vazão nesses períodos era proveniente dos vazamentos de toda a rede de distribuição do setor. Porém essa vazão de perdas por vazamentos é relativa apenas a 1ª parte da rede distribuição do setor, pois a rede de água do setor tem um modo de operação e funcionamento variável segundo as seguintes situações.

- **Para vazões baixas**: as torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina" para o consumo dos cavalos estão fechadas pelo fechamento simultâneo dos registros da 2ª e 3ª parte do setor. Essa situação ocorre em períodos de consumo nulo, como a madrugada, alternando com pequenos consumos pontuais no decorrer do dia. Logo, nesses períodos, apenas a rede de distribuição da 1ª parte do setor está aberta à passagem de água.
- **Para vazões altas e praticamente constantes**: as torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina" para o consumo dos cavalos estão abertas pela abertura simultânea dos registros da 2ª e 3ª parte do setor. Portanto toda rede de distribuição do setor está aberta à passagem de água.

O modo de operação e funcionamento da rede é variável no decorrer do dia pela falta de manutenção para a troca das torneiras. A maioria delas dão lugar somente a canos verticais para abastecimento dos reservatórios dos cavalos e algumas poucas apresentam válvulas das torneiras operantes o que impede o desligamento nos pontos de consumo. Dessa maneira, isso

obriga os militares do setor a ter de abrir os registros da 2ª e 3ª parte para fornecer água aos cavalos e fechá-los para não desperdiçar água durante todo o dia.

Portanto, da análise das Figuras 19, 21 e 23, tem-se que nas vazões baixas estão sendo contabilizadas apenas a vazão de perda por vazamentos da 1ª parte do setor. Já quando essas vazões são altas, parte dessas incluem as vazões de vazamentos das três partes do setor. Dessa maneira, as perdas por vazamentos ocorrem de maneira distinta nas duas situações acima.

A partir disso, para contabilizar as vazões de vazamentos da 1ª situação acima basta medir a vazão na entrada do setor, que é a vazão de perdas por vazamentos proveniente da 1ª parte do setor. Para a 2ª situação, foi necessário estimar as perdas por vazamentos pela diferença entre a Macromedição, na entrada do setor, e as micromedições nos pontos de consumo que são as torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina".

As Tabelas 10 e 11 apresentam a média e desvio padrão para as medidas de vazão das torneiras da 1, 2 da 2ª parte e 3, 4 e da "piscina" da 3ª parte nas condições de operação da rede especificadas: com os 2 registros abertos ou um aberto e o outro fechado. Totalizando 3 condições de operação da rede de água do setor.

TABELA 10 – Média e desvio padrão das vazões das torneiras com o registro de sua parte aberto e o da outra parte fechado.

COM CADA REGISTRO ABERTO					
Valores considerados de Vazão (L/h)					
	T1	T2	T3	T4	Piscina
Média	206,53	311,29	687,09	513,60	2050,20
Desvio Padrão	24,67	30,37	36,29	39,44	36,41

TABELA 11 – Média e desvio padrão das vazões das torneiras com os 2 registros abertos.

COM TODOS OS 2 REGISTROS ABERTOS					
Valores considerados de Vazão (L/h)					
	T1	T2	T3	T4	Piscina
Média	197,04	254,04	541,44	520,80	2104,46
Desvio Padrão	5,94	8,25	36,71	30,97	30,68

A Tabela 12 apresenta calculados a média e desvio padrão das vazões medidas na entrada do setor (Macromedição) segundo as condições de operação da 4ª e 5ª etapas.

TABELA 12 – Média e desvio padrão das vazões da 4ª e 5ª etapas.

Vazões de Condições de operação em L/h na entrada do setor				
	Com os 2 registros abertos	Só com o registro da piscina + T3 e T4 aberto	Só com o registro de T1 e T2 aberto	Patamar de Perdas STT - Consumo zero
Média	4693,36	4159,05	832,36	150,27
Desvio Padrão	50,41	30,34	18,87	24,12

Uma vez realizadas todas as medições de vazões da 1ª a 5ª etapas, foi possível estimar a perda de vazamentos nas 3 condições de operação da rede: que equivalem a condição da 1ª, 2ª e 3ª etapas anteriormente descritas.

Por simplificação do método foram utilizadas apenas a média de todas as vazões para estimar os vazamentos das partes dos setores. A Tabela 13 apresenta a vazão de entrada no setor e a soma das vazões das torneiras paras 3 condições de operação para o cálculo da vazão de vazamentos de cada parte do setor.

TABELA 13 – Resumo dos cálculos das perdas por vazamentos estimadas das partes do setor.

Vazões para cada condição de operação em L/h				
	Com os 2 registros abertos	Só com o registro da piscina + T3 e T4 aberto	Só com o registro de T1 e T2 aberto	Patamar de Perdas STT - Consumo zero
Média Vazões na entrada do setor	4693,36	4159,05	832,36	150,27
Desvio Padrão na entrada do setor	50,41	30,34	18,87	24,12
Patamar de Perdas STT - Consumo zero	150,27	150,27	150,27	
Soma da média de vazões torneiras	3617,78	3250,89	517,82	
Estimativa de Perdas	925,31	757,89	164,27	
% Estimativa de Perdas a mais	19,72	18,22	19,74	
Estimativa de Perdas	1075,58	908,16	314,54	
% Estimativa de Perdas	22,92	21,84	37,79	

Por meio da Tabela 13, foi possível realizar um cruzamento de dados de modo que a vazão de vazamentos estimada com os 2 registros abertos (perdas por vazamentos de todo o setor) seja próxima da soma da vazão de vazamentos estimados para cada registro aberto de cada vez, sendo o outro fechado (perdas por vazamentos da 1ª + 2ª + 3ª parte), não esquecendo de subtrair a vazão de vazamentos estimados da 1ª parte no momento da medição, que é o Patamar de Perdas por vazamentos da STT. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 – Cruzamento dos dados das perdas por vazamentos com a rede em condições de operação diferentes.

Vazões de perdas em L/h			
Com os 2 registros abertos	Só com o registro da piscina + T3 e T4 aberto	Só com o registro de T1 e T2 aberto	Patamar de Perdas STT - Consumo zero
Todo o setor	3ª parte do setor	2ª parte do setor	1ª Parte do setor
1075,58	757,89	164,27	150,27
SOMA 1ª+ 2ª + 3ª Partes com cada Registro aberto		1072,43	

Pela Análise da Tabela 14, é possível notar que os vazamentos estimados da soma das partes do setor ficaram muito próximos dos vazamentos de todo setor, o que é muito importante para validação dos resultados das medições.

