

**UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE REDUÇÃO E COMBATE ÀS**  
**PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DO MUNICÍPIO DE**  
**VOTORANTIM - SP**

**ALEX EDUARDO JORGE MACEDO**

**RIBEIRÃO PRETO**

**2015**

**ALEX EDUARDO JORGE MACEDO**

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE REDUÇÃO E COMBATE ÀS  
PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DO MUNICÍPIO DE  
VOTORANTIM - SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Professor Dr. Luciano Faria de Novaes

**RIBEIRÃO PRETO**

**2015**

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da  
Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

M141e Macedo, Alex Eduardo Jorge, 1970-  
Elaboração do plano diretor de redução e combate às perdas de  
água no sistema de distribuição do Município de Votorantim – SP /  
Alex Eduardo Jorge Macedo. - - Ribeirão Preto, 2015.  
180 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,  
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2015.

1. Saneamento. 2. Abastecimento de água. I. Título.

CDD 628

**Alex Eduardo Jorge Macedo**

**“ Elaboração do plano diretor de redução e combate às perdas de água no sistema de distribuição do município de Votorantim-SP”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientadora: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 11 de dezembro de 2015

Resultado: APROVADO

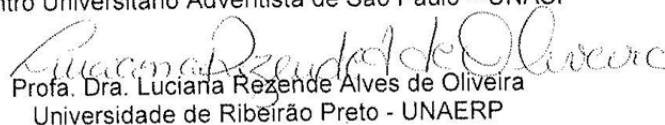
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes  
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP  
Presidente



Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti  
Centro Universitário Adventista de São Paulo – UNASP



Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira  
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Ribeirão Preto  
2015

"Nunca desista de um sonho  
sem dar a ele, ao menos uma  
chance de ser realizado"

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e com ela toda a capacidade de realizar boas escolhas e buscar meus ideais. A Ele, toda a gratidão pelos momentos de alegria, o caminho nos momentos de incerteza e o refúgio nos momentos necessários. Por vários momentos em minha caminhada sempre me lembrei do Salmo 23: “O Senhor é meu pastor e nada me faltará...”, o que me dava um fôlego maior para suportar algumas fases.

A minha família, em especial a minha esposa e filhos, pelo apoio, amizade e companheirismo evidenciado ao longo destes anos, os quais foram essenciais para vencer os obstáculos.

À Universidade de Ribeirão Preto pela realização do meu mestrado. Ao Professor Dr. Luciano Farias de Novaes, pela orientação, confiança, amizade e sabedoria. Pela demonstração de que é possível conquistar o sucesso superando os obstáculos e limitações, respeitando o próximo com humildade e honestidade.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários da Unaerp pela dedicação e disposição contribuindo com a realização de várias etapas do curso.

Aos amigos da turma, pelos bons momentos compartilhados durante as aulas, laboratórios e extraclasse.

Aos meus pais, neste momento não tenho palavras para expressar a minha proporção de gratidão e orgulho. Como agradecer a tantas renúncias a meu favor, os conselhos, os ensinamentos, as lágrimas derramadas por conta da distância? Pois é, vocês não me avisaram que em momentos como este não haveria palavras para expressar o que sinto... e hoje, só posso dizer que vocês são meus exemplos de vida e refúgio. Amo vocês!

## RESUMO

As perdas e os desperdícios de água são os fatores que mais comprometem o setor de saneamento. A busca da diminuição destes fatores é uma variável estratégica tanto para as empresas públicas que prestam este serviço, bem como para o setor privado que tem atuado nesta área visando a redução de custos. A elaboração de um Plano Diretor de Combate às Perdas de Água em sistemas de abastecimento de água municipais com intuito de controlar e reduzir as perdas torna-se fundamental para o futuro de todos os departamentos responsáveis pelo saneamento dos municípios. Assim, o presente trabalho tem como objetivo elaborar o Plano Diretor de Combate às Perdas de Água no Município de Votorantim - SP. Para tanto, foram realizadas as seguintes atividades: elaboração da base cadastral da rede de distribuição de água; delimitação dos setores de distribuição de água; monitoramento das vazões através de pitometria e macromedidor ultrassônico portátil; dimensionamento dos macromedidores de vazão a serem implantados; diagnóstico da situação do parque de hidrômetros instalados no município de Votorantim; estimativa das perdas de água no sistema de abastecimento, bem como estabelecer metas a serem atingidas no horizonte de projeto de 20 anos. Para tanto, foram realizadas visitas em campo nas unidades operacionais do sistema de abastecimento, bem como cadastrado em formato digital toda infra-estrutura do sistema de distribuição de água. Para a delimitação dos setores de distribuição, foi utilizada a base cadastral, bem como o levantamento topográfico, definindo uma área atendida para cada reservatório do sistema de distribuição. Assim, foram calculadas as vazões de consumo de cada setor, bem como identificado se há necessidade de ampliar a capacidade de reservação. Foram realizados levantamento dos hidrômetros existentes no município, bem como elaboradas propostas de melhorias. Através dos dados monitorados nos macromedidores de vazão existentes na produção de água do município, bem como dos volumes micromedidos, foi possível calcular as perdas de água no município de Votorantim. De posse dos resultados pode-se concluir que: existem aproximadamente 500 km de rede de distribuição de água de diversos diâmetros e materiais; o sistema de distribuição de água de Votorantim não está setorizado, sendo proposto a implantação física de 30 setores; foram realizados monitoramento de vazão em 25 pontos por processo pitométrico e 6 pontos através de macromedidor de vazão ultrassônico portátil em diversas redes do sistema de abastecimento, sendo tais dados fundamentais para o dimensionamento dos macromedidores de vazão; os macromedidores de vazão dimensionados para serem instalados no sistema de abastecimento de água de Votorantim são do modelo Eletromagnético Carretel, os quais apresentam menores erros de medição; foi possível constatar que 25% dos hidrômetros estão operando a mais de 5 anos, sendo portanto, recomendado a substituição destes equipamentos; atualmente as perdas de água no sistema de distribuição do município de Votorantim é igual a 34,8%, tendo como meta atingir o valor de 20% em um horizonte de 20 anos. Assim, devem-se executar as ações propostas, tais como: implantar a setorização em zonas de pressão; instalar os macromedidores de vazão; substituir os hidrômetros mais antigos, bem como readequar os hidrômetros instalados fora dos procedimentos adequados; realizar pesquisa de vazamento não visível continuamente; realizar treinamentos com os profissionais responsáveis pelos serviços de leituras, bem como com os de operação e manutenção.

**Palavras-Chaves:** Saneamento, índices de perdas, abastecimento de água

## ABSTRACT

Losses and waste water are the factors that most compromise the sanitation sector. The pursuit of reduction of these factors is a strategic variable both for public companies that provide this service than for private sector that has worked in this area aimed at cost reduction. The preparation of a Master Plan Combating Water Loss in municipal water supply systems has the intention to control and reduce losses that is fundamental for the future of all departments responsible for sanitation of the municipalities. Thus, the present work aims to prepare the Master Plan of Combating Water Losses in the city Votorantim - SP. To this end, the following activities were carried out: preparation of base register of the water distribution network; demarcation of water distribution areas; monitoring flow through Pitometry and ultrasonic portable macromedidor; sizing of flow macrometers to be deployed; diagnostic of situation of the water meters park installed in the municipality of Votorantim; estimate of water losses in the supply system, and to establish goals to be hit the 20-year project horizon. To this end, we carried out field visits in the operational units of the supply system as well as registered to digital media all the infrastructure of the water distribution system. In order to delineate distribution sectors, it used the cadastral base, and lifting topographic, defining a service area for each of the distribution system reservoir. Thus, the consumption flow of each sector was calculated and identified if there need to extend the reservation of capacity. Survey was carried out of existing water meters in the city to elaborate proposals for improvements. Through the monitored data on existing flow macrometers in the water municipal production as well as the micromasurement volume were used to calculate losses of water in the municipality of Votorantim. With the results it can be concluded that: There are approximately 500 km of water distribution network of various diameters and materials; Votorantim water distribution system is not divided into sectors, with proposal the physical deployment of 30 sectors; flow monitoring was conducted in 25 points for Pitometry process and six points through portable ultrasonic flow macromedidor on various networks of the supply system, which such data were fundamental to the design of the flow macrometers; the flow macrometers sized for installation in water supply system in Votorantim were the electromagnetic spool model, which present minor errors measurement; it was found that 25% of the water meters are operating more than 5 years, and therefore recommended the replacement of such equipment; currently the Water losses in the municipality of Votorantim distribution system is equal to 34.8%, with the goal of reaching the value of 20% in a horizon of 20 years. Thus, it should perform the proposed actions such as: deploying sectorization in pressure zones; install the flow macrometers; replacing older water meters and readjust the water meters installed outside the proper procedures; conduct research leak not continuously visible; conduct training with professionals readings responsible for the services, as well as the operation and maintenance.

**Key Words:** Sanitation, loss rates, water supply



## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Classificação da performance técnica quanto ao sistema de abastecimento de água, sendo baseado no Índice de Vazamento (IV).....	35
Tabela 02. Reservatórios existentes no sistema de distribuição de água do município de Votorantim.....	68
Tabela 03. Redes existentes do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	70
Tabela 04. Setores de Distribuição de Água do Município de Votorantim – SP.....	71
Tabela 05. Setor 01 – R1 – Gravidade – 01 do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	73
Tabela 06. Setor 02 – R1 – Gravidade – 02 do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	74
Tabela 07. Setor 03 – R1 – Bombeado Dominginhos do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	75
Tabela 08. Setor 04 - R3 – Gravidade Rio Acima do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	76
Tabela 09. Setor 05 - R5 – Gravidade Vila Irineu – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	77
Tabela 10. Setor 06- R1 –Vila Amorim – Bombeado – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	78
Tabela 11. Setor 07 – R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	79
Tabela 12. Setor 08 – R10 – Vila Nova – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	80
Tabela 13. Setor 09 – R12 – Vila Nova – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	82
Tabela 14. Setor 10 – R23 – Vila Garcia (Região nº. 1) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	83
Tabela 15. Setor 10 – R23 – Vila Garcia (Região nº. 2) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	84

Tabela 16. Setor 10 – R23 – Vila Garcia (Região nº. 3) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	84
Tabela 17. Setor 11 – R9 – Matão do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	85
Tabela 18. Setor 12 – R20 – Monte Sião – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	86
Tabela 19. Setor 13 – R19 – Monte Sião – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	87
Tabela 20. Setor 14 – R08 – Bela Vista – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	88
Tabela 21. Setor 15 – R07 – Bela Vista – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	90
Tabela 22. Setor 16 – R29 – Bela Vista – Booster do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	90
Tabela 23. Setor 17 – R24 – CDHU (Região nº. 1) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	92
Tabela 24. Setor 17 – R24 – CDHU (Região nº. 2) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	93
Tabela 25. Setor 17 – R24 – CDHU (Região nº. 3) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	93
Tabela 26. Setor 18 – R14 – Jardim Serrano – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	94
Tabela 27. Setor 19 – R13 – Jardim Serrano – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	95
Tabela 28. Setor 20 – R26 – Parque São João - Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	96
Tabela 29. Setor 21 – R25 – Parque São João - Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	97
Tabela 30. Setor 22 – R16 – Itapeva – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	98
Tabela 31. Setor 23 – R15 – Itapeva – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	99

Tabela 32. Setor 24 – R28 – Aldeia da Mata – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	100
Tabela 33. Setor 25 – R30 – AlphaVille (Região nº. 01) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	102
Tabela 34. Setor 25 – R30 – AlphaVille (Região nº. 02) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	103
Tabela 35. Setor 26 – R21 – Tatiana – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	104
Tabela 36. Setor 27 – R21 – Tatiana – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	105
Tabela 37. Setor 28 – R18 – Novo Mundo – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	106
Tabela 38. Setor 29 – R17 – Novo Mundo - Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	107
Tabela 39. Setor 30 – R27 – Bairro dos Morros - Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	108
Tabela 40. Resumo dos dados de cada setor de distribuição de água a ser implantado no município de Votorantim.....	109
Tabela 41. Medições de vazões por pitometria e por medidor ultrassônico realizados em diversas tubulações existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim.....	113
Tabela 42. Velocidades monitoradas em diversas tubulações do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.....	116
Tabela 43. Velocidades calculadas através das vazões médias estimadas para cada setor. ....	118
Tabela 44. Número de ligações ativas no sistema de abastecimento de água do município Votorantim.....	125
Tabela 45. Quantidade de ligações enquadradas por faixas de consumos no sistema de abastecimento de água do município Votorantim.....	125
Tabela 46. Quantidade de hidrômetros instalados a mais de cinco anos no sistema de abastecimento de água do município Votorantim.....	125
Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim.	137

Tabela 48. Intervalo de classes do consumo mensal por ligação (residencial) associada à ocorrência de ligações que possuem consumo neste intervalo.....	143
Tabela 49. Designação dos Hidrômetros quanto a vazão nominal.....	146
Tabela 50. Códigos dos Fabricantes recomendados no presente trabalho.....	147
Tabela 51. Classe metrológica do hidrômetro.....	147
Tabela 52. Troca do medidor de acordo com seu tempo de funcionamento, vazão e diâmetro nominal.....	148
Tabela 53. Troca do medidor de acordo com a leitura obtida e respectiva vazão e diâmetro nominal.....	149
Tabela 54. Quantidades de ligações por categoria de consumidor no município Votorantim.....	151
Tabela 55. Vazões características de hidrômetros segundo sua classe metrológica e vazão nominal.....	153
Tabela 56. Pré-Dimensionamento de Hidrômetros e Manutenção Preventiva – SANEPAR (2014).....	154
Tabela 57. Orçamento dos equipamentos para pesquisa de vazamentos.....	159
Tabela 58. Indicadores de perdas de água do sistema de distribuição do município de Votorantim.....	171
Tabela 59. Relação das ações a serem implantadas visando às reduções de perdas de água no sistema de abastecimento de Votorantim.....	174

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perdas de agua em sistemas urbanos ( %)	26
Figura 2. Hipótese das distribuições de perdas em reais e aparentes	29
Figura 3. Macromedidor de vazão portátil ultrassônico utilizado no presente trabalho	48
Figura 4. Estação Pitométrica (EP)	49
Figura 5. Colocação do anel de borracha	49
Figura 6. Colocação do suporte da máquina Muller	50
Figura 7. Colocação da máquina Muller no suporte	50
Figura 8. Broca encaixada na base da máquina Muller	50
Figura 9. Momento em que a tubulação é furada	51
Figura 10. EP encaixado na base da máquina	51
Figura 11. Momento em que a EP está sendo rosqueada na tubulação	52
Figura 12. Medição do diâmetro real da adutora	53
Figura 13. Perfil da velocidade em tubulação com escoamento pressurizado	53
Figura 14. Perfis de velocidades obtidos em tubulações que possuem incrustações	54
Figura 15. Equipamento utilizado na pitometria para obter dados de vazão e pressão	55
Figura 16. Software MDHidro 3.1 – Lamon utilizado para obter os dados de vazão e pressão	56
Figura 17. Vista de parte do cadastro do sistema de abastecimento de água elaborado	66
Figura 18. Cadastro elaborado das infraestruturas existentes no sistema de abastecimento do município de Votorantim – Reservatório Serrano	66
Figura 19. Cadastro elaborado das infraestruturas existentes no sistema de abastecimento do município de Votorantim – Reservatório Matão	67
Figura 20. Cadastro das Estações Elevatórias de Água Tratada (EEAT 3 e 4) existentes no sistema de abastecimento de água do município de Votorantim	67
Figura 21. Localização das Estações de Tratamento de Água e Reservatórios existentes no Município de Votorantim	69

Figura 22. Delimitação dos setores de distribuição de água do município de Votorantim.....	72
Figura 23. Áreas atendidas pelo reservatório Vila Garcia.....	83
Figura 24. Áreas atendidas pelo reservatório CDHU.....	92
Figura 25. Áreas atendidas pelo reservatório do Alphaville.....	102
Figura 26. Monitoramento das vazões por pitometria realizado no presente trabalho	111
Figura 27. Monitoramento das vazões por medidor portátil ultrassônico realizado no presente trabalho.....	112
Figura 28. Vista do macromedidor de vazão eletromagnético carretel.....	115
Figura 29. Instalação de caixas de proteção junto aos hidrômetros do município de Votorantim.....	122
Figura 30. Hidrômetros existentes no sistema de abastecimento de água que estão situados dentro das casas dos proprietários.....	123
Figura 31. Vistas de hidrômetros instalados na vertical existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim.....	124
Figura 32. Hidrômetros virados existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim.....	124
Figura 33. Cavalete sem hidrômetro.....	126
Figura 34. Hidrômetro com arame.....	126
Figura 35. Hidrômetro com arame.....	126
Figura 36. Hidrômetro com lacre violado.....	126
Figura 37. Hidrômetro com lacre violado.....	126
Figura 38. Ligação Clandestina.....	126
Figura 39. Ligação Clandestina.....	127
Figura 40. Ligação Direta.....	127
Figura 41. Ligação Direta.....	127
Figura 42. Ligação Direta.....	127
Figura 43. Caixa de proteção para hidrômetros.....	130
Figura 44. Curva de permanência do consumo mensal micromedido residencial no sistema de abastecimento de água de Votorantim.....	144
Figura 45. Numeração do hidrômetro.....	146
Figura 46. Demarcação com tinta branca no local onde foi detectado vazamento não visível.....	161

Figura 47. Retroescavadeira abrindo o local do vazamento não visível.....	161
Figura 48. Localização do vazamento.....	162
Figura 49. Furo na rede que causou o vazamento.....	162
Figura 50. Abertura de vala no local indicado de vazamento.....	163
Figura 51. Localização do vazamento não visível.....	163
Figura 52. Localização do vazamento no colar de tomada.....	164
Figura 53. Modelo a ser utilizado para atualização da base cadastral do sistema de abastecimento de água.....	168
Figura 54. Balanço hídrico do sistema de distribuição de água do município de Votorantim.....	170

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização das perdas de água em sistemas de abastecimento.....	26
Quadro 2. Matriz do Balanço Hídrico do sistema de distribuição de água.....	27
Quadro 3. Ganhos com redução de perdas de água.....	32
Quadro 4. Níveis de indicadores de perdas de água.....	34
Quadro 5. Relação de atividades que visam redução das perdas de água, relacionando os custos e os volumes recuperados.....	38



## SIGLAS E ABREVIATURAS

ABENDE-Associação Brasileira de Ensaaios Não-Destrutivos  
ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária  
AESBE-Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais  
AWWA - *American Water Works Association*  
CA – Cimento Amianto  
CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas  
CAV – Concessionária Águas de Votorantim  
CCO - Central de Comando Operacional  
CLR - Conhecer, Localizar e Reparar  
DeFoFo – Diâmetro Equivalente ao Ferro Fundido  
EEA - European Environment Agency  
EP - Estação Pitométrica  
ETA – Estação de Tratamento de Água  
ETE- Estação de Tratamento de Esgoto  
FoFo – Ferro Fundido  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia  
ILF - Índice Linear de Perda Física  
ILB - Índice Linear Bruto de Perda  
IP – Índice de Perda  
IPD - Índice de Perda na Distribuição  
IPF - Índice de Perda de Faturamento  
IPL - Índice de Perda por Ligação  
IV - Índice de Vazamento  
IWA - International Water Association  
MAPF - Mínimo Atingível de Perdas Físicas Anual  
MASPP - Método de Análise e Solução de Problemas de Perdas  
NBR – Norma Brasileira  
OMS - Organização Mundial da Saúde  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PFD - Índice de Perda Física na Distribuição  
PVC - Policloreto de Vinila  
Q – Vazão

$Q_{HMC}$  – Vazão da Hora de Maior Consumo

$Q_{DMC}$  – Vazão do Dia de Maior Consumo

$Q_{média}$  – Vazão Média

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SABESP - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Estado do Paraná

TEGP - Time Estratégico de Gerenciamento de Perdas

VPFA - Volume de Perda Física Anual Atual

VRP – Válvula Redutora de Pressão

WRC-Water Research Comission

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
2. OBJETIVOS.....	22
2.1. OBJETIVO GERAL .....	22
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	22
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	23
3.1. CRISE HÍDRICA NOS DIAS ATUAIS .....	23
3.2. PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO .....	25
3.2.1. Tipos de Perdas.....	28
3.2.2. Benefícios da Redução da Perda de Água.....	31
3.2.3. Indicadores de Perdas.....	33
3.2.4. Relação entre Pressão e Vazamentos.....	36
3.2.5. Estratégia para Reduzir a Perda de Água.....	37
3.3. SISTEMAS QUE OBTIVERAM SUCESSOS EM REDUÇÃO E COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA.....	39
3.4. HISTÓRICO DE ATIVIDADES E AÇÕES RELACIONADAS A SERVIÇOS DE PERDAS DE ÁGUA.....	41
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
4.1. ELABORAÇÃO DA BASE CADASTRAL DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VOTORANTIM	43
4.2. ELABORAÇÃO DE ESTUDO PARA SETORIZAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	44
4.3. OBTENÇÃO DAS VAZÕES POR PROCESSO PITOMÉTRICO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VOTORANTIM.....	46
4.3.1. Procedimento para Medição de Vazão por Pitometria.....	48
4.4. DIMENSIONAMENTO DOS MACROMEDIDORES DE VAZÃO COM TRANSMISSÃO DE DADOS POR TELEMETRIA.....	56
4.5. DIAGNÓSTICO DA MICROMEDIÇÃO.....	57
4.5.1. Indicador X.....	58
4.5.2. Curva de Permanência.....	59

4.6. ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE AÇÕES VISANDO MELHORIAS NO SISTEMA COM O INTUITO DE REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA.....	61
4.7. DETERMINAÇÃO DAS PERDAS ATUAIS E METAS A SEREM ATINGIDAS NO HORIZONTE DE 20 ANOS.....	61
4.7.1. Índice de Perda na Distribuição (IPD) .....	62
4.7.2 Índice de Perda de Faturamento (IPF).....	62
4.7.3. Índice Linear Bruto de Perda (ILB).....	62
4.7.4. Índice de Perda por Ligações (IPL).....	63
4.7.5. Índice de Perda Física na Distribuição (PFD).....	63
4.7.6. Índice Linear de Perda Física (ILF).....	63
4.7.7. Definição das Metas a Serem Implantadas.....	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1. ELABORAÇÃO DO CADASTRO TÉCNICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	65
5.2. ESTUDO PARA SETORIZAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	71
5.2.1. Setor 01 – R1 – Gravidade – 01.....	73
5.2.2. Setor 02 – R1 – Gravidade – 02.....	74
5.2.3. Setor 03 - R2 – Bombeado Dominginhos.....	75
5.2.4. Setor 04 - R3 – Gravidade Rio Acima.....	76
5.2.5. Setor 05 - R5 – Gravidade Vila Irineu – Apoiado.....	77
5.2.6. Setor 06 – R1 –Vila Amorim – Bombeado.....	78
5.2.7. Setor 07 – R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado.....	79
5.2.8. Setor 08 – R10 – Vila Nova – Elevado.....	80
5.2.9. Setor 09 – R12 – Vila Nova – Apoiado.....	81
5.2.10. Setor 10 – R23 – Vila Garcia.....	82
5.2.11. Setor 11 – R9 – Matão.....	85
5.2.12. Setor 12 – R20 – Monte Sião – Elevado.....	86
5.2.13. Setor 13 – R19 – Monte Sião – Apoiado.....	87
5.2.14. Setor 14 – R08 – Bela Vista – Elevado.....	88
5.2.15. Setor 15 – R07 – Bela Vista – Apoiado.....	89
5.2.16. Setor 16 – R29 – Bela Vista – Booster.....	89

5.2.17. Setor 17 – R24 – CDHU (Santo Antônio).....	91
5.2.18. Setor 18 – R14 – Jardim Serrano – Elevado.....	94
5.2.19. Setor 19 – R13 – Jardim Serrano – Apoiado.....	95
5.2.20. Setor 20 – R26 – Parque São João – Elevado.....	96
5.2.21. Setor 21 – R25 – Parque São João – Apoiado.....	97
5.2.22. Setor 22 – R16 – Itapeva – Elevado.....	98
5.2.23. Setor 23 – R15 – Itapeva – Apoiado.....	99
5.2.24. Setor 24 – R28 – Aldeia da Mata.....	100
5.2.25. Setor 25 – R30 – AlphaVille.....	101
5.2.26. Setor 26 – R21 – Tatiana – Elevado.....	103
5.2.27. Setor 27 – R22 – Tatiana – Semi-Enterrado.....	104
5.2.28. Setor 28 – R18 – Novo Mundo – Elevado.....	105
5.2.29. Setor 29 – R17 – Novo Mundo – Apoiado.....	106
5.2.30. Setor 30 – R27 – Bairro dos Morros – Apoiado.....	107
5.3. OBTENÇÃO DAS VAZÕES POR PROCESSO PITOMÉTRICO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VOTORANTIM.....	108
5.4. DIMENSIONAMENTO DOS MACROMEDIDORES DE VAZÃO COM TRANSMISSÃO DE DADOS POR TELEMETRIA.....	112
5.5. DIAGNÓSTICO DA MICROMEDIÇÃO.....	120
5.5.1. Inspeção e pesquisa para averiguação dos hidrômetros instalados nas ligações.....	121
5.5.2. Avaliação do Parque de Hidrômetros.....	125
5.5.3. Elaboração de relação de hidrômetros antigos (mais de 5 anos) a serem aferidos e/ou trocados.....	128
5.5.4. Metodologia de Combate às Perdas Comerciais.....	133
5.5.5. Cálculo de algoritmos para gerenciar e otimizar as informações da micromedição.....	136
5.5.5. Estrutura de gerenciamento do sistema de medição de vazão.....	144
5.5.6. Redimensionamento de medidores em grandes consumidores.....	148
5.5.7. Estudos e novas tecnologias aplicadas à medição de vazão.....	149
5.5.8. Identificação e readequação das categorias dos consumidores.....	151
5.5.9. Adequação dos hidrômetros às suas respectivas faixas de trabalho.....	151
5.5.10. Considerações Finais.....	155

5.6. ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE AÇÕES VISANDO MELHORIAS NO SISTEMA COM O INTUITO DE REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA.....	156
5.6.1. Programação dos serviços de pesquisa de vazamentos.....	156
5.6.2. Projeto de Pesquisa de Vazamentos para Votorantim.....	157
5.6.3. Plano de trabalho.....	158
5.6.4. Equipamentos necessários para estrutura de uma (01) equipe de pesquisa.....	159
5.6.5. Método de pesquisa de vazamentos adotado.....	160
5.6.6. Criação de um Departamento de Combate as Perdas de Água.....	166
5.7. DETERMINAÇÃO DAS PERDAS ATUAIS E METAS A SEREM ATINGIDAS NO HORIZONTE DE 20 ANOS.....	169
5.7.1. Metas.....	171
6. CONCLUSÕES.....	176
7. BIBLIOGRAFIA.....	178

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a vida, entretanto trata-se de um recurso cada vez mais ameaçado e escasso. Por tanto, torna-se indispensável o investimento em projetos eficientes em sistemas de abastecimentos de água com o intuito de trabalhar a redução e combater as perdas que acontecem ao longo do sistema de distribuição.

Os sistemas de abastecimento de água públicos ou privados são dotados de estruturas que compreendem desde a captação de água em seu estado bruto até o ponto de ser consumida na forma de água potável.

Em geral um sistema completo de abastecimento é composto pela captação, adutora de água bruta, estação de tratamento, reservação, adutora de água tratada e rede de distribuição.

Quando se fala de perdas em sistemas de abastecimento de água, existem diferentes fontes causadoras que podem ser visíveis ou invisíveis.

Uma forma eficaz de caracterizar as perdas no serviço de abastecimento de água para fins de obtenção de parâmetros, através de definições envolvendo perdas no sentido físico e no sentido econômico é através do chamado de balanço hidráulico.

Pode-se também definir perdas como sendo toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional (TISUTIYA, 2005).

A redução e controle de perdas nos sistemas de distribuição de água é o grande desafio atual de todas as companhias de saneamento básico.

A atual circunstância evidenciada no ano de 2015 com um período de escassez de chuva, o que ocasionou o esvaziamento dos principais mananciais, faz com que seja necessário analisar e pesquisar novas tecnologias visando solucionar este problema.

Cadastros desatualizados ou inexistentes, escassez de profissionais treinados, alto custo de aquisição de ferramentas e equipamentos tecnológicos, parque de hidrômetros antigos são causas que comprometem o quadro atual das perdas de água nas companhias responsáveis por este segmento nos municípios brasileiros. Destacam-se também os ramais, colares de tomada e redes de distribuição com seus materiais desgastados pelo tempo, aplicação de produtos de baixa qualidade, falta de controle na distribuição proporcionando altas pressões nas redes e fraudes de diversas naturezas.

Essas situações ocorrem com certa frequência e se somam gerando um grande desafio, sendo necessário estabelecer metas baseado em um planejamento ao longo de um

horizonte de projeto. Assim, torna-se fundamental os municípios elaborarem o Plano Diretor de Combate e Redução das Perdas de Água, nos quais irão definir as atividades a serem realizadas visando reduzir as perdas e conseqüentemente aumentar a disponibilidade de água para o crescimento populacional que ocorrerá nos próximos anos.

Destaca-se que o gerenciamento proposto no Plano Diretor estará contribuindo diretamente com o meio ambiente, uma vez que diminuindo a perda tem-se uma redução da captação de água bruta, portanto esvaziando menos os mananciais. Também tem o fato de produzir menos lodo durante o processo de tratamento da água, utilizando uma quantidade menor de produtos químicos e impactando menos o meio ambiente.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo do presente trabalho foi elaborar o Plano Diretor de Redução e Combate às Perdas de Água no sistema de distribuição de água do município de Votorantim - SP.

### **2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- elaborar a base cadastral da rede de abastecimento de água do município de Votorantim;
- elaborar estudo para delimitação da setorização da rede de distribuição de água;
- obter as vazões por processo pitométrico no sistema de abastecimento de água de Votorantim;
- dimensionar os macromedidores de vazão a serem implantados;
- elaborar o diagnóstico da micromedição existente;
- elaborar propostas de ações visando melhorias no sistema com o intuito de reduzir as perdas de água;
- determinar as perdas atuais e metas a serem atingidas no horizonte de 20 anos.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. CRISE HÍDRICA NOS DIAS ATUAIS

No ano de 2014 vários municípios brasileiros vivenciaram um momento crítico referente a disponibilidade hídrica para o abastecimento de água junto a população, sendo constatado uma redução de oferta de água que atingiram níveis preocupantes e poucas vezes vistos na história do estado. Um dos símbolos desta crise é a diminuição drástica do Sistema Cantareira, imenso reservatório responsável pelo abastecimento de cerca de 20 milhões de pessoas.