Como foi explicado na metodologia, devido às diferenças de pressão da rede a vazão fornecida ao setor pode variar significativamente ao longo do dia. Por isso, foi importante a adoção uma porcentagem de perdas por vazamentos na condição das torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina" da cavalaria abertas (2 registros abertos) pelos resultados da Tabela 14 para o cálculo das perdas por vazamentos de todo o setor durante esse evento. A Tabela 15 define essa porcentagem de perdas por vazamentos.

TABELA 15 – Porcentagem de perdas por vazamentos adotadas na condição das torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina" abertas.

Padrão de Perdas durante o expediente com todas as torneiras ligadas				
	Todo o setor	Parte de T3,T4 e Piscina	Parte de T1 e T2	STT
Perdas em L/h	1075,58	757,89	164,27	150,27
% Perdas por partes	100,00	70,46	15,27	13,97
% Perdas adotada	100,00	70,50	15,50	14,00
Perdas com a % Perdas adotada	1075,58	758,29	166,72	150,58
% Perdas com todas as torneiras abertas em relação a vazão de entrada			22,92	

Com todos os resultados anteriores apresentados, tem-se informações suficientes para realização da estimativa de perdas por vazamentos no setor.

O cálculo de perdas por vazamentos durante do setor no decorrer do dia foi calculado para duas situações distintas e bem definidas pelos seguintes modos.

- **<u>Para vazões baixas</u>**: Desconta-se da vazão do período até no máximo a média da vazão somado ao desvio padrão dos períodos de consumo praticamente nulo, sendo esses períodos facilmente visualizáveis nos gráficos das Figura 19, 21 e 23. Nessa situação estão incluídos também os períodos com pequenos consumos pontuais.
- **<u>Para vazões altas e praticamente constantes</u>**: Adota-se que 22,92% (Tabela 15) da vazão do setor é de perdas por vazamentos. De maneira que as perdas por vazamentos acompanhem a variação de vazão fornecida à entrada do setor ao longo do dia.

Sabendo calcular as perdas por vazamentos nesses dois eventos, pôde-se construir gráficos de comparação da vazão de perdas por vazamentos com a vazão fornecida nas Figuras 25, 27 e 29, evidenciando o que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido pelo setor em forma de vazamentos durante o período de tempo especificado do 1º, 2º e 3º dia de medição, respectivamente. Enquanto que as Figuras 26, 28 e 30 apresentam o volume disponibilizado para o consumo com o volume de perdas por vazamentos de água durante os períodos do 1º, 2º e 3º dia de medição, respectivamente.

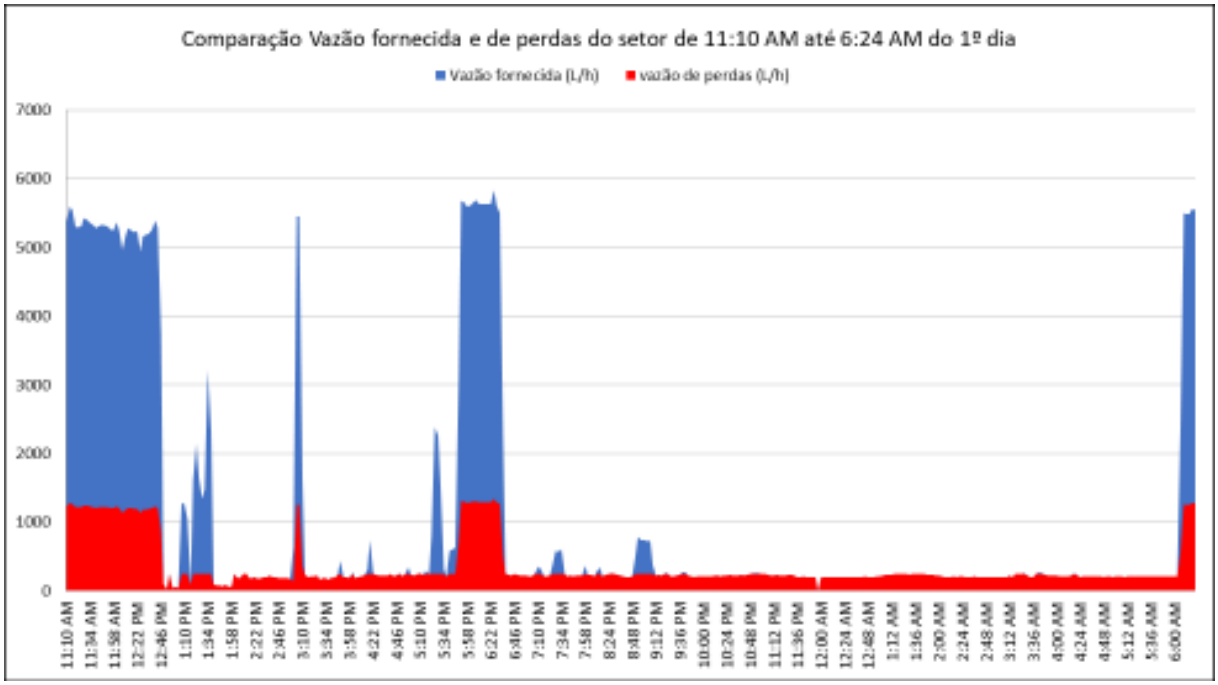


FIGURA 25 – Comparação da vazão fornecida e de perdas por vazamentos do setor em L/h para o 1º dia.