Silveira (2015) descreve que ao longo dos últimos anos a mensagem de especialistas tem sido a mesma: alertar sobre as crescentes dificuldades em fornecer água em quantidade e qualidade a todos. Discussões e debates em todos os níveis e esferas se arrastam em torno do mesmo apelo. Seja a população, ou os setores público e privado, todos precisam abrir os olhos, já que a água é um bem essencial para o planeta.

Usufruir de saneamento básico e água potável é direito essencial garantido constitucionalmente no Brasil, no entanto os deveres de administra-los também é de responsabilidade da população (LEONETI, 2011).

Não adianta olhar o problema apenas como responsabilidade dos outros. Cada um tem o direito de cobrar a universalização de saneamento básico e de água potável, mas também tem que ter responsabilidades. Não acredita-se que o estresse hídrico vivido no momento pela região Sudeste do país seja contingencial, e sim de ser um novo paradigma e, como tal, deve considerar que a água é um bem precioso e que deve estar submetida a uma ampla gestão integrada de nossos recursos hídricos (ANJOS, 2011).

O sétimo item da Declaração Universal dos Direitos da Água descreve que: “A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis”. Infelizmente é para este caminho que esta sendo direcionado se providências não forem tomadas rapidamente, lembrando que às responsabilidades direitos e deveres existem para todos (HELLER, 2010).

De um lado a população cumprindo com a sua parte, economizando, utilizando o recurso de forma responsável, fazendo descartes de maneira correta, não desmatando, plantando. De outro o poder público e a sociedade civil organizada investindo

continuamente em tecnologia e educação. É preciso aplicar recursos em obras que garantam o abastecimento de água. Não se deve acreditar em soluções paliativas e de curto prazo. Estas serão necessárias para à situação emergencial presente, mas toda a população de ser chamado a pensar em soluções sustentáveis e de longo prazo (SILVEIRA, 2015).

Existem ainda hoje cerca de 7 milhões de brasileiros sem acesso a instalações hidrossanitárias adequadas, segundo o relatório Progress on Sanitation and Drinking-Water 2014, da Organização Mundial da Saúde (OMS)/UNICEF. De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2014), o custo para universalizar o acesso aos quatro serviços do saneamento (água, esgotos, resíduos e drenagem) é de R\$ 508 bilhões, no período de 2014 a 2033 e, considerando apenas água e esgoto, o valor gira em torno de R\$ 303 bilhões. Ou seja, ainda tem-se um longo caminho a percorrer até atingir a universalização do saneamento básico no país.

Indústrias, comércios, prefeituras, órgãos públicos e privados, e até mesmo cidadãos comuns têm adotado boas práticas no seu dia a dia e muitos fazem uso das tecnologias disponíveis no mercado, como estações compactas para tratamento de esgoto sanitário (ETEs), que permitem o reúso da água tratada para fins não potáveis. São exemplos a serem seguidos em todas as esferas, uma vez que, contribuem sobremaneira para preservação dos recursos hídricos, redução da poluição de rios e mananciais, redução de casos de doenças e melhoria na qualidade de vida (ANJOS, 2011).

Ritti (2014) descreve que falta visão de longo prazo nas políticas para o clima. Após a divulgação do 5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, ocorrido em Yokohama, no Japão, conclui e enfatiza que o principal recado nesse volume do Relatório trata-se de impactos, avaliação e vulnerabilidade, além de algumas mensagens importantes. A primeira é que as mudanças climáticas já afetam todo mundo e vão afetar ainda mais. Não existe um centímetro quadrado do Planeta, uma única pessoa, que não esteja vulnerável a um dos efeitos das mudanças climáticas. Hoje já é sentido os efeitos das mudanças climáticas nas várias regiões do Planeta, inclusive aqui no Brasil.

No Brasil em médio e no longo prazo, serão sentidos os efeitos sobre a disponibilidade de recursos, sobre a produção agrícola e sobre a saúde. As condições climáticas regionais, em locais como a Amazônia, o Nordeste e o Centro sul, tendem a se alterar. Associado a isso, pode-se ter incidência maior de eventos climáticos extremos (LEONETI, 2011).

Já é realidade da convivência com o déficit de água no sul, sudeste. Essa situação pode ser agravar, ou, ao contrário, poderão ter anos muito secos, e anos de muita chuva. E isso deve afetar de forma dramática a vida das pessoas (LEONETI, 2011).

Sessenta por cento (60%) da água do Brasil é consumida pela agricultura. Caso a redução da disponibilidade de água seja contínua, tem-se efeitos significativos para este setor (HELLER, 2010).

### 3.2. PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Um dos principais indicadores de eficiência da operação dos sistemas de abastecimento de água é o índice de perdas. Com valores médios que beiram os 40% no Brasil, decrescendo, mas a uma velocidade extremamente baixa, o combate às perdas de água transformou-se em um grande desafio dos operadores brasileiros públicos e privados. No momento de tentativa de retomada dos investimentos do setor de saneamento, percebe-se claramente que grande parte dos operadores públicos apresentam condições insuficientes do ponto de vista de gestão para planejar e implementar as ações necessárias para enfrentar o problema (BRASIL, 2014).

No Brasil, a situação está longe do observado em países desenvolvidos e a situação de perdas é muito desigual quando se comparam unidades da federação, operadores públicos e privados de saneamento básico. Os indicadores de perda de água das operadoras de saneamento no Brasil mostram que ainda há muita ineficiência na produção da água (HELLER, 2010).

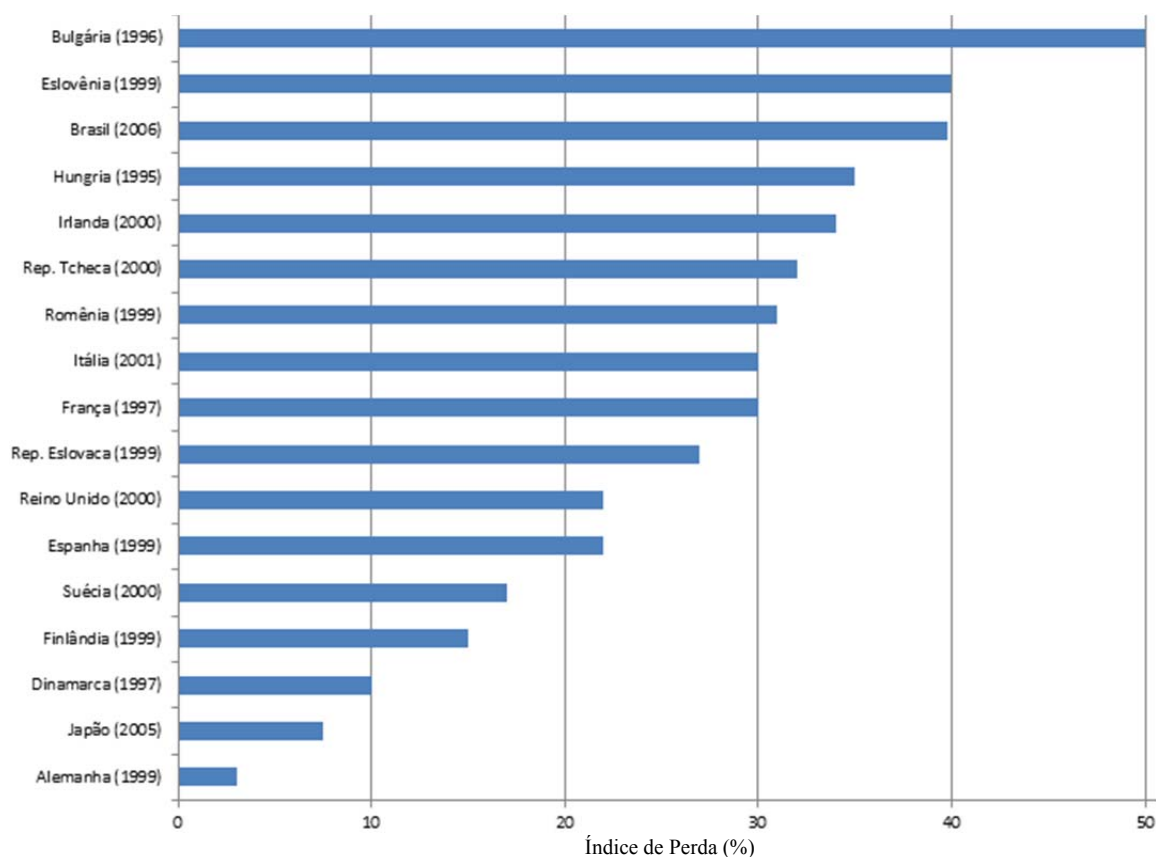
O nível de perdas no Brasil passou de 45,6% em 2004 para 38,8% em 2011, uma queda de 6,8 pontos percentuais no período. O quadro é ainda mais preocupante porque a maior parte das empresas não mede suas perdas de água de maneira consistente (LEONETI, 2011).

A Figura 1 apresenta alguns valores de indicadores de perdas em porcentagem de alguns países da Europa, Ásia e Brasil.

As perdas em um sistema de abastecimento de água são o principal fator de preocupação para as empresas de saneamento. Estas perdas afetam não só os resultados financeiros das empresas, mas também os consumidores e o meio ambiente.

No Quadro 1 é apresentada a caracterização das perdas de água em sistemas de abastecimentos municipais.

Figura 1. Perdas de água em sistemas urbanos (%).



Fonte: EEA (European Environment Agency): [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu).  
Acesso em: 10/03/2015

Quadro 1. Caracterização das perdas de água em sistemas de abastecimento.

Item	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Ocorrência mais comum	Vazamento	Erros de Medição
Custos associados	Custo de produção de água tratada	Valor cobrado ao consumidor
Efeito no meio ambiente	Desperdício de recurso natural Ampliação da exploração de mananciais	Irrelevante
Efeito na saúde pública	Riscos de contaminação	Irrelevante
Ponto de vista empresarial	Perda do produto industrializado	Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	Imagem negativa da empresa	Não é uma preocupação imediata
Efeitos finais no consumidor	Repasse de custos a tarifa Desincentivo ao uso racional da água	Repasse de custos a tarifa Incitamento ao roubo e fraudes

Fonte: TISUTIYA (2005).

Segundo Gambale (2000), matematicamente pode-se representar as perdas pela seguinte equação:

$$\text{Perdas} = V (\text{ETA}) - C - U \quad (01)$$

Onde  $V$  (ETA) representa o volume produzido na ETA,  $C$  o valor medido junto ao consumidor final (micromedição) e  $U$  representam os usos operacionais da companhia, emergências e sociais. Os usos operacionais estão associados ao uso de água para o processo de tratamento, como limpeza de filtros e decantadores, os usos emergenciais estão relacionados aos combates de incêndio e os usos sociais estão ligados às tarifas sociais de água concedidos pela empresa.

Para caracterizar perdas em um sistema de abastecimento de água utiliza-se o Balanço Hídrico e desta forma determina o volume de perdas e de água em uso (faturadas ou não). Esta modelagem foi proposta pelo Grupo de Redução de Perdas da IWA (International Water Association), conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Matriz do Balanço Hídrico do sistema de distribuição de água.

Volume de Entrada no Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Medido Faturado	Água Faturada
			Consumo não Medido Faturado (Estimado)	
		Consumo Autorizado NÃO Faturado	Consumo Medido não Faturado (uso próprio, pipas, etc.)	Água não Faturada
			Consumo não Medido não Faturado (bombeiros, comunidades, etc.)	
	Perda de Água	Perdas Aparentes	Consumo não Autorizado (fraudes, falhas cadastros)	
			Imprecisão dos medidores (macro e micromedição)	
		Perdas Reais	Vazamentos nas adutoras de água bruta e nas ETAs (se aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
	Vazamentos nos ramais até o hidrômetro			
	Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios			

Fonte: TSUTIYA, 2004

Assim, para cálculos de perdas em sistemas de distribuição de água utilizam-se as seguintes denominações (TSUTIYA, 2004):

- Volume de Entrada no Sistema: volume de água produzido e disponibilizado para tratamento e/ou venda;

- Consumo Autorizado: Volume de água medido e/ou não medido fornecido a clientes cadastrados, consumido pela própria empresa ou disponibilizados a outros para uso autorizado;

- Perda de Água: É o volume total de água que entra no sistema menos o consumo autorizado;

- Consumo Autorizado Faturado: É o consumo que gera receita para a empresa.

- Consumo Autorizado não Faturado: É o volume de água usada pela própria empresa mais o volume de água cujo uso é autorizado pela empresa e não faturado, como bombeiros, caminhões pipa para comunidades, etc.

- Perdas Reais: Também conhecida como perda física, corresponde ao volume de água que entra no sistema de abastecimento mas não chega ao usuário final. Estas perdas são decorrentes principalmente de vazamentos.

- Perdas Aparentes: Perdas não físicas ou perda comercial. É a água consumida pelos clientes mas que não é faturada devido a erros de medição, fraudes e falhas no cadastro comercial.

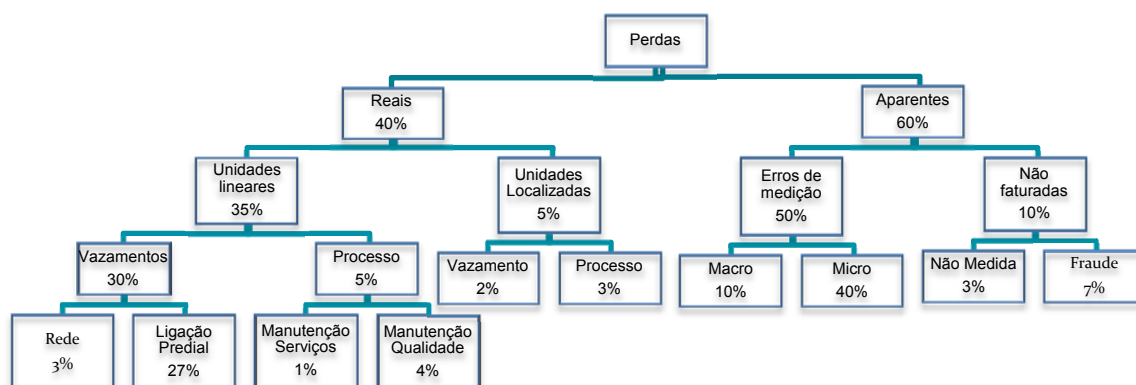
Liemberger & Partners (2015) disponibiliza o aplicativo para cálculo das perdas conforme modelo proposto pela IWA em plataforma em Excel denominado “WB\_EasyCalc”, que permite através de algumas informações o cálculo das perdas em sistemas de distribuição de água. Pode-se fazer o download deste aplicativo no endereço <http://www.liemberger.cc/>.

Araújo (2006) propõe um indicativo para distribuição entre as perdas reais e aparentes em municípios situados no estado do Tocantins, conforme apresentado na Figura 2.

### 3.2.1. Tipos de Perdas

As perdas de água são divididas em Perdas Reais e Perdas Aparentes. Na sequência é apresentada a descrição destes tipos de perdas de água,

Figura 2. Hipótese das distribuições de perdas em reais e aparentes.



Fonte: Araújo (2006)

### a) Perdas Reais

As perdas reais é referente ao volume de água que não tem utilidade alguma, ou seja, é um volume que se perde devido a vazamentos em tubulações e extravasamentos de reservatórios, conforme descrito na sequência.

#### a.1) Vazamentos

É o caso mais comum de perdas dentro de um sistema de abastecimento. Eles podem ocorrer nas adutoras, nas redes e nos ramais de ligação.

Lambert (1998) classifica os vazamentos em três tipos:

- Visíveis: são os vazamentos de curta duração e altas vazões que afloram para a superfície e são facilmente detectáveis. Representam 45% dos vazamentos.

- Não Visíveis: são os vazamentos que não afloram para a superfície e, por isso, não podem ser detectados visualmente. Possuem vazões moderadas e representam 30% dos vazamentos.

- Inerentes: vazamentos não visíveis e não detectáveis por equipamentos de detecção acústica. Geralmente são vazões abaixo de 250 l/h. e representam 25% dos vazamentos.

Tardelli Filho (2006) ressalta que a pressão de serviço está diretamente ligada a vazamentos. Quando é aumentado a pressão da rede, aumenta-se a frequência de rompimentos bem como aumenta-se a vazão dos vazamentos.



### a.2) Extravasamentos

Os extravasamentos de reservatórios ocorrem durante o carregamento, devido à falta de dispositivos de alerta ou por falhas operacionais nos equipamentos existentes. Quando os reservatórios estão cheios, a água é coletada pelo extravasador onde é levada a rede pluvial ou para outro lugar apropriado. Este volume de água na maioria das vezes não é contabilizado (Tardelli Filho, 2006).

Segundo Barroso (2005), os principais fatores que influenciam as perdas reais ou físicas são:

- Variações de pressão e/ou altas pressões;
- Qualidade da infraestrutura (material utilizado, idade, etc.). Especificamente para os tubos PEAD em geral a incidência de vazamentos decorre da má qualidade do material, amassamento do tubo e problemas em união e adaptadores. No caso do PVC, o excesso de carga, acomodação do solo e falhas nas juntas (soldadas, coladas montagem da elástica);
- Condições de tráfego e tipo de pavimento;
- Recalques do subsolo;
- Qualidade dos serviços de implantação e manutenção;
- Agilidade na execução dos reparos;
- Condições de gerenciamento (telemetria, transmissão de dados).

### b) Perdas Aparentes

Gambale (2000) relaciona as principais características das perdas aparentes, sendo estas:

#### b.1) Erros de Macromedição

A macromedição refere-se ao conjunto de medições de vazão, pressão e nível dos reservatórios realizados dentro do sistema de abastecimento que envolve desde a captação do manancial até antes do ponto final de entrega aos consumidores.

Estes aparelhos apresentam uma imprecisão inerente que varia com o tipo de medidor. Esta imprecisão pode ser aumentada em função dos seguintes fatores:

- Instalação inadequada;
- Descalibração do medidor;
- Dimensionamento inadequado, operando em baixas velocidades;
- Grande amplitude entre vazões máxima e mínima;
- Problemas na transmissão de dados quando se usa telemetria.

### b.2) Erros de Micromedição

Micromedição refere-se a medição do volume consumido pelos clientes da empresa monitorados nos hidrômetros. Os hidrômetros são instalados nos imóveis e ao longo dos anos perdem a sua precisão na ordem de 1%, e a vida útil para um hidrômetro que mede de 1,5 a 3,0 m<sup>3</sup>/hora gira em torno de 5 a 10 anos dependendo da qualidade da água, do tipo de hidrômetro e qualidade da instalação (COELHO, 2009).

### b.3) Gestão Comercial

Compreende todo o processo de leitura, faturamento e arrecadação das vendas de água tratada através do Sistema Comercial (COELHO, 2009).

Dentro deste processo alguns problemas podem ocorrer:

- Erros ou desatualização do Cadastro Comercial podendo deixar de gerar o faturamento ou gerar a menor em função da mudança do perfil de uso dos clientes. Exemplos: residencial / comercial, número de economias errado, novas ligações não cadastradas, etc.;
- Erros de Leitura do consumo de uso do cliente;
- Fraudes e ligações clandestinas.

### 3.2.2. Benefícios da Redução da Perda de Água

A ABES (2013) explicita os ganhos em se ter um processo contínuo de gerenciamento e redução de perdas. Com a redução das perdas físicas, a empresa pode produzir uma quantidade menor de água para abastecer a mesma quantidade de pessoas. Ao produzir uma quantidade menor de água, a operadora de saneamento reduz os custos com diversos itens, tais como:

- Produtos químicos;
- Energia elétrica;
- Compra de água bruta (nos casos em que há cobrança pelo uso da água);
- Mão de obra

Com a redução das perdas aparentes, decorrentes de fraudes nas ligações, consumo não faturado, falta de hidrômetros, problemas de medição, dentre outros, a principal consequência é o aumento do volume faturado e, conseqüentemente, da receita.

Além disso, a empresa pode postergar investimentos necessários para atender ao aumento da demanda decorrente do crescimento populacional. Entre aumentar a capacidade de produção de água e diminuir as perdas de água, a segunda alternativa será, em muitos casos, a mais adequada do ponto de vista econômico-financeiro e também ambiental. Com o aumento da eficiência na produção e distribuição de água, a mesma quantidade produzida atende mais pessoas.

Os ganhos com redução de perdas de água podem ter impactos em termos de receitas, custos e investimentos. Tais ganhos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Ganhos com redução de perdas de água

<b>Atividade</b>	<b>Perdas Aparentes</b>	<b>Perdas Reais</b>
Ganhos	Aumento de receita	Redução de Custos / postergação de Investimentos
Tipos de benefícios	Aumento do consumo medido e faturado	Menores custos com produtos químicos, energia e outros insumos; Diminuição da produção de água com o atendimento do mesmo número de pessoas; Atendimento de maior número de pessoas com a mesma quantidade reduzida.
Ações envolvidas	Troca de hidrômetros e medidores. Corte de ligações fraudulentas; Medição efetiva de todas economias (domiciliares, comercial e públicas); Melhora no cadastro.	Melhora do controle da pressão na rede; Melhora no controle e detecção de vazamentos; Melhoria e troca de tubulações, ligações, válvulas; Qualificação da mão de obra e melhoria dos materiais.

Fonte: ABES (2013)

Destaque-se ainda que há sinergias nas ações de redução de perdas de água e eficiência energética. A redução do índice de perdas leva à diminuição na necessidade de

produção de água que, por sua vez, faz com que a energia consumida na produção de água caia e assim ocorra uma redução nos custos de energia.

### 3.2.3. Indicadores de Perdas

Lambert (1998), descrevem e analisam os principais indicadores para avaliação de perdas reais bem como as perdas aparentes.

A perda é tradicionalmente expressa como percentual do volume de água que entra no sistema.

Este indicador não é considerado o mais adequado por favorecer empresas com alto consumo, baixa pressão e fornecimento intermitente. Entretanto, este é considerado com “indicador de shock” porque se o resultado é alto favorece um processo interno das empresas na busca de ações de redução de perda e a calcular o balanço hídrico. Este indicador também é usado para acompanhamento ano a ano do desempenho financeiro de uma empresa, mas neste caso deve ser expressado em valor e não em volume.

Assim, o índice de perda (IP) é calculado pela seguinte equação:

$$IP = (\text{Volume de Perda} / \text{Volume de entrada no sistema}) / 100\% \quad (02)$$

Outros indicadores para perdas reais são:

- Litros por ligação por dia (l/l/d);
- Litros por ligação por dia por metro de pressão;
- Litros por Quilometro de rede por dia (l/Km/d);
- Índice de Vazamento (IV).

No Quadro 4 são apresentados os indicadores baseado na *IWA's Performance Indicators Supply Services: IWA Manual of Best Practice*. Os indicadores são categorizados por função e nível, como definido na sequência:

- Nível 1 (básico) – o primeiro conjunto de indicadores que provê uma visão geral da eficiência e efetividade do negócio;
- Nível 2 (intermediário) – indicadores adicionais para prover um entendimento melhor;
- Nível 3 (detalhado) – indicadores mais detalhados mas que continuam sendo de interesse da alta gestão.

Quadro 4. Níveis de indicadores de perdas de água.

FUNÇÃO	NÍVEL	INDICADOR	OBS
Financeiro: Perda por volume	1 - (Básico)	Volume de Perda (% do Volume de Entrada)	Não é muito significativo
Operacional: Perdas Físicas	1 - (Básico)	Litros / ligação / dia ou Litros/ Km/dia (Somente para número de ligações < 20/km)	Melhor do indicadores mais simples. Bom para definir metas, mas inadequado para comparar sistemas.
Operacional: Perdas Físicas	2 Intermediário	Litros/ligação/dia/m pressão Ou Litros/ Km de rede/dia/m pressão (Somente para número de ligações < 20/km)	Fácil de calcular se IV (índice de vazamento) ainda não é conhecido. Adequado para comparar sistemas.
Financeiro: Perda por custo	3 - Detalhado	Valor da Perda (% do custo anual de operação)	Bom indicador financeiro
Operacional: Perdas Físicas	3 - Detalhado	Índice de Vazamento	Melhor indicador para comparação entre sistemas.

Fonte: Alegre, 2004.

O Índice de Vazamento (IV) é um indicador excelente para perdas físicas por levar em conta como a rede é gerenciada. A IWA que desenvolveu este índice, e a *American Water Works Association* (AWWA) recomendam este indicador. O IV é particularmente adequado para redes com baixas perdas, menor que 20%, onde é possível identificar áreas que ainda podem ser melhoradas (ALEGRE, 2004).

O IV é uma medida de quão bem uma rede de distribuição é gerenciada em relação ao gerenciamento de perdas na pressão de operação atual.

O IV é a taxa do Volume de Perda Física Anual Atual (VPFA) para o Mínimo Atingível de Perdas Físicas Anual (MAPF), conforme apresentado pela equação:

$$IV = VPFA / MAPF \quad (03)$$

A complexidade dos componentes da formula de MAPF foi convertida em um formato usando um valor de pressão para o uso prático, conforme apresentado na equação.

$$MAPF \text{ (litros/dia)} = (18 * TR + 0,8 * NL + 25 * RP) * P \quad (04)$$

Onde TR = tamanho da rede (km), NL = número de ligações, RP = somatório do tamanho de ramais de todas as ligações (km) e P = pressão média (mca).

A taxa entre VPFA e MAPF representa o quanto a empresa está gerenciando bem sua rede. Quando VPFA é igual a MAPF a empresa pode não necessariamente estar atingindo seu objetivo já que IV é um indicador de performance e não leva em consideração aspectos econômicos.

Na Tabela 01 é apresentada a classificação da performance técnica quanto ao sistema de abastecimento de água, sendo baseado no Índice de Vazamento (IV). Assim, as categorias de performance são divididas em países desenvolvidos e em desenvolvimento, sendo subdividida em quatro classes (A, B, C e D). Assim, a melhor performance é a classe A e a pior performance é a classe D.

Tabela 01. Classificação da performance técnica quanto ao sistema de abastecimento de água, sendo baseado no Índice de Vazamento (IV).

Categoria de Performance Técnica		IV (Índice de Vazamento)	Perdas Físicas (litros/ ligação / dia)				
			Pressão média do sistema				
			10 mca	20 mca	30 mca	40 mca	50 mca
PAÍSES DESENVOLVIDOS	A	1-2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	> 400	>500
PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	A	1-4	< 50	<100	< 150	<200	< 250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250 -500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	> 600	> 800	> 1000

Fonte, IWA, 2015.

### 3.2.4. Relação entre Pressão e Vazamentos

Como já foi dito existe uma relação direta entre a pressão e o surgimento de vazamentos e o volume de água perdida.

Zaniboni (2009) defende que caso seja economicamente viável, recomenda-se reduzir a pressão no sistema, com VPR (Válvulas Redutoras de Pressão) ou utilização de reservatórios, e como consequência reduzindo os vazamentos no setor. Também afirma que pesquisas apontam uma estreita relação entre a pressão média na rede e vazão do vazamento, conforme apresentado pela equação:

$$Q1 / Q2 = (p1/p2)^{n1} \quad (05)$$

em que:

Q1 = Volume de vazamento final (m<sup>3</sup>/dia)

Q2 = Volume de vazamento inicial (m<sup>3</sup>/dia)

p1 = Pressão final (mca)

p2 = Pressão inicial (mca)

n1 = coeficiente de relação pressão x vazamento, sendo adotado:

- 0,5 – seção de tudo que não se altera com o vazamento (ex.: tubos de ferro fundido e aço)

- 1,15 – para condições onde os materiais se misturam (PVC, aço, PEAD, etc.)

- 1,5 – para setores onde o tubo altera com vazamento (PVC e PEAD)

De modo geral, quanto mais rígido o tubo menor a dependência entre vazamentos e pressão.

Segundo Barroso (2005), a setorização da rede de distribuição constitui um dos fatores mais importantes para a correta operação do sistema, pois tem por objetivo manter a rede em faixas adequadas de pressões mínimas e máximas. Também apontam que o uso da VPR deve ser feito somente após estudos técnicos bem elaborados.

O princípio básico das válvulas redutoras é a manutenção de uma pressão fixa na sua saída. Em locais onde se verificam consideráveis variações de pressão decorrentes de perdas de carga no sistema torna-se interessante a utilização de controladores eletrônicos.

Há três tipos básicos de controle de pressão com a utilização de VPR:

- Pressão de saída fixa (VRP sem controlador) – usada em sistemas que não sofrem mudanças significativas de demanda e as perdas de carga são relativamente pequenas;
- Modulação por tempo – usada para controlar sistema com grande perda de carga porém de perfil regular de consumo. Assim, a válvula irá trabalhar com níveis de pressão de saída ajustadas no tempo;
- Modulação por vazão – é usada em sistemas que apresentam grande perda de carga e mudança no perfil de consumo que podem ser no uso, na sazonalidade ou na população.

### 3.2.5. Estratégia para Reduzir a Perda de Água

Lambert (1998), definem alguns passos para o efetivo estabelecimento de uma estratégia eficaz na busca da redução de perdas, sendo estas:

#### a) Estabelecer uma equipe para desenvolvimento da estratégia

A equipe de desenvolvimento de estratégia tem o objetivo de garantir que todos os componentes em relação a perdas estejam cobertos de forma viável e prática tanto nos requisitos técnicos quanto financeiros. Este time deve ter componentes da área operacional, incluindo produção, distribuição e atendimento ao cliente. Também deve incluir membros das áreas financeira, suprimentos e recursos humanos.

#### b) Definir metas apropriadas de redução

O time estratégico de gerenciamento de perdas (TEGP) deve definir metas de redução, levando em conta outros objetivos e políticas que podem complementar ou entrar em conflito com a redução da perda.

Frequentemente a meta é escolhida arbitrariamente, sem nenhuma consideração real em relação a custos ou se esta meta é factível. A definição da meta deve levar em consideração o custo da água que está sendo perdida versus os custos das ações de redução de perda.

Anjos (2011), ressalta que no caso de empresas em que a demanda por água é maior que a oferta, a comparação de viabilidade de implementação das ações de redução de perda deve ser feita contra o valor de venda da água recuperada neste processo.



c) Priorização dos componentes de redução da perda

Depois que a meta foi estabelecida, devem-se calcular o volume de água a ser recuperado pelas ações a serem implementadas para o atingimento da meta.

O volume de água a ser recuperado será usado para determinar o valor financeiro correspondente.