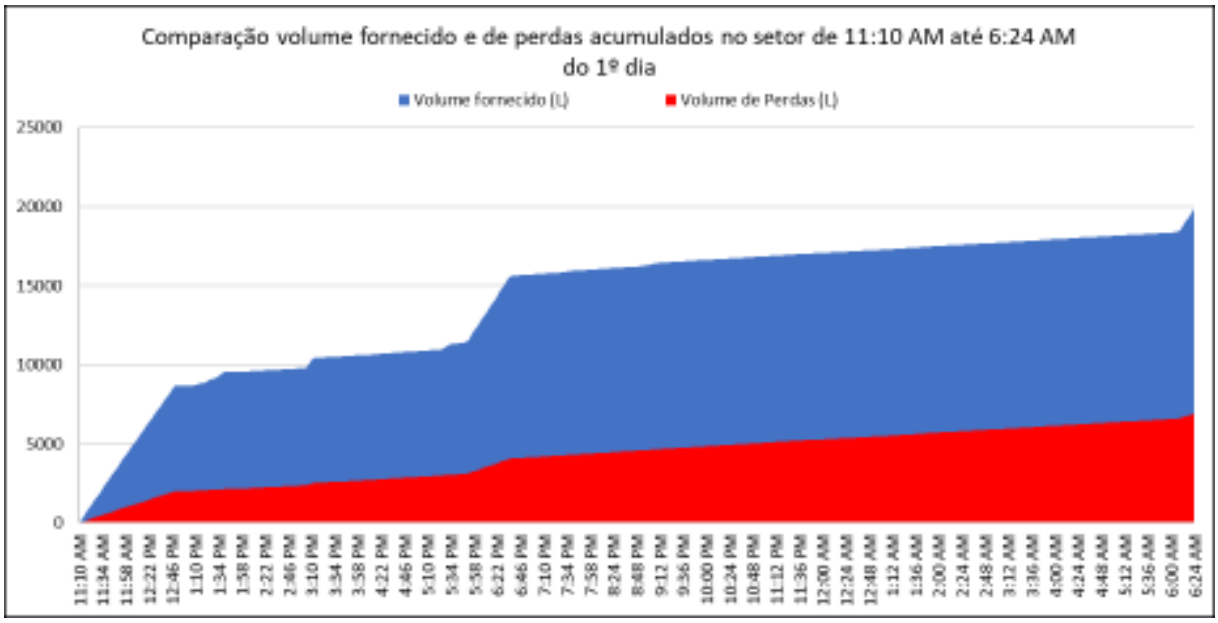


FIGURA 26 – Comparação do volume fornecido e de perdas por vazamentos acumulados do setor em L para o 1º dia.

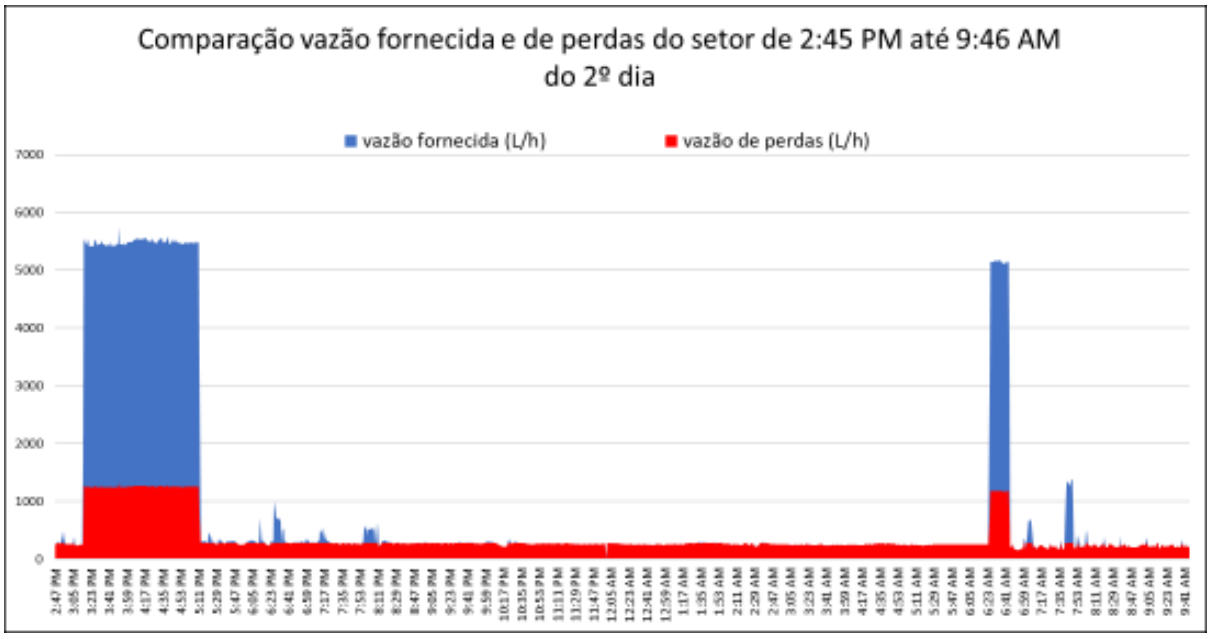


FIGURA 27 – Comparação da vazão fornecida e de perdas por vazamentos do setor em L/h para o 2º dia.

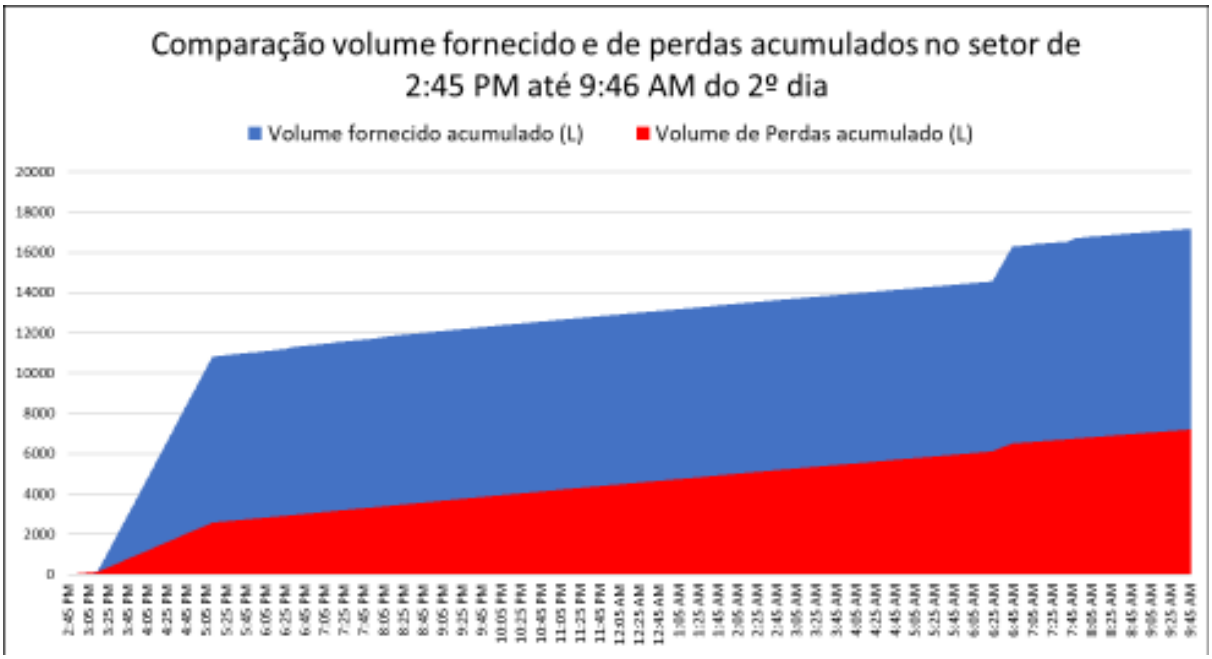


FIGURA 28 – Comparação do volume fornecido e de perdas por vazamentos acumulados do setor em L para o 2º dia.

FIGURA 29 – Comparação da vazão fornecida e de perdas por vazamentos do setor em L/h para o 3º dia.