Em geral, se uma perda física é detectada e reparada, então o que se poupa será relativo a custos operacionais variáveis, e em casos que a demanda é maior que a procura este volume de água também retornará como receita. Quando uma perda comercial é detectada e resolvida, o crescimento da receita será imediata tendo como base a tarifa de venda. A tarifa de venda é sempre maior do que os custos operacionais variáveis, o que leva a concluir que para empresas em que a demanda não é maior que a produção as perdas comerciais devem ser priorizadas.

O Quadro 5 apresenta a relação de atividades que visam redução das perdas de água, relacionando os custos e os volumes recuperados.

Quadro 5. Relação de atividades que visam redução das perdas de água, relacionando os custos e os volumes recuperados.

		<b>CUSTO</b>		
		<b>ALTO</b>	<b>MÉDIO</b>	<b>BAIXO</b>
<b>VOLUME</b>	<b>ALTO</b>	- Vazamentos na rede de distribuição  - Vazamento nas conexões de serviço	Consumo não autorizado	Consumo medido não faturado
	<b>MÉDIO</b>	Substituir o hidrômetro do cliente	Erros na medição de consumo de clientes	Gerenciamento de Pressão
	<b>BAIXO</b>	Vazamento em reservatório	Consumo não medido e não faturado	Extravasamento de reservatórios

Fonte: Anjos (2011).

#### d) Premissas básicas: Conhecer, Localizar e Reparar (CLR)

Uma vez que a meta foi definida e que os diferentes componentes foram analisados para atingir a meta estabelecida, então atividades individuais serão identificadas. O desenvolvimento da estratégia deve ser baseada no conceito de Conhecer, Localizar e Reparar (CLR), conforme descrito na sequência (ANJOS, 2011):

- Tempo de conhecer – tempo requerido para que a empresa tome conhecimento de um vazamento.
- Tempo de localização – tempo requerido para localizar o vazamento;
- Tempo de reparo – tempo requerido para reparar o vazamento.

O volume de água perdida continua aumentando até que se tome conhecimento do problema, localize e repare. A nova estratégia deve assegurar que a empresa irá reduzir o tempo de tomar conhecimento, localizar e reparar para todos os componentes relativos a perda físicas ou comerciais.

### 3.3. SISTEMAS QUE OBTIVERAM SUCESSOS EM REDUÇÃO E COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA

Várias companhias de saneamento estão aplicando metodologias para combater e reduzir as perdas de água. Assim, destaca-se o procedimento denominado MASPP (Método de Análise e Solução de Problemas de Perdas) que é uma metodologia científica e prática que propicia a utilização das ferramentas da qualidade de forma ordenada e lógica, facilitando a análise de problemas, determinação de suas causas e eliminação das mesmas.

O caso de sucesso foi verificado no Município de Niterói, operado pela Concessionária do Grupo Águas do Brasil, Águas de Niterói. Com a Aplicação do MASPP (Método de Análise e Solução de Problemas de Perdas) a concessionária Águas de Niterói, dentro do que estabelecia seu Planejamento Estratégico, iniciou em 2005 a implantação do PROGRAMA PRODUZA (Produzir e Utilizar Água de maneira eficiente), com o objetivo de atingir metas de redução de perdas, através da redução do volume disponibilizado e do aumento do volume utilizado. Assim, deflagraram-se importantes ações na Gestão dos Processos Operação e Comercialização, ações estas consubstanciadas no Método MASPP. Após dois anos de ação o PRODUZA ostenta importantes melhorias, pois proporcionou pela via da redução do volume macromedido e pela via do aumento do volume

micromedido ganhos expressivos em rentabilidade, além de importantíssima preservação no uso de recursos naturais (ABES,2013).

Outro caso de sucesso com a implantação do MASPP foi verificado na Sanepar – Região Metropolitana de Curitiba. O planejamento estratégico da Sanepar estabeleceu metas audaciosas de redução de perdas, ensejando à Alta Administração da Sanepar a busca de metodologias que, somadas às ações em curso, permitissem a consecução de resultados esperados pelos acionistas da Sanepar e todas as demais partes interessadas (cliente, vizinhança, fornecedores, empregados, titular). Entre os principais resultados alcançados, destacam-se a redução de 2% no volume produzido e de 0,4% no volume micromedido (ABES,2013).

A Sabesp – Unidade de Gerenciamento Regional Santo Amaro – também possui sucesso com a implantação da Metodologia Six Sigma A metodologia Seis Sigma ou Six Sigma (em inglês) é um conjunto de práticas originalmente desenvolvidas pela Motorola para melhorar sistematicamente os processos ao eliminar defeitos. Considerando ser inovadora a aplicação do Six Sigma na operação de sistemas de água, estudaram-se todos os mais de cem (100) setores de abastecimento da Unidade de Negócio Sul da Sabesp Metropolitana, tendo-se recaído a escolha num determinado setor de abastecimento piloto, o Setor Americanópolis Zona Baixa 1. Após a implementação do Six, o indicador de perdas por ligação foi reduzido em mais de 30%, mantendo-se controlado, assegurado pela Central de Controle que realiza o controle estatístico dos processos de distribuição e de medição de consumos (ABES, 2013).

O contrato entre a Sabesp e a CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas, trouxe grandes inovações, principalmente na questão da remuneração por risco, além da estratégia de ataques a perdas reais, aparentes e a implantação do MASPP para a redução e controle das perdas de água no município de Maceió. As partes concordaram que o contrato teria um período de intervenções de 18 meses (até maio de 2011), sendo os investimentos totais da Sabesp previstos da ordem de R\$ 20.000.000,00. A Sabesp subcontratou uma série de serviços, permanecendo, porém, responsável perante a Casal pelo sucesso do programa e pela transferência de tecnologia. Dois profissionais da Sabesp foram transferidos para Maceió para coordenar as ações do contrato. A remuneração da Sabesp foi calculada com base no efetivo aumento de receitas experimentado pela Casal durante o período do contrato. A Sabesp fazia jus, nos três primeiros anos de contrato, a uma remuneração de 55% do acréscimo de receita e de 45% nos dois últimos anos de contrato, até que sua remuneração acumulada e reajustada chegasse ao valor total de R\$

25.008.392,00 (vinte e cinco milhões, oito mil e trezentos e noventa e dois reais) (“Valor Total Inicial”). A partir de então a Sabesp faria jus a 20% do acréscimo de receita até que sua remuneração acumulada reajustada chegasse ao Valor Total Inicial do Contrato acrescido de 20%. O contrato trouxe importantes resultados, dentre eles a regularização do abastecimento no Bairro de Benedito Bentes (área carente de Maceió) que, devido aos altos índices de perdas, impedia que mais água fosse distribuída para a orla, onde estão concentrados os grandes consumidores (p.ex. hotéis e restaurantes). A partir do momento em que foi possível disponibilizar um maior volume de água para a orla, a Casal pode atender os grandes consumidores, aumentando, assim seu faturamento. Além disso, esses consumidores abandonaram o fornecimento de água por caminhão pipa, cuja qualidade não é controlada e pode gerar riscos à saúde da população (ABES,2013).

#### 3.4. HISTÓRICO DE ATIVIDADES E AÇÕES RELACIONADAS A SERVIÇOS DE PERDAS DE ÁGUA

O histórico das pesquisas relacionadas as perdas de água está avançando tanto em nível nacional quanto em nível internacional, sendo apresentado na sequência um breve histórico referentes as evoluções das ações referentes às perdas de água (adaptado de LAMBERT,1998):

- 1800: medição de vazão pelo método pitométrico e pesquisa de vazamento com haste acústica de madeira em Chicago;
- 1930: Medição com hidrômetro;
- 1940: Geofone: pesquisa de vazamento com geofone mecânico;
- 1965: Geofones eletromecânicos (Ground MicroPhones);
- 1970: Pesquisa de vazamentos com correlacionadores de ruídos computadorizados na Inglaterra (WRC-Water Research Commission);
- 1978: Correlacionador de ruídos de vazamento (Leak Noise Correlator);
- 1980: Relatório 26: Redução de perdas físicas na Inglaterra (Leakage Policy and Practice);
- 1980: Manual M36: Auditoria de perdas nos EUA (AWWA);
- 1990: Geofonamento e Locação de rede-Conceitos e aplicação-SABESP;
- 1991: Revisão Manual: Copenhagen (IWA-International Water Association);

- 1992-1994: Conceito da estimativa de vazamentos inerentes e arrebatados (BABE-Bursts and Background Estimates);
- 1994: Controle de perdas- informes: Managing Leakage-Reports A to J WRC na Inglaterra;
- 1994-1998: Seção de descarga constante e variável na Inglaterra (Fixed and Variable Area Discharge:FAVAD);
- 1996-2000: Força-Tarefa: Introdução de terminologia padrão e melhores práticas para análise de índices de performance e perdas reais anuais inevitáveis-PRAI (Unavoidable annual real losses-UARL)-IWA;
- 2001: International Report na Alemanha-IWA;
- 2002: Princípios para cálculo do nível econômico de perdas:atualização da abordagem apresentada no Report A – Key principles in the economic level of leakage calculation referente aos informes da managing leakage (WRC);
- 2007: Força tarefa de perdas de água-Grupo de especialistas em eficiência operacional e gerenciamento-IWA;
- 1969: Brasil: PLANASA: Plano Nacional de Saneamento;
- 1980: Brasil (Rio de Janeiro): Seminário de macromedição;
- 1981: Brasil: Comissão Nacional de Controle de Perdas pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) que deu origem ao Plano Estadual de Controle de Perdas (PECOP) ;
- 1984: Brasil: PEDOP: Programa de Controle e Desenvolvimento da Operação;
- 1995: Brasil: SNIS: Sistema Nacional de Informações de Saneamento;
- 1997: PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água;
- 1999-2000: Brasil: Programa de Qualificação e Certificação em Detecção de Vazamentos Não-Visíveis de Líquidos sob Pressão (ABENDE-Associação Brasileira de Ensaio Não-Destrutivos e AESBE-Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais);
- 2002: Brasil: Recife: Seminário internacional sobre programas de redução e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água pela PMSS (Programa Modernização Setor Saneamento);
- 2007: Romênia: Força tarefa perdas de água-Grupo de especialistas em eficiência operacional e gerenciamento-IWA

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas:

- elaboração da base cadastral da rede de abastecimento de água do município de Votorantim;
- elaboração de estudo para delimitação da setorização da rede de distribuição de água;
- obtenção das vazões por processo pitométrico no sistema de abastecimento de água de Votorantim;
- dimensionamento dos macromedidores de vazão a serem implantados;
- elaboração do diagnóstico da micromedição existente;
- elaboração de propostas de ações visando melhorias no sistema com o intuito de reduzir as perdas de água;
- determinação das perdas atuais e metas a serem atingidas no horizonte de 20 anos.

Destaca-se que os dados utilizados no presente trabalho pertencem a Concessionária Águas de Votorantim (CAV) a qual é responsável pelo sistema de abastecimento de água do município durante o período de 2012 a 2042.

##### 4.1. ELABORAÇÃO DA BASE CADASTRAL DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE VOTORANTIM

O levantamento das informações da rede de distribuição de água foi realizado com os profissionais de campo e escritório da Concessionária Águas de Votorantim (CAV).

A Prefeitura de Votorantim possui um arquivo digital contendo as informações dos arruamentos, sendo que o extinto SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) possui plantas impressas de diversos locais do município contendo informações das redes de água. De posse destas informações foram realizadas visitas em campo para confirmar as informações existentes, bem como foram realizadas reuniões junto com os responsáveis pela manutenção do sistema de abastecimento de água do município visando validar as informações cadastrais.

Assim, para a elaboração do cadastro do sistema de abastecimento de água de Votorantim, foram realizadas a seguinte sequência de atividades:

- coleta das informações digitais e impressas existentes no setor de engenharia da Prefeitura e do extinto SAAE;
- realização de visitas iniciais em campo, bem como realização de reuniões junto com os técnicos da CAV para validar as informações cadastradas;
- formatação do cadastro incluindo escalas e cores apropriadas para serem impressos na escala 1:2.000;
- para finalizar foram realizadas visitas em campo para confirmação das informações cadastradas, bem como confirmação das unidades que compõem o sistema de abastecimento de água, tais como captações, ETAs, elevatórias e reservatórios. Também foram realizadas reuniões juntos aos profissionais responsáveis pelo sistema de distribuição de água, visando validar as informações cadastradas.

Desta forma foi possível realizar o mapeamento de rede de distribuição, e gerar um arquivo em software CAD, em escala 1:2.000, com arruamento, curva de nível, e contendo todas as unidades operacionais do sistema de abastecimento, tais como: captação, adutoras de água bruta e tratada, elevatórias, reservatórios e rede de distribuição.

#### 4.2. ELABORAÇÃO DE ESTUDO PARA SETORIZAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A rede de distribuição de Votorantim não está setorizada em zonas de pressão dificultando o controle do processo de distribuição de água.

Assim, o presente trabalho elaborou um estudo propondo a delimitação dos setores de distribuição de água, sendo adotadas as seguintes premissas:

- cada setor de abastecimento deverá ser definido pela área suprida por um reservatório de distribuição (apoiado, semi-enterrado ou enterrado), destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar adequadamente as pressões na rede;
- os setores de abastecimento foram considerados como setor clássico, ou seja, foram divididos em zonas de pressão, cujas pressões estática e dinâmica devem obedecer a limites prefixados, segundo a Norma Técnica NBR 12.218/1994 onde a pressão estática máxima nas tubulações não deve ultrapassar o valor de 500 kPa (50,0 mca), e a pressão dinâmica mínima, não deve ser inferior a 100 kPa (10,0 mca).

Desta forma, para o desenvolvimento desta atividade foi realizada análise de toda a rede de distribuição do Sistema de Abastecimento de Água, sendo consideradas as plantas

cadastrais, curvas de nível, diâmetros da rede de distribuição, pressões dinâmicas e estáticas em cada zona de abastecimento para a delimitação efetiva do setor.

Assim, foram realizadas as seguintes ações:

- a) Delimitação nas plantas cadastrais dos setores com suas respectivas zonas de pressão;
- b) Estimativa do número de ligações de cada setor delimitado, obtendo assim a vazão (demanda) de água pertinente a cada setor;
- c) Análise dos reservatórios de distribuição com as respectivas áreas de abrangência, referente às redes de distribuição;
- d) Cálculo das velocidades nas tubulações primárias que abastecem cada setor, diagnosticando se estas estão subdimensionadas.

Para calcular as vazões de água consumida em cada setor, foi adotado o índice de 3 habitantes por residência, o qual é o valor representativo atual para o município de Votorantim.

No presente trabalho considerou que o consumo de água deverá ser igual a 160 L/hab.dia, sendo também considerado que a perda atual é igual a 35%. Assim, com as perdas de água tem-se o índice adotado de 246,1 L/hab.dia (incluso o consumo de 160L/hab.dia mais perdas de 86,1L/hab.dia). Logo, as infra-estruturas tais como reservatórios e redes foram dimensionadas considerando estes valores.

Para o cálculo do volume do reservatório para atender o setor foi utilizado a seguinte equação (conforme recomendado na NBR 12217 - 1994):

$$Vol = \frac{Q_{DMC} \cdot 24}{3} \quad (6)$$

em que:

Vol = Volume de reservação necessária (m<sup>3</sup>);

Q<sub>DMC</sub> = vazão do dia de maior consumo (m<sup>3</sup>/h).

A vazão do dia de maior consumo (Q<sub>DMC</sub>) foi obtida pela seguinte equação.

$$Q_{DMC} = \frac{246,1 \left( \frac{L}{hab.dia} \right) \cdot Lig. \cdot 3 \left( \frac{hab}{lig} \right) \cdot 1,20}{86.400 \left( \frac{s}{dia} \right)} \quad (7)$$

em que:



- Lig = Número de ligações existentes no setor de abastecimento;  
 $Q_{DMC}$  = vazão do dia de maior consumo (L/s).

Observa-se que utilizado o índice de 1,20 para o coeficiente do dia de maior consumo. Para o cálculo da vazão da hora de maior consumo ( $Q_{HMC}$ ) foi adotado o coeficiente igual a 1,5, conforme pode ser observado na seguinte equação:

$$Q_{HMC} = \frac{246,1 \left( \frac{L}{hab.dia} \right) \cdot Lig \cdot 3 \left( \frac{hab}{lig} \right) \cdot 1,20 \cdot 1,50}{86.400 \left( \frac{s}{dia} \right)} \quad (8)$$

em que:

- $Q_{HMC}$  = vazão da hora de maior consumo (L/s).

Para verificar se a rede primária de abastecimento está subdimensionada, foi considerado o indicador ‘perda de carga por quilometro de rede’. Assim, tem-se para dimensionamento de projetos em sistemas de distribuição de água o limite máximo deste índice igual a 8,0 m/km, ou seja, caso a perda de carga por quilometro de rede for igual ou superior a 8,0m/km, recomenda-se a ampliação do diâmetro da tubulação.

$$h_f = \frac{10,64 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (9)$$

em que:

- $h_f$  = perda de carga (m);  
 $Q$  = vazão ( $m^3/s$ );  
 $C$  = coeficiente de perda de carga de Hazen-Williams;  
 $L$  = comprimento do trecho da tubulação (m); e  
 $D$  = diâmetro da tubulação (m).

Foi adotado o coeficiente de Hazen Willians igual a 130 para as redes de material PVC e 100 para as redes de material Ferro Fundido (FoFo) e Aço.

#### 4.3. OBTENÇÃO DAS VAZÕES POR PROCESSO PITOMÉTRICO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VOTORANTIM

Em todas as produções de água foram realizados monitoramento de vazão através

de processo pitométrico. Assim, foi possível obter as vazões de operação de cada unidade de produção. Desta forma foi possível estimar os seguintes índices:

- consumo per capita produzido (L/hab.dia); e
- volume produzido de água (m<sup>3</sup>/mês).

Para calcular o consumo per capita produzido no município de Votorantim, foi utilizada a seguinte equação:

$$q = \frac{V_{prod} \cdot 1000}{Pop \cdot 30} \quad (10)$$

em que:

- q = Consumo per capita produzido (L/hab.dia);
- V<sub>prod</sub> = Volume produzido de água mensal (m<sup>3</sup>/mês);
- Pop = Número de habitantes atendidos pelo sistema de abastecimento de água (habitantes).

Na sequência é apresentada a metodologia para realizar a medição de vazão por processo pitométrico. Destaca-se que no presente estudo, também foi utilizado o medidor de vazão ultrassônico portátil para realizar medições de vazões, somente nas situações em que não foi possível realizar a pitometria, tais como:

- quando o trecho da tubulação para realizar o ensaio não apresentava as distâncias recomendadas para realizar o processo de pitometria. Para realizar a pitometria recomendase que a tubulação tenha um trecho reto (sem interferências de peças especiais, tais como registros, curvas, Tês, cruzetas...) igual a 30 vezes o diâmetro do tubo; e
- quando o diâmetro da tubulação for inferior a 100mm, não é recomendado realizar o processo de medição por pitometria.

Na Figura 3 é apresentado a vista do macromedidor de vazão ultrassônico portátil utilizado no presente estudo para medições de vazões quando não foi possível realizar as medições pelo processo pitométrico.

#### 4.3.1. Procedimento para Medição de Vazão por Pitometria

A primeira atividade desenvolvida para a realização da pitometria foi a definição dos locais onde serão instaladas as Estações Pitométricas (EPs). Os pontos onde foram instaladas as Estações Pitométricas (EPs) seguiram os seguintes procedimentos:

Figura 3. Macromedidor de vazão portátil ultrassônico utilizado no presente trabalho.



Fonte: Autor, 2015.

- a localização de uma EP deve estar em média a uma distância equivalente a 10 diâmetros (da tubulação) a montante e 20 diâmetros (da tubulação) a jusante de qualquer singularidade na tubulação, tais como curvas, válvulas, etc. Este procedimento é para garantir o escoamento laminar do fluxo de água na tubulação; e

- verificar o material da tubulação, pois caso for de PVC ou DeFoFo deve-se colocar o acessório colar de tomada. Ressalta-se que o colar de tomada não se faz necessário para tubulações de PVC ou DeFoFo quando a pressão nestas for inferior a 15 mca.

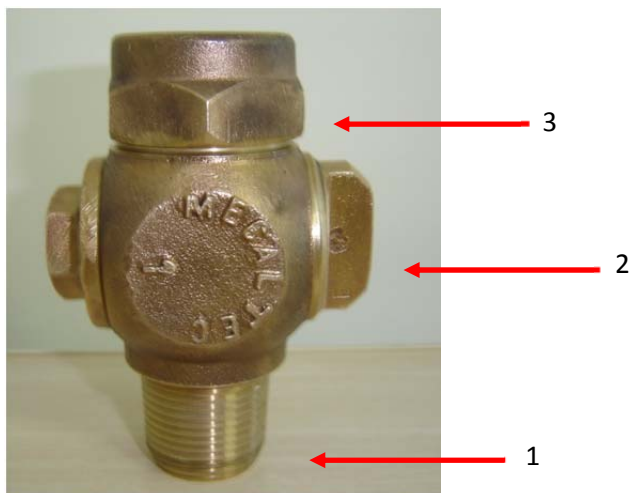
Na Figura 4 é apresentada vista de uma Estação Pitométrica (EP).

Na sequência é apresentado o procedimento utilizado para a implantação das EPs nas tubulações.

O procedimento de implantação das EPs apresenta uma grande vantagem, pois não necessita interromper o fluxo de água na tubulação para a sua instalação, ou seja, o procedimento é efetuado com a tubulação em carga.

A máquina utilizada para a colocação da EP na tubulação é denominada de Máquina Muller. Para colocar a máquina Muller na tubulação deve-se em primeiro lugar colocar um anel de borracha na base da máquina o qual tem como função vedar a passagem da água (Figura 5).

Figura 4. Estação Pitométrica (EP)



Fonte: Autor, 2015.

[Notas: (1) – rosca da EP que deve ser rosqueada na tubulação; (2) – orelha da EP que serve para abrir e fechar o contato externo com o interno da tubulação; (3) – tampa da EP que deve ser retirada no momento em que for realizar a pitometria]

Figura 5. Colocação do anel de borracha na tubulação.



Fonte: Autor, 2015.

Em cima do anel de borracha é colocado o suporte da máquina Muller (Figura 6) no qual entrará a broca e posteriormente a EP. Este suporte é fixado por uma corrente de metal que passa por baixo da tubulação e é preso com auxílio de braçadeiras ao lado do suporte.

Uma vez colocado o suporte é inserido a máquina Muller dentro deste (Figura 7), a qual na base possui um encaixe para colocar a broca (Figura 8) que fura (com rosca) a tubulação. Após colocar a máquina, contendo na base a broca, dentro do suporte é inserida uma catraca na parte superior da máquina (Figura 9) que por um sistema hidráulico ao ser

girada faz com que a broca fure a tubulação. Ao furar a tubulação é também feito simultaneamente a rosca neste furo, na qual será rosqueada a EP.

Figura 6. Colocação do suporte da máquina Muller.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 7. Colocação da máquina Muller no suporte.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 8. Broca encaixada na base da máquina Muller.



Fonte: Autor, 2015.



Figura 9. Perfuração da tubulação.



Fonte: Autor, 2015.

Após a perfuração da tubulação a máquina Muller é retirada do suporte e a broca é substituída por um copo no qual é encaixado EP (Figura 10). Vale ressaltar que neste momento em que a máquina é retirada do suporte não ocorre transbordamento de água, pois um dispositivo na base do suporte (flap) interrompe a passagem de água para dentro do suporte da máquina.

Figura 10. EP encaixado na base da máquina.



Fonte: Autor, 2015.

Após encaixar a EP na base da máquina, esta é inserida no suporte e novamente é encaixada a catraca na parte superior da máquina. Ao girar a catraca a EP vai sendo rosqueada na tubulação (Figura 11).

Figura 11. Momento em que a EP está sendo rosqueada na tubulação.



Fonte: Autor, 2015.

Como já citado anteriormente, existem diversos parâmetros hidráulicos que podem ser medidos em uma Estação Pitométrica. Desta forma, a seguir serão detalhados como se obtém estes parâmetros hidráulicos e a forma de interpretação dos mesmos.

#### - Medição do diâmetro real da tubulação

Para a medição do diâmetro real da tubulação foi utilizado o equipamento denominado Calibre. Este equipamento consiste de uma haste metálica que é adaptada na parte superior da EP através de rosca. Ao abrir a orelha da EP esta haste penetra dentro da tubulação, sendo inserido até o fim desta. Para medir o diâmetro real deve-se marcar através de uma referência o quanto a haste percorre do final do tubo até a sua parte superior. Ressalta-se que o Calibre possui uma pequena alavanca na sua parte inferior que é aberta após a sua inserção dentro do tubo. Esta alavanca que bate na parte superior da tubulação no momento em que se quer determinar o diâmetro real. Na Figura 12 é apresentado a ilustração de um Calibre inserido em uma EP.

#### - Obtenção do Perfil de Velocidade

Após a obtenção dos diâmetros reais das adutoras, foi colocado na tubulação, através da EP, o aparelho Pitot. Neste aparelho existem duas tomadas de pressão, sendo que em uma é medido a pressão dinâmica e estática enquanto que na outra tomada de pressão somente a estática. Desta forma o equipamento de Pitot mede diferencial de pressão. De posse deste diferencial de pressão, utilizando a fórmula de Bernoulli é possível estimar a velocidade do fluxo de água na posição em que o Pitot estiver inserido na tubulação. Sabe-se que o perfil da velocidade em líquidos newtoniano escoando sobre

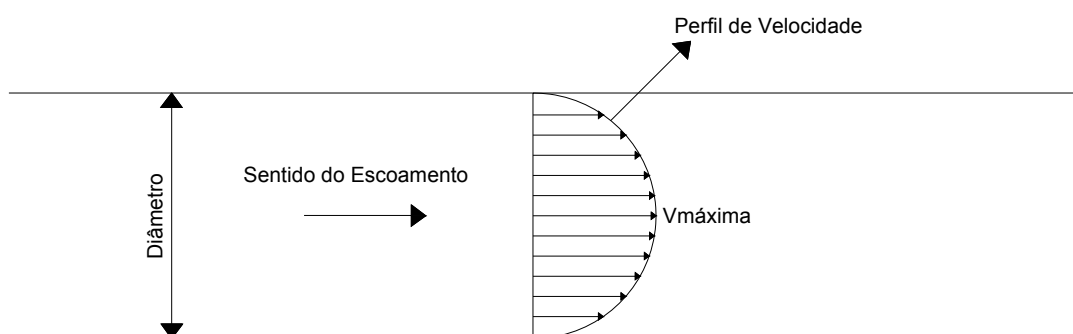
pressão em tubulações é uma parábola com o maior valor de velocidade no centro da tubulação. Assim, a velocidade do fluxo de água varia com o diâmetro da tubulação, tendendo a zero no contato líquido – sólido, ou seja, nas paredes do tubo. Na Figura 13 é apresentada a ilustração de um perfil de velocidade em uma tubulação com escoamento pressurizado, onde é possível observar que a velocidade é máxima no centro da tubulação e mínima nas paredes do tubo.

Figura 12. Medição do diâmetro real da adutora.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 13. Perfil da velocidade em tubulação com escoamento pressurizado.



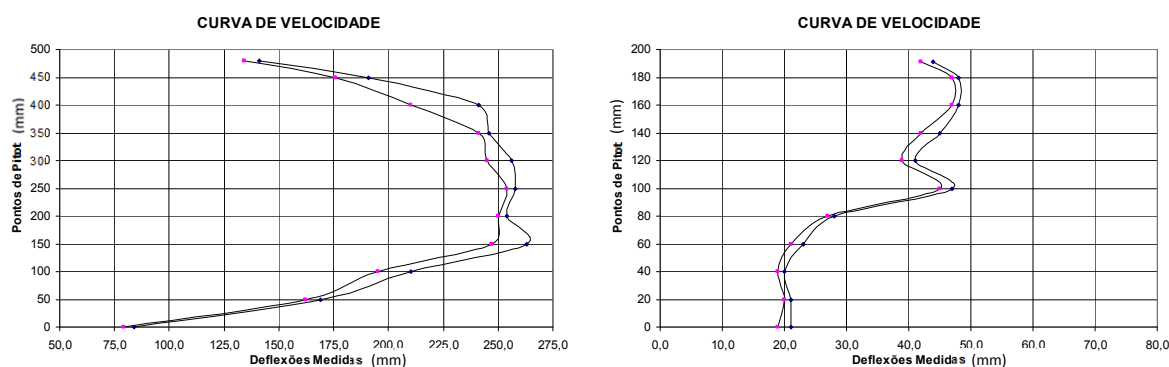
Fonte: Autor, 2015.



Como o tubo de Pitot mede o diferencial de pressão e conseqüentemente a velocidade na posição em que for colocado dentro da tubulação, é possível estimar a velocidade em vários pontos dentro da tubulação. Desta forma, o procedimento adotado é obter o perfil de velocidade do escoamento, ou seja, é medida a velocidade em dez (10) partes proporcionais do diâmetro do tubo, sendo a primeira medição efetuada na parte inferior da tubulação (contato líquido – sólido) e o restante subindo o Pitot a uma distância de 10% do diâmetro do tubo.

Quando o perfil de velocidade obtido não apresenta um perfil de uma parábola arredondada com o maior valor no centro, como por exemplo, um perfil de velocidade com parábola pontiaguda, ou o centro da parábola não apresentar a maior velocidade, ou a parábola não ter o formato homogêneo, significa sinal de incrustação na tubulação. Como exemplo é apresentado na Figura 14 dois perfis de velocidades obtidos em tubulações que possuem incrustações. Desta forma, verifica-se a contribuição que o perfil de velocidade oferece para o diagnóstico da condição física da tubulação.

Figura 14. Perfis de velocidades obtidos em tubulações que possuem incrustações.



Fonte: Autor, 2015.

Ressalta que para a obtenção do perfil de velocidade deve-se respeitar as distâncias recomendadas da EP em relação a qualquer singularidade na tubulação, tais como curvas, válvulas, pois deve-se garantir que o fluxo de água esteja na condição de escoamento laminar para proporcionar a interpretação correta dos dados.

De posse do perfil de velocidade é possível através de aplicação de processos matemáticos “teorema da média”, onde se aplica a integral da velocidade variando ao longo do diâmetro da tubulação, obter a velocidade média da tubulação.

#### - Obtenção da Vazão

Uma vez determinado a velocidade média da tubulação torna-se possível a obtenção da vazão de água na tubulação. Para tanto basta multiplicar a velocidade média pela área da seção transversal. Como o diâmetro real foi medido através do Calibre, tem-se a área real da seção transversal da tubulação.