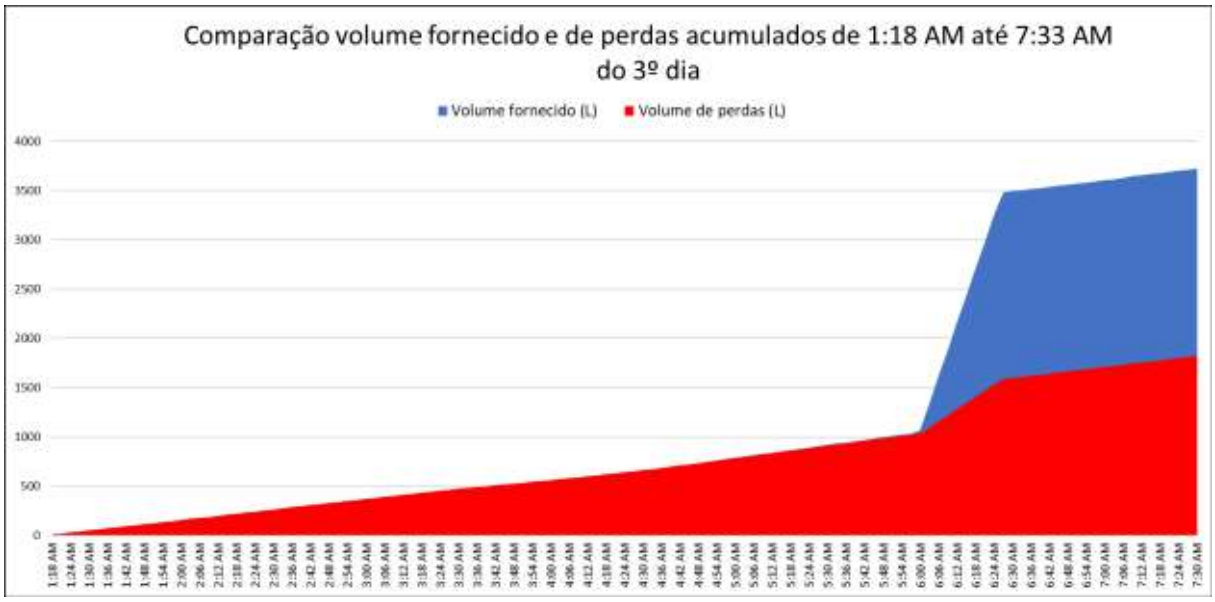


FIGURA 30 – Comparação do volume fornecido e de perdas por vazamentos acumulados do setor em L para o 3º dia.

As Tabelas 16, 17 e 18 apresentam o resumo das perdas por vazamentos de água em volume no decorrer do período medido e as Figuras 31, 32 e 33 apresentam gráficos com a divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos. Todos esses resultados foram produzidos para o 1º, 2º e 3º dia de medição.

TABELA 16 – Resumo das perdas por vazamentos por volume de água ao longo do período medido para o 1º dia.

Perdas por vazamentos durante o tempo de 11:10 AM até 6:24 AM		
	Litros	%
Volume Total Fornecido	19870,86	100
Volume de Perdas por vazamentos	6918,84	34,82
Volume Disponível para consumo	12952,02	65,18

FIGURA 31 – Divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos para o 1º dia.

É importante ressaltar que o volume disponível para o consumo é o volume de água que chega aos pontos de consumo. Dessa maneira, está sendo contabilizado os desperdícios dentro desse volume.

TABELA 17 – Resumo das perdas por vazamentos por volume de água ao longo do período medido para o 2º dia.

Perdas por vazamentos durante o tempo de 2:45 PM até 9:46 AM		
	Litros	%
Volume Total Fornecido	17177,39	100,00
Volume de Perdas por vazamentos	7203,58	41,94
Volume Disponível para consumo	9973,81	58,06

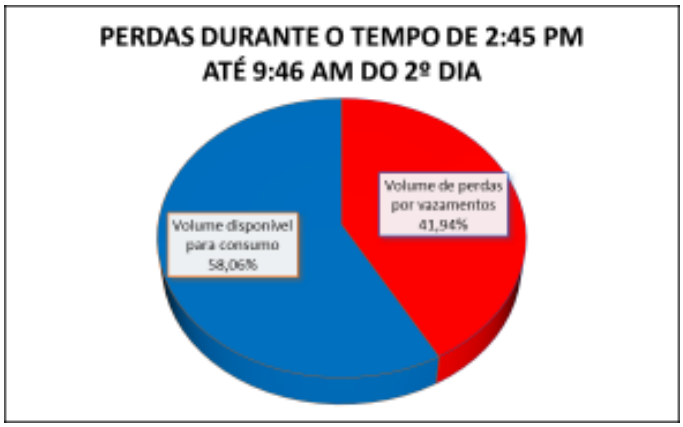


FIGURA 32 – Divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos para o 2º dia.

TABELA 18 – Resumo das perdas por vazamentos por volume de água ao longo do período medido para o 3º dia.

Perdas por vazamentos durante o tempo de 1:18 AM até 7:33 AM		
	Litros	%
Volume Total Fornecido	3721,66	100,00
Volume de Perdas por vazamentos	1819,49	48,89
Volume Disponível para consumo	1902,17	51,11

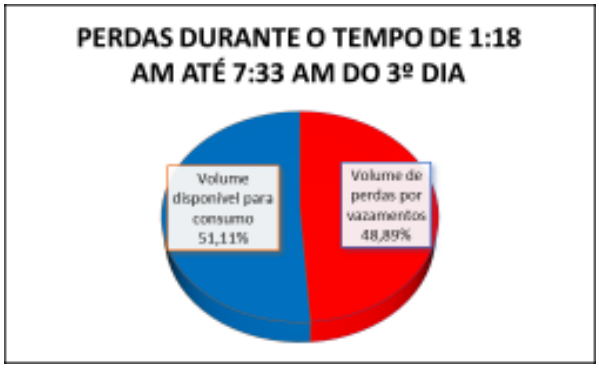


FIGURA 33 – Divisão em porcentagem em volume de água do que é disponibilizado para o consumo e o que é perdido por vazamentos para o 3º dia.

Com os resultados apresentados, é possível visualizar que durante os períodos de consumo praticamente nulo, as perdas por vazamentos são aproximadamente 100% do volume

fornecido. Enquanto que durante o período em que as torneiras estão ligadas, elas são de 22,92% conforme adotado da Tabela 17. Portanto, pode-se concluir que quanto mais longos são os períodos de consumo nulo, maior é a taxa de perdas por vazamentos do setor e quão mais curtos são esses mesmos períodos, menor é a taxa de perdas por vazamentos, porém o volume fornecido terá de ser mais elevado.