No presente trabalho foi utilizado um equipamento que possui sensor de pressão e diferencial de pressão, bastando apenas inserir no equipamento as duas mangueiras que estão acopladas nas duas tomadas de pressão do tubo Pitot. Desta forma o equipamento mede no mesmo instante tanto a pressão como o diferencial de pressão existente na tubulação. De posse de um software “MDHidro 3.1 – Lamon” é possível descarregar os dados do equipamento, calculando a vazão no ponto monitorado. Tal equipamento também registra os dados (loggers) de pressão e diferencial de pressão. Desta forma também é possível obter dados de vazões ao longo do tempo (histograma) em diversos períodos pré definidos, principalmente nas redes de abastecimento que alimenta diretamente o consumo. Assim, com o histograma de vazão é possível fornecer subsídios para o entendimento de vários processos que estão ocorrendo na rede de distribuição, como por exemplo, vazões mínimas noturnas, máximas diárias e horárias. Este equipamento também permite aferir macromedidores de vazão bastando existir uma EP situada a montante ou a jusante do macromedidor, comparando o histograma destes dois.

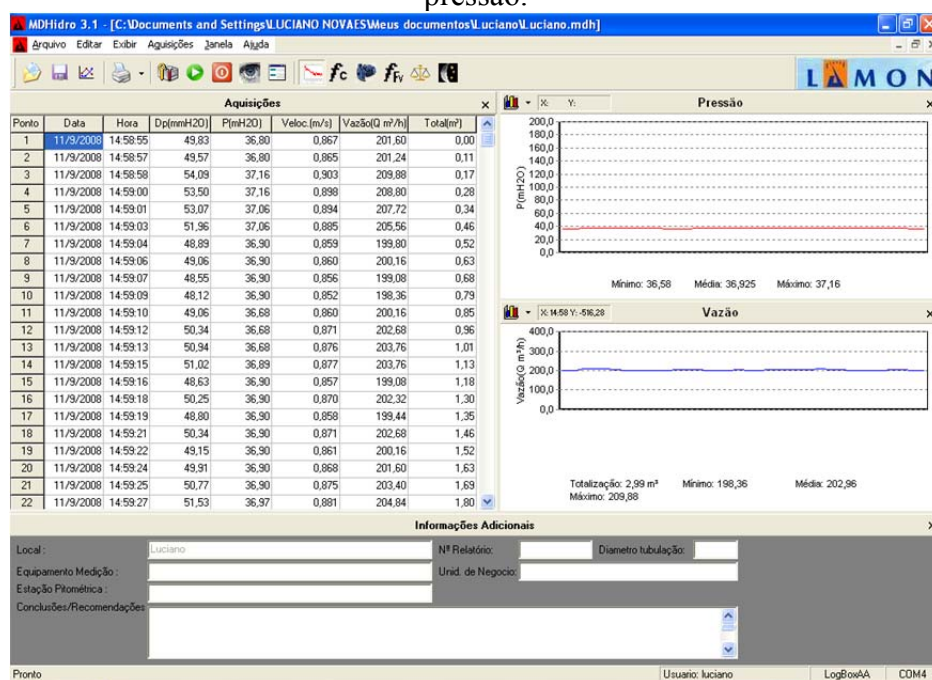
Na Figura 15 é apresentado fotografia do equipamento utilizado para medição de pressão e diferencial de pressão através do tubo de Pitot. Na Figura 16 é apresentado o Software MDHidro 3.1 – Lamon utilizado para obter os dados de vazão e pressão.

Figura 15. Equipamento utilizado na pitometria para obter dados de vazão e pressão.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 16. Software MDHidro 3.1 – Lamon utilizado para obter os dados de vazão e pressão.



Fonte: Autor, 2015.

#### 4.4. DIMENSIONAMENTO DOS MACROMEDIDORES DE VAZÃO COM TRANSMISSÃO DE DADOS POR TELEMETRIA

O projeto da macromedição de vazão elaborado no município de Votorantim foi baseado nos dados hidráulicos obtidos junto às medições de vazão obtidas por processo pitométrico, bem como pelas medições realizadas com o medidor ultrassônico.

Desta forma foram calculadas e apresentadas as velocidades mínimas, médias e máximas nas principais tubulações do sistema de abastecimento de água, para o dimensionamento correto dos macromedidores de vazão. Para velocidades inferiores a 0,3m/s não é recomendado a instalação de macromedidores de vazão. Assim, nestas situações deve ser reduzido o diâmetro do tubo visando aumentar a velocidade. No entanto, se deve atentar as perdas de cargas.

Assim, foi especificado um macromedidor para cada ponto onde existe a necessidade de implantação da medição de vazão, sendo estes:

- captação de água bruta;
- entradas dos setores de distribuição de água tratada.

Destaca-se que já existe implantado no município de Votorantim monitoramento via remota dos níveis dos reservatórios, sendo estes dados encaminhados até a Central de Comando Operacional (CCO) existente na CAV. Assim, recomenda-se que sejam implantadas a telemetria das informações a serem monitoradas nos macromedidores de vazão a serem instalados.

#### 4.5. DIAGNÓSTICO DA MICROMEDIÇÃO

Para a elaboração do diagnóstico do sistema de micromedição do município de Votorantim, foram realizados levantamento de campo e da base de informação existente no setor de cadastro da micromedição da Concessionária Águas de Votorantim (CAV). Assim, foram realizadas as seguintes ações:

- obtenção do relatório em planilhas digitais contendo os dados de cada hidrômetro do sistema de abastecimento de água, tais como: ano de instalação; endereço; consumo mensal dos últimos 12 meses; fabricante e modelo;
- separação dos hidrômetros instaladas a mais de cinco anos, pois segundo o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) os hidrômetros tendem a apresentar submedição após cinco anos de uso;
- separação dos hidrômetros que possuem marcação zero, visando solicitar aos fiscais da CAV para verificar se realmente no imóvel não possui moradores;
- verificação dos grandes consumidores (consumos mensais superiores a 50 m<sup>3</sup>), visando verificar se o dimensionamento dos equipamentos estão adequados.

Assim, foi possível elaborar proposição de melhorias para o sistema de micromedição, com o objetivo de reduzir a parcela de perdas de água através da redução e eliminação dos erros de medição e com isso resultar num desempenho relevante e eficiente para que a CAV venha a atingir as metas de redução de perdas de água.

Foram calculados os seguintes indicadores do sistema de micromedição:

- Indicador X;
- Curva de Permanência.

Na sequência são apresentados os procedimentos para o cálculo dos dois indicadores aplicados no sistema de abastecimento de água do município Votorantim.

#### 4.5.1. Indicador X

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) os hidrômetros precisam ser aferidos com no máximo cinco (05) anos de uso, pois estes perdem a precisão devido ao desgaste do rolamento do equipamento, comprometendo a leitura. Ressalta-se ainda que o volume medido passa a ser inferior ao real, ocasionando prejuízo financeiro para o sistema de abastecimento. Em muitos locais o custo para aferição se torna mais alto que a compra de um novo hidrômetro, sendo portanto preferível esta segunda opção para redução dos índices de sub-medição nos serviços de abastecimento de água.

No entanto, o tempo de aferição sugerida pelo INMETRO serve como parâmetro, porém não é conclusivo, pois o volume de água monitorado em dois hidrômetros durante os mesmos cinco anos de uso pode ser significativamente diferente, onde existe uma tendência de desgaste do rolamento do equipamento em que apresentou maiores leituras. Assim, o volume monitorado nos hidrômetros também deve ser considerado junto com o tempo de sua instalação, para que haja aferição ou troca do equipamento.

Nos sistemas de abastecimento de água, geralmente existe a necessidade de troca de hidrômetros de um determinado bairro ou setor do município. Desta forma, conforme descrito anteriormente deve-se levar em consideração a prioridade de troca dos hidrômetros que apresentam maiores consumos e tempos de instalação.

Desta forma, o “Indicador X” possui uma metodologia que visa obter um índice que direciona os locais prioritários para serem realizadas as troca dos hidrômetros. Tal índice varia de 0 a 10, sendo os locais que possuem maiores valores são aqueles em que necessitam ação prioritária na troca de hidrômetros. Na sequência está descrito a metodologia para o cálculo do referido índice.

$$X = \left[ \left( \frac{NHB}{NHC} \cdot 100 \right) \cdot 2 + \left( \frac{VMB}{VMC} \cdot 100 \right) \cdot 3 + \left( \frac{NHB5}{NHC} \cdot 100 \right) \cdot 5 \right] \quad (11)$$

$$\text{Índice} = \frac{10 \cdot X_{\text{bairro}}}{X_{\text{bairro.max}}} \quad (12)$$

em que:

- NHB = número de hidrômetros existentes no bairro;  
 NHC = número de hidrômetros existentes na cidade;

VMB	=	volume micromedido total no bairro
VMC	=	volume micromedido total na cidade
NHB5	=	número de hidrômetros instalados a mais de 5 anos no bairro
$X_{\text{bairro}}$	=	Índice proporcional calculado para o bairro
$X_{\text{bairro.max}}$	=	Índice máximo, ou seja, maior índice ( $X_{\text{bairro}}$ ) calculado para todos os bairros

Observa-se que o índice considera o número de hidrômetros existentes no bairro, o volume micromedido no bairro e o número de hidrômetros instalados a mais de 5 anos no bairro, sendo cada um destes parâmetros multiplicado por um peso para representar a importância em relação a prioridade nas trocas de hidrômetros. Assim, os pesos considerados foram:

- peso 5 – porcentagem da relação do número de hidrômetros instalados a mais de cinco anos no bairro pelo número de hidrômetros total do município;
- peso 3 – porcentagem da relação do volume micromedido no bairro pelo volume micromedido total na cidade;
- peso 2 – porcentagem da relação do número de hidrômetros instalados no bairro pelo número de hidrômetros instalados na cidade.

#### 4.5.2. Curva de Permanência

Para auxiliar nas análises dos dados da micromedicação, está sendo proposto o uso da curva de permanência do consumo por ligação no município, a qual se baseia na análise de frequência de ocorrência do consumo mensal por ligação de um determinado município. Desta forma, deve-se obter um intervalo de consumo mensal por ligação associada a ocorrência de ligações que possuem consumo neste intervalo. Assim, é possível descrever que tantos por centos das ligações possuem consumo mensal dentro de um intervalo.

Para o traçado da curva de permanência de um parâmetro a ser monitorado (neste caso o parâmetro é consumo micromedido mensal) deve-se organizar os dados em uma distribuição de frequência, bastando, para isso, definir os intervalos de classe em função da amplitude dos valores obtidos nas análises e pela associação de cada uma destas classes ao número de registros observados de valores em cada intervalo. Assim, o primeiro passo para a estimativa da curva de permanência é definir o intervalo das classes de frequências. Como sugestão recomenda-se 10 classes de frequência para a estimativa da curva. Como

existe no banco de dados uma grande variação na magnitude dos valores do consumo micromedido é recomendado o uso da escala logarítmica no cálculo de cada intervalo, o qual pode ser calculado pela seguinte equação:

$$\Delta X = \frac{[\ln(CM_{m\acute{a}x}) - \ln(CM_{m\acute{i}n})]}{n} \quad (13)$$

em que:

$\Delta X$  = intervalo de classe;

$CM_{m\acute{a}x}$  = consumo micromedido máximo do banco de dados;

$CM_{m\acute{i}n}$  = consumo micromedido mínimo do banco de dados; e

$N$  = número de intervalos escolhidos (recomenda-se 10).

Os limites dos intervalos de classe são calculados a partir do menor consumo micromedido ( $CM_{m\acute{i}n}$ ), adicionando-se a esta o intervalo calculado anteriormente, o que resulta no consumo micromedido do limite superior do intervalo  $i$ , e assim por diante.

$$CM_{i+1} = \exp[\ln(CM_i) + \Delta x] \quad (14)$$

Após o cálculo dos limites correspondentes a cada classe de frequência deve ser procedida, utilizando os valores do consumo micromedido do banco de dados, a determinação do número de registros observados de valores de consumo micromedido que se enquadra na classe de frequência obtida. A frequência ( $f_i$ ) associada a cada classe é calculada pela equação:

$$f_i = \frac{Nq_i}{NT} \cdot 100 \quad (15)$$

em que:

$Nq_i$  = número de registros de valores de consumo micromedido em cada intervalo; e

$NT$  = número total de dados de consumo micromedido.

De posse da frequência associada a cada classe é calculada a frequência acumulada, ou seja, acumulam-se as frequências de cada classe no sentido de menor consumo micromedido para maior. Para plotar a curva de permanência utiliza-se as frequências

acumuladas como abscissa e os valores de consumo micromedido correspondente aos limites inferiores do intervalo de classe como ordenadas.

#### 4.6. ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE AÇÕES VISANDO MELHORIAS NO SISTEMA COM O INTUITO DE REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA

Conforme descrito nos itens anteriores, foram elaboradas diversas atividades que visam contribuir para o controle e redução das perdas de água no sistema de abastecimento do município de Votorantim, tais como:

- elaboração do cadastro do sistema de abastecimento;
- delimitação dos setores de distribuição de água;
- monitoramento das vazões por processo pitométrico;
- dimensionamento dos macromedidores de vazão a serem instalados;
- proposição de readequação dos hidrômetros e propostas de procedimentos no sistema de gerenciamento da micromedição.

Assim, neste tópico serão apresentadas outras propostas de ações que visam a redução das perdas de água no município de Votorantim, sendo estas:

- realização de pesquisas de vazamentos não visíveis no sistema de abastecimento de água;
- criação de um departamento de combate às perdas de água na CAV (Concessionária Águas de Votorantim).

Para tanto foram apresentados os procedimentos necessários para executar estas ações.

#### 4.7. DETERMINAÇÃO DAS PERDAS ATUAIS E METAS A SEREM ATINGIDAS NO HORIZONTE DE 20 ANOS.

Os indicadores de perdas de água calculados no presente trabalho foram:

- Índice de Perda na Distribuição (IPD);
- Índice de Perda de Faturamento (IPF);
- Índice Linear Bruto de Perda (ILB);
- Índice de Perda por Ligação (IPL);



- Índice Linear de Perda Física (ILF);
- Índice de Perda Física na Distribuição (PFD).

Na sequência é apresentado as equações utilizadas para os cálculos destes indicadores de perdas.

#### 4.7.1. Índice de Perda na Distribuição (IPD)

Relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado pela equação:

$$IPD = \frac{VD - VU}{VD} \cdot 100 \quad (16)$$

VD = volume disponibilizado (m<sup>3</sup>); e

VU = volume utilizado (m<sup>3</sup>).

#### 4.7.2 Índice de Perda de Faturamento (IPF)

Relaciona a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado pela equação:

$$IPF = \frac{VD - VF}{VD} \cdot 100 \quad (17)$$

VD = volume disponibilizado (m<sup>3</sup>); e

VF = volume faturado (m<sup>3</sup>).

#### 4.7.3. Índice Linear Bruto de Perda (ILB)

Relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e o volume utilizado à extensão parcial da rede pela equação:

$$ILB = \frac{VD - VU}{EP \cdot ND} \cdot 100 \quad (18)$$

VD = volume disponibilizado (m<sup>3</sup>);

VU = volume utilizado (m<sup>3</sup>);

- EP = extensão parcial da rede (km); e  
 ND = número de dias (dia).

#### 4.7.4. Índice de Perda por Ligações (IPL)

Relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e o volume utilizado ao número de ligações ativas.

$$IPL = \frac{VD - VU}{LA \cdot ND} \cdot 100 \quad (19)$$

- VD = volume disponibilizado (m<sup>3</sup>);  
 VU = volume utilizado (m<sup>3</sup>);  
 LA = número de ligações ativas (unidades); e  
 ND = número de dias (dia).