4.3 Pesquisa de Vazamentos

A Procura por pontos de vazamentos se deu pela utilização do Kit Caça Vazamentos da Yamatec pesquisando nos trechos da rede sons que se assemelharam a vazamentos de acordo com o treinamento da empresa do equipamento.

A Figura 34 ilustra a planta da rede do setor com os possíveis pontos de vazamento em marcados em laranja.

FIGURA 34 – Possíveis pontos de vazamentos da rede do setor.

A Figura 35 apresenta um grande vazamento exposto na 3ª parte do setor. Enquanto que a Figura 36 mostra um local na 2ª parte do setor com indícios de existir um vazamento. Observa-se pela Figura 36 que o solo no local suspeito se encontra muito molhado, mesmo existindo uma canaleta ao lado que direciona o seu fluxo de água. Além disso, a rede de água passa por esse ponto.

FIGURA 35 – Vazamento exposto na 3ª parte do setor.

FIGURA 36 – Suspeita de Vazamento na 2ª parte do setor.

4.4 Estimativa das perdas por desperdícios

Foram identificados focos de desperdícios no setor durante o período de enchimento dos reservatórios para consumo dos cavalos na unidade da cavalaria pelas torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina". Nesse intervalo de tempo, esses reservatórios extravasam na maior parte do período de abertura das torneiras citadas.

O consumo dos 11 cavalos é de 1100 Litros por dia segundo Macintyre (1982). Sendo assim, foi considerado que o desperdício começa a ocorrer quando o volume disponível para o consumo (volume fornecido subtraído do volume de perdas por vazamentos) ultrapassa

proporcionalmente 1100 Litros nos períodos de tempo das medições dos ensaios de perdas. As Tabelas 19, 20 e 21 apresentam o volume consumido pelas torneiras (volume disponibilizado para o consumo dos cavalos), o volume consumido pelos cavalos e o volume perdido por desperdícios das torneiras 1, 2, 3, 4 e da "piscina" durante os períodos de medição do 1º , 2º e 3º dias.

TABELA 19 – Volume desperdiçado no 1º dia de medição.

Perdas durante o tempo de 11:10 AM até 6:24 AM	
Volume consumido pelas torneiras (L)	11483,92
Volume consumido pelos cavalos no período (L)	879,24
Volume desperdiçado (L)	10604,69

TABELA 20 – Volume desperdiçado no 2º dia de medição.

Perdas durante o tempo de 2:45 PM até 9:43 AM	
Volume consumido pelas torneiras (L)	9556,65
Volume consumido pelos cavalos no período (L)	779,17
Volume desperdiçado (L)	8777,49

TABELA 21 – Volume desperdiçado no 3º dia de medição.

Perdas durante o tempo de 1:18 AM até 7:33 AM	
Volume consumido pelas torneiras (L)	1881,40
Volume consumido pelos cavalos no período (L)	238,33
Volume desperdiçado (L)	1643,07

Uma vez estimados os volumes desperdiçados nos períodos de medição, pôde-se construir os gráficos as Tabelas 22, 23 e 24 com a divisão em Litros e em porcentagem em volume de água efetivamente consumido, volume perdido por vazamentos e volume perdido por desperdícios em relação ao volume fornecido. Enquanto que as Figuras 37, 38 e 39 apresenta um gráfico dessa mesma divisão em porcentagem citada.

TABELA 22 – Divisão em Litros e em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 1º dia.

Perdas durante o tempo de 11:10 AM até 6:24 AM		
	Litros	%
Volume Total Fornecido	19870,86	100,00
Volume de Perdas por vazamentos	6918,84	34,82
Volume desperdiçado	10604,69	53,37
Volume efetivamente consumido	2347,33	11,81

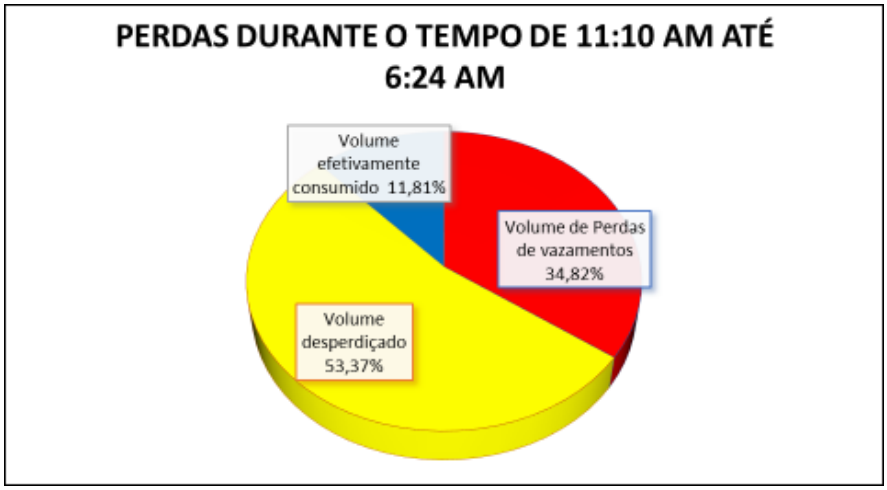


FIGURA 37 – Gráfico da divisão em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 1º dia.

TABELA 23 – Divisão em Litros e em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 2º dia.

Perdas durante o tempo de 2:45 PM até 9:46 AM		
	Litros	%
Volume Total Fornecido	17177,39	100,00
Volume de Perdas por vazamentos	7203,58	41,94
Volume desperdiçado	8777,49	51,10
Volume efetivamente consumido	1196,32	6,96

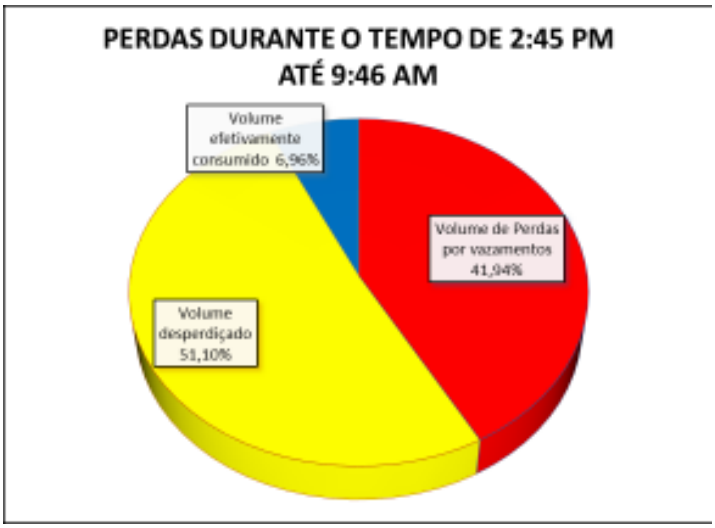


FIGURA 38 – Gráfico da divisão em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 2º dia.

TABELA 24 – Divisão em Litros e em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 3º dia.

Perdas durante o tempo de 1:18 AM até 7:33 AM		
	Litros	%
Volume Total Fornecido	3721,66	100,00
Volume de Perdas por vazamentos	1819,49	48,89
Volume desperdiçado	1643,07	44,15
Volume efetivamente consumido	259,10	6,96

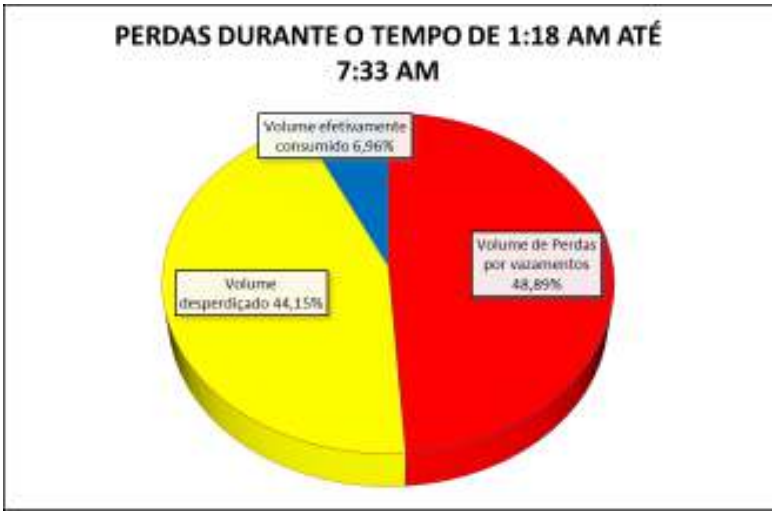


FIGURA 39 – Gráfico da divisão em porcentagem dos Volumes de perdas por vazamentos, desperdícios e efetivamente consumido no período de medição do 3º dia.

Pelas Figuras 37, 38 e 39, depreende-se que o volume efetivamente consumido de água pelas unidades da Cavalaria e STT do BINFA é uma parcela muito pequena do volume de água fornecida ao Setor.

4.5 Impacto financeiro das perdas de água para o DCTA

A análise financeira das perdas totais de água do setor (vazamentos e desperdícios) se baseou no custo com o tratamento da água em relação apenas aos insumos: materiais (agentes químicos) e energia elétrica em real e em dólar. Atualmente, a Estação de Tratamento do Sistema de Abastecimento do DCTA gasta R$ 1,20 nesses insumos para a produção da água tratada.

Como os tempos de medição foram inferiores a 24 horas, foi feita uma proporção do prejuízo financeiro para 24 horas (1 dia) de modo que fosse possível calcular o impacto financeiro dessas perdas em meses e anos para o DCTA. As Tabelas 25, 26 e 27 apresentam o prejuízo financeiro das perdas de água no período de medição e a conversão desse prejuízo em proporção para as 24 horas do dia de medição.

TABELA 25 – Prejuízo no período de medição e conversão desse prejuízo em 24 horas para o 1º de medição.

Custo de água tratada por m³ (R$ / m³)	1,20
Volume perdido (perdas + desperdício) em L	17523,53
Prejuízo no período de tempo do volume perdido (R$)	21,03
Prejuízo por dia do volume perdido (R$)	26,31

TABELA 26 – Prejuízo no período de medição e conversão desse prejuízo em 24 horas para o 2º de medição.

Custo de água tratada por m³ (R$ / m³)	1,20
Volume perdido (perdas + desperdício) em L	15981,07
Prejuízo no período de tempo do volume perdido (R$)	19,18
Prejuízo por dia do volume perdido (R$)	27,07

TABELA 27 – Prejuízo no período de medição e conversão desse prejuízo em 24 horas para o 3º de medição.

Custo de água tratada por m³ (R$ / m³)	1,20
Volume perdido (perdas + desperdício) em L	3462,56
Prejuízo no período de tempo do volume perdido (R$)	4,16
Prejuízo por dia do volume perdido (R$)	19,18

A partir das Tabelas 25, 26 e 27 foram construídas as Tabelas 28, 29 e 30 que indicam o prejuízo financeiro em Real (R$) e em Dólar (US$) para o DCTA por dia, mês e ano e num horizonte de 5, 10 e 20 anos devido à condição atual de perdas da rede de distribuição de água atuais do setor da STT e da Cavalaria do BINFA referente ao 1º, 2º e 3º dia de medição. Foi utilizado uma cotação do Dólar de 3,259. Esse levantamento financeiro não considera a inflação nos períodos de tempo utilizados.

TABELA 28 – Prejuízo financeiro para o DCTA referente ao 1º dia medição.

		DIA	MÊS	ANO	5 ANOS	10 ANOS	20 ANOS
Real (R$)	**Prejuízo do volume perdido por vazamentos**	R$ 10,39	R$ 311,62	R$ 3.791,36	R$ 18.956,79	R$ 37.913,57	R$ 75.827,15
	Prejuízo do volume perdido por desperdício	R$ 15,92	R$ 477,63	R$ 5.811,11	R$ 29.055,55	R$ 58.111,11	R$ 116.222,21
	Prejuízo do volume total perdido	R$ 26,31	R$ 789,24	R$ 9.602,47	R$ 48.012,34	R$ 96.024,68	R$ 192.049,36
Dólar (US$)	**Prejuízo do volume perdido por vazamentos**	$3,19	$95,62	$1.163,35	$5.816,75	$11.633,50	$23.267,00
	Prejuízo do volume perdido por desperdício	$4,89	$146,56	$1.783,10	$8.915,48	$17.830,96	$35.661,92
	Prejuízo do volume total perdido	$8,07	$242,17	$2.946,45	$14.732,23	$29.464,46	$58.928,92

TABELA 29 – Prejuízo financeiro para o DCTA referente ao 2º dia medição.

		DIA	MÊS	ANO	5 ANOS	10 ANOS	20 ANOS
Real (R$)	**Prejuízo do volume perdido por vazamentos**	R$ 12,20	R$ 366,11	R$ 4.454,35	R$ 22.271,77	R$ 44.543,54	R$ 89.087,09
	Prejuízo do volume perdido por desperdício	R$ 14,87	R$ 446,10	R$ 5.427,58	R$ 27.137,92	R$ 54.275,85	R$ 108.551,70
	Prejuízo do volume total perdido	R$ 27,07	R$ 812,21	R$ 9.881,94	R$ 49.409,70	R$ 98.819,39	R$ 197.638,78
Dólar (US$)	**Prejuízo do volume perdido por vazamentos**	$3,74	$112,34	$1.366,79	$6.833,93	$13.667,86	$27.335,71
	Prejuízo do volume perdido por desperdício	$4,56	$136,88	$1.665,41	$8.327,07	$16.654,14	$33.308,28
	Prejuízo do volume total perdido	$8,31	$249,22	$3.032,20	$15.161,00	$30.322,00	$60.644,00

TABELA 30 – Prejuízo financeiro para o DCTA referente ao 3º dia medição.

		DIA	MÊS	ANO	5 ANOS	10 ANOS	20 ANOS
Real (R$)	**Prejuízo do volume perdido por vazamentos**	R$ 10,08	R$ 302,32	R$ 3.678,17	R$ 18.390,84	R$ 36.781,68	R$ 73.563,36
	Prejuízo do volume perdido por desperdício	R$ 9,10	R$ 273,00	R$ 3.321,53	R$ 16.607,65	R$ 33.215,30	R$ 66.430,59
	Prejuízo do volume total perdido	R$ 19,18	R$ 575,32	R$ 6.999,70	R$ 34.998,49	R$ 69.996,98	R$ 139.993,95
Dólar (US$)	**Prejuízo do volume perdido por vazamentos**	$3,09	$92,76	$1.128,62	R$ 5.643,09	R$ 11.286,19	R$ 22.572,37
	Prejuízo do volume perdido por desperdício	$2,79	$83,77	$1.019,19	R$ 5.095,93	R$ 10.191,87	R$ 20.383,74
	Prejuízo do volume total perdido	$5,88	$176,53	$2.147,81	R$ 10.739,03	R$ 21.478,05	R$ 42.956,11

Por meio das Tabelas 28, 29 e 30, observa-se que os prejuízos financeiros do 1º e 2º dias de medições num horizonte convertidos para 20 anos ficaram muito próximos em valor

monetário enquanto que o 3º dia ficou significativamente mais distante. Isso se deu, provavelmente, pelos tempos de medição do 1º e 2º dia serem cerca de 6 vezes maiores que o 3º dia, o que poderia ser argumentado que os resultados do 1º e 2º são mais precisos, pois as conversões de seus prejuízos para 1 dia foram mais coerentes com a realidade.

5 LIMITAÇÕES E CRÍTICAS AO TRABALHO

Após a metodologia seguida e os resultados apresentados, é importante pontuar algumas questões que podem ser foco de questionamento e dúvidas.

O método para estimativa de perdas por vazamentos utilizado se baseia na atual rotina de volume fornecido ao setor, sendo assim, mudanças nas práticas de consumo do setor inviabilizariam esse procedimento. Sendo assim, deve-se formular outro para o cálculo das perdas por vazamentos. Além disso, é importante ressaltar a simplificação do método pela utilização das médias das vazões na estimativa das vazões de perdas por vazamentos pela diferença entre a macromedição (entrada do setor) e micromedição (torneiras).

Outro ponto importante é que se pode superestimar as perdas por vazamentos quando há consumo adicional durante o período de tempo em que as torneiras T1, T2, T3, T4 e da "piscina" estão abertas, ainda assim é possível visualizar a variação da vazão fornecida por esse consumo adicional, calculando as perdas por vazamentos em relação ao patamar de constância dessas elevadas vazões.

Devido a problemas com o datalogger do medidor de vazão, não foi possível medir o volume e vazão fornecidos ao setor durante 24 horas consecutivas o que não produz dados diários completos do setor. Entretanto, é possível armazenar essas vazões desde que se mobilize uma equipe direcionada para essa tarefa.

A busca de vazamentos apresentou algumas dificuldades visto que se trata de uma atividade prática bastante cansativa à procura de sons que denunciem vazamentos. O solo do setor é argiloso e com grama, o que prejudica a identificação da localização exata dos pontos

de vazamento da rede. Ademais, foi observado a necessidade de mais treinamento e experiência para a identificação de vazamentos com o Geofone para variados tipos de solo e materiais de tubulação.

6 PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES IMEDIATAS

A mitigação de perdas totais (vazamentos + desperdícios) de água do setor pode ser realizada instantaneamente por meio de duas medidas:

- Fechamento do registro de todo setor em períodos da madrugada;
- Mudança da disposição dos cavalos da unidade da cavalaria de modo que a torneira da "piscina" não seja utilizada.

O fechamento do registro de todo o setor impede as perdas por vazamentos de água da 1ª parte do setor durante a madrugada que é de 100% do volume fornecido e assim diminuiria a porcentagem de perdas por vazamentos em volume de água ao longo do dia. Porém essa medida poderia causar incômodos aos dois militares que realizam serviço de madrugada na Cavalaria e assim poderia ser inviável em termos práticos.

A mudança na disposição dos cavalos para a não utilização da torneira da "piscina" é uma medida bastante eficaz pois diminuiria o volume fornecido ao setor pela diminuição do volume desperdiçado. Essa torneira é responsável por cerca de 58% da soma das médias das vazões de todas as torneiras da Cavalaria.

A "piscina" é um reservatório que possui vazamentos em sua parte inferior, como também extravasa água por longos períodos enquanto os registros das torneiras estão abertos. Dessa maneira, o seu não uso causaria um impacto importante na diminuição do volume fornecido a todo o setor. O único entrave para essa medida seria que esse reservatório é utilizado apenas para o consumo de uma égua arisca que não pode dividir o mesmo espaço com outros cavalos. Dessa maneira, deveria ser realizada uma mudança na alocação de espaço pelos cavalos da divisão da cavalaria. A Figura 40 apresenta uma fotografia da "piscina".

FIGURA 40 – Reservatório "piscina".

7 CONCLUSÃO

Este Trabalho permitiu a oportunidade de realizar medições e ensaios em campo para produção de resultados interessantes para a estimativa de perdas e vazamentos. Podem-se citar:

- A confecção do cadastro da rede com informações importantes como: diâmetro dos tubos, material e planta que não haviam sido documentados por um período de no mínimo 10 anos desde a construção da rede da cavalaria. Esses dados são necessários tanto para a busca por vazamentos quanto para instalação de novas ligações, reparos e atividades de manutenção relacionadas;

- Uma revisão do consumo de água da unidade estimada pelo GIA-SJ que desconsidera o consumo de água pelos 11 cavalos da unidade da cavalaria e para a lavagem das 4 viaturas da STT;

- Um acompanhamento da rotina de consumo da unidade de modo que se possa comparar o volume medido com o que é estimado pelo GIA-SJ;

- Aplicação de um método simples para a estimativa de perdas por vazamentos do setor de modo que se possa calcular o que está sendo disponibilizado para o consumo em relação ao volume fornecido;

- A descoberta de alguns vazamentos no setor que possam diminuir as perdas por vazamentos, se consertados;

- Estimativa de desperdícios de água na unidade da cavalaria;

- Levantamento do prejuízo financeiro na condição de perda por vazamentos e desperdícios para o DCTA em relação aos setores da STT e Cavalaria.

Todas essas informações reunidas permitiram um estudo detalhado da demanda e das necessidades de reparo e manutenção e do prejuízo financeiro das perdas de água na rede de distribuição da STT e Cavalaria do BINFA. É esperado que este trabalho possa ajudar o setor do GIA-SJ e a Seção de Hidráulica do DCTA na busca dos setores mais prioritários em perdas de água por vazamentos e desperdícios e que estão causando os maiores prejuízos financeiros ao DCTA.

8 REFERÊNCIAS

ALEGRE, H. **Diágnósticos de sistemas de abastecimento de água**. VII Encontro Nacional de Saneamento – Coimbra, 1996.

ALEGRE, H et al. **Performance Indicators for Water Supply Services**. IWA Publishing, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS – ABENDE. **Detecção de Vazamentos Não-Visíveis**: Métodos Acústicos. Apostila de Treinamento para profissionais níveis 1,2 e 3 (CETRE), São Paulo, 2001/2002.

BAGGIO, MÁRIO A. **Planejamento e Controle da Qualidade da Operação de Sistemas de Abastecimento de Água**: O Enfoque da Operação. Parceria com a ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Lins, 2002.

BUREAU OF WATERWORKS/TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT. **Water Supply in Tokyo**. Tokyo. 1998.

DMAE P. ALEGRE (Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre), **Decreto 9369/88 que adota os valores mínimos em litros por dia**, Porto Alegre: DMAE, 1988.

ECEFAST. **Flow Meter Portable Transit Time Ultrasonic for liquids TDS-100H**. Melbourne: Electro Chemical Engineering, 2017. Disponível em: <

http://www.ecefast.com.au/flow-meter-portable-transit-time-ultrasonic-for-liquids>. Acesso em: 26 Nov. 2017.

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água**: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias. 3. ed. Revisada e Ampliada. João Pessoa: Universitária – UFPB, 2009. 277 f.

LAMBERT, A et al. **A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems**. AQUA/IWA, 2000.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas**. Brasil: Guanabara Dois, 1982. 770 p.

MOTTA, Renato G. **Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público**. 2010. 176 f. Dissertação apresentada à para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

NETTO, A et al. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 669 f.

NUNES, L. Water Loss Control. In: Treinamento do Kit Caça Vazamentos 0506 da Yamatec, 1, 2017, São José dos Campos. **Anais...** Mairinque: Yamatec, data. p. 5-15.

PADILHA, P. S.; NIIDA, M. O. I. **Formação, treinamento, qualificação e certificação de pessoal em end de estanqueidade – detecção de vazamentos não-visíveis em redes pressurizadas.** São Paulo: SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2003. Disponível em: < http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/t-091.pdf>. Acesso em: 26 Nov. 2017.

PATRÍCIO, Robinson José de Oliveira. **Análise de Perdas na Rede de Distribuição de Água em um Subsetor da Cidade de Presidente Prudente – SP**. 2007. 132 f. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira-SP.

PCE INSTRUMENTS. **Operation User Manual: PCE TDS 100H/HS Ultrasonic Flow Merter**. Jupiter: PCE Americas Inc, 2017. Disponível em: < https://www.pce-instruments.com/f/t/data-sheet/data-sheet-ultrasonic-flow-meter-pce-tds-100-series-en.pdf>. Acesso em: 26 Nov. 2017.

Relatório sobre as instalações operacionais e estruturais da Subseção de Abastecimento (DA/INF-1A). São José dos Campos, 2016. 21 f.

SABESP/IPT. **Política de Manutenção de Hidrômetros na RMSP**: Diagnóstico, Recomendações e Revisão do Sistema de Gerenciamento. Relatório Final, São Paulo, 1987.

THORNTON, J. **Water Loss Control Manual**. McGraw-Hill, New York, 2002.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**, 2006. 3. ed. São Paulo: [s. n.], 1998. 643 f.

VIEIRA, E. N.; TATSUTA, E. K.; KUSABA, S. C. **Exemplos de Planos Diretores de Abastecimento de Água**. 2008. 31 f. Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

WATERWORKS BUREAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT. **Water Leak Prevention**, Sapporo, 1994.

WEIMER, D. **Water Loss Management and Techniques**. German National Report, Berlin, 2001.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO	2. DATA	3. REGISTRO N°	4. N° DE PÁGINAS
TC	27 de novembro de 2017	DCTA/ITA/TC-156/2017	86

5. TÍTULO E SUBTÍTULO:

Estudo das perdas de água e vazamentos da rede de distribuição do BINFA.

6. AUTOR(ES):

Danniel Elias Carneiro Leite Dopazo

7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:

1. Perdas de água. 2. Vazamentos. 3. Medidas de vazão. 4. Desperdícios. 5. Geofone Eletrônico. 6. Balanço Hídrico. 7. Consumo de água. 8. Estimativa de perdas. 9. Torneiras. 10. Consumo de cavalos.

9.PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:

Consumo de água; Distribuição de água; Estimativas; Medidas de fluxo; Recursos hídricos; Engenharia sanitária.

10. APRESENTAÇÃO: **X Nacional** **Internacional**

ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Ten Cel Eng Márcio Antonio da Silva Pimentel. Publicado em 2017.

11. RESUMO:

Estima-se que aproximadamente 70% de todo o volume de água tratado diariamente na Estação de Tratamento de Água - ETA do DCTA está sendo desperdiçado pelos usuários ou perdido através de vazamentos na sua rede hidráulica. O Batalhão de Infantaria - BINFA é uma unidade operacional de reconhecida importância para a Organização e que possui cerca de 10% de todo a população do DCTA. Trata-se de uma área conhecida por ter muitos vazamentos e desperdícios de água, sendo assim é um local adequado para a realização de um diagnóstico com o intuito de estimar o prejuízo financeiro das perdas de água nesse setor para o DCTA. Este trabalho tem como objetivo a realização de um Estudo das Perdas de Água e Vazamentos da Rede de Distribuição das unidades STT e Cavalaria do BINFA, de modo que seja possível estimar o volume de água perdido por vazamentos e desperdícios em relação ao volume de água fornecido ao setor e, por conseguinte, pesquisar a localização dos possíveis pontos de vazamentos da rede. Ademais foi realizado um levantamento do impacto financeiro das perdas de água da rede de distribuição das unidades STT e Cavalaria do BINFA para o DCTA. Por fim, foram propostas soluções imediatas para a mitigação das perdas de água no setor e críticas ao modelo de cálculo de perdas por vazamentos para o setor.

12. GRAU DE SIGILO:

(X) OSTENSIVO **( ) RESERVADO** **( ) SECRETO**