#### 4.7.5. Índice de Perda Física na Distribuição (PFD)

Relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD).

$$PFD = \frac{VD - VFU}{VD} \cdot 100 \quad (20)$$

- VD = volume disponibilizado (m<sup>3</sup>); e  
 VFU = volume fisicamente utilizado (m<sup>3</sup>).

#### 4.7.6. Índice Linear de Perda Física (ILF)

Relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume fisicamente utilizado distribuído pela extensão total da rede.

$$ILF = \frac{VD - VFU}{ET \cdot ND} \quad (21)$$

- VD = volume disponibilizado (m<sup>3</sup>);  
 VFU = volume fisicamente utilizado (m<sup>3</sup>);

ET = extensão total da rede (km); e

ND = número de dias (dia).

#### 4.7.7. Definição das Metas a Serem Implantadas

Após os cálculos das perdas totais do sistema de distribuição de água do município de Votorantim, foi estipulada uma meta para ser atingida no horizonte de 20 anos de perdas de água no sistema de Votorantim. Assim, foi gerado um cronograma físico de ações a serem executadas no horizonte de 20 anos visando atingir as metas dos índices de perdas definidas no presente trabalho.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ELABORAÇÃO DO CADASTRO TÉCNICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento de água do município de Votorantim possui as seguintes infra-estruturas:

- 04 Estações de Tratamento de Água (ETA), sendo estas denominadas ETA Central ; ETA Votex ; ETA Votocel ; ETA Novo Mundo;
- 01 Poço situado no bairro isolado denominado Bairro dos Morros;
- 32 reservatórios de distribuição;
- aproximadamente 500 km de adutoras e redes de distribuição de diversos diâmetros e materiais.

Todas estas infra-estruturas existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim foram cadastradas em software CAD no presente trabalho. Assim, o cadastro técnico do sistema de abastecimento de água de Votorantim possui as seguintes informações: diâmetro da rede ; material da rede ; peças especiais (registros, curvas, Tês, cruzetas...); conjuntos motor-bombas, unidades do sistema (Estações Elevatórias de Água Bruta, Estações Elevatórias de Água Tratada, Estações de Tratamento de Água, Poço e Reservatórios). No Anexo 01 (digital) é apresentado o cadastro em formato digital na escala 1:2.000 de todo o município de Votorantim.

Nas Figuras 17 a 20 são apresentadas vistas de parte do cadastro do sistema de abastecimento elaborado para o município de Votorantim.

Na Tabela 02 é apresentada a relação de reservatórios existentes no sistema de distribuição de água do município de Votorantim. Observa-se que existem 32 reservatórios distribuídos em diversas partes do município de Votorantim.

Na Figura 21 é apresentada a localização dos referidos reservatórios de água tratada, bem como a localização das Estações de Tratamento de Água existentes no município de Votorantim.

Atualmente a ETA Central opera com vazão igual a 225 L/s, a ETA Votocel com 60 L/s, a ETA Votex com 89 L/s, a ETA Novo Mundo com 36 L/s e o poço do bairro dos Morros com 2,2 L/s.

Figura 17. Vista de parte do cadastro do sistema de abastecimento de água elaborado.



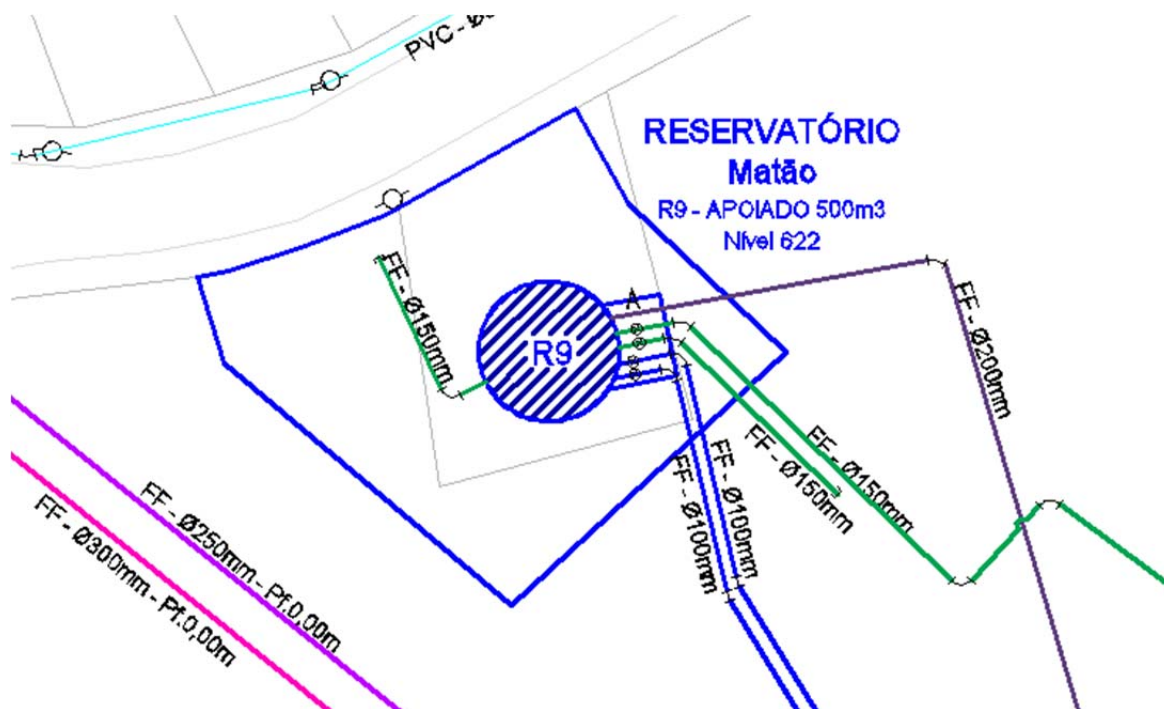
Fonte: Autor, 2015.

Figura 18. Cadastro elaborado das infraestruturas existentes no sistema de abastecimento do município de Votorantim – Reservatório Serrano.



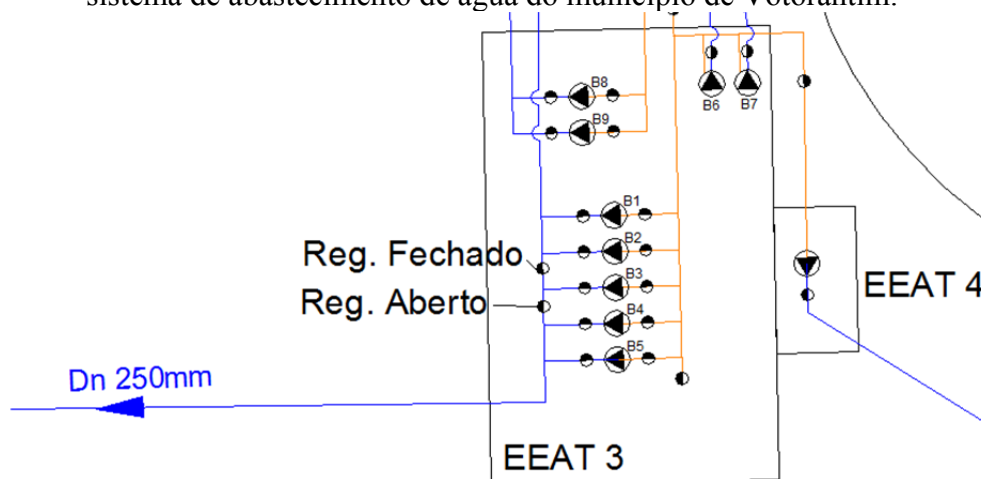
Fonte: Autor, 2015.

Figura 19. Cadastro elaborado das infraestruturas existentes no sistema de abastecimento do município de Votorantim – Reservatório Matão.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 20. Cadastro das Estações Elevatórias de Água Tratada (EEAT 3 e 4) existentes no sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.



Fonte: Autor, 2015.

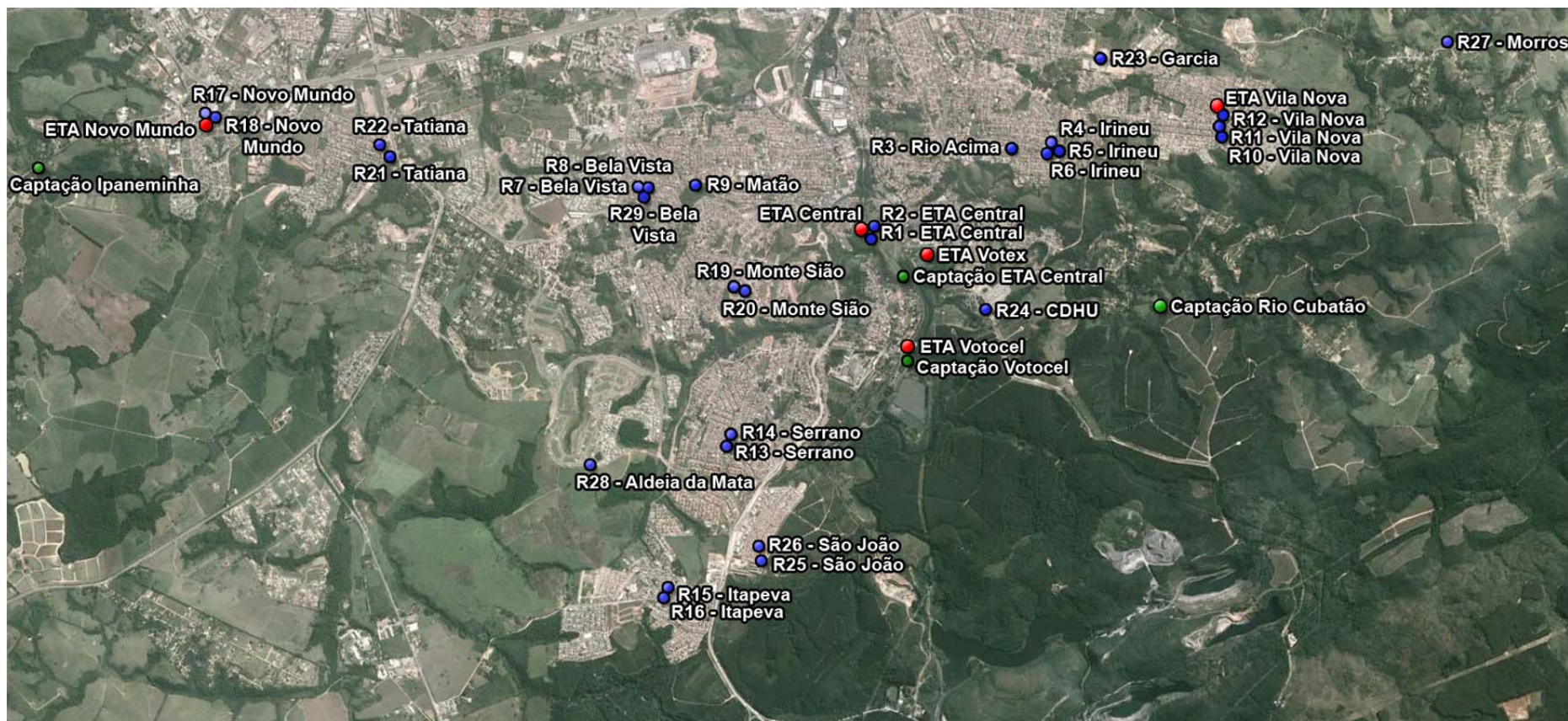
Tabela 02. Reservatórios existentes no sistema de distribuição de água do município de Votorantim.

Local	Identificação	Capacidade (m <sup>3</sup> )	Altura (m)	Tipo
RIO ACIMA	R3	500	6,0	Apoiado - Concreto
VILA IRINEU	R4	500	4,0	Apoiado - Concreto
	R5	500	5,0	Apoiado - Concreto
	R6	200	22,0	Elevado - Concreto
VILA GARCIA	R23	500	5,0	Apoiado - Concreto
SANTO ANTONIO	R24	500	5,0	Apoiado - Concreto
MONTE SIÃO	R19	500	4,0	Apoiado - Concreto
	R20	200	21,0	Elevado - Concreto
MATÃO	R9	500	4,0	Apoiado - Concreto
ITAPEVA	R15	500	5,5	Apoiado - Concreto
	R16	200	21,0	Elevado - Concreto
	NOVO	500	5,5	Apoiado - Metálico
PARQUE BELA VISTA	R7	500	4,0	Apoiado - Concreto
	R8	200	25,0	Elevado - Concreto
	R29	1.500	6,0	Apoiado - Concreto
TATIANA	R21	800	4,0	Enterrado - Concreto
	R22	200	21,0	Elevado - Concreto
SERRANO	R13	500	4,0	Apoiado - Concreto
	R14	200	23,0	Elevado - Concreto
PARQUE SÃO JOÃO	R25	1.000	5,0	Apoiado - Concreto
	R26	200	21,0	Elevado - Concreto
BAIRRO DOS MORROS	R27	100	21,0	Elevado - Concreto
ALDEIA DA MATA	R28	200	20,0	Elevado - Concreto
VILA NOVA	R10	350	6,0	Apoiado - Concreto
	R11	200	23,0	Elevado - Concreto
	R12	550	3,0	Semi-enterrado - Concreto
NOVO MUNDO	R17	350	4,5	Semi-enterrado - Concreto
	R18	200	23,0	Elevado - Concreto
ETA CENTRAL	R1	2.000	5,0	Apoiado - Concreto
	R2	800	5,0	Enterrado - Concreto
	NOVO	500	5,0	Apoiado - Metálico
	NOVO	500	5,0	Apoiado - Metálico

Fonte: Autor, 2015.



Figura 21. Localização das Estações de Tratamento de Água e Reservatórios existentes no Município de Votorantim.



Fonte: Autor, 2015.



De posse do cadastro elaborado foi possível quantificar os comprimentos de redes existentes no município de Votorantim, conforme apresentado na Tabela 03. Verifica-se que existem redes de material Cimento Amianto (CA), o qual tende a apresentar vazamentos ao longo do tempo. Assim, está sendo previsto a substituição desta rede nos próximos anos no município de Votorantim.

Tabela 03. Redes existentes do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

Diâmetro (mm)	Material	Comprimento (m)
85	PVC	342,91
75	FoFo	73,12
75	PVC	23.202,78
65	PVC	144,31
40	PVC	416,94
38	PVC	70,91
32	PVC	331,35
32	PEAD	88,39
25	FoFo	720,01
25	PVC	2.073,92
20	PVC	389,55
100	CA	375,00
100	FoFo	6.334,97
100	PVC	39.437,53
600	FoFo	386,26
400	FoFo	1.699,00
400	DEFoFo	1.256,19
300	FoFo	7.330,11
300	DEFoFo	6.664,91
250	FoFo	8.190,64
250	DEFoFo	9.106,66
150	FoFo	6.152,56
150	DEFoFo	17.725,35
150	PEAD	8.792,58
150	PVC	7.429,68
200	CA	2.148,81
200	DEFoFo	7.210,89
200	FoFo	14.390,36
200	PVC	363,34
125	FoFo	1.035,34
50	PVC	326.627,28
50	FoFo	982,70
50	PEAD	18,41
	<b>TOTAL</b>	<b>501.512,76</b>

## 5.2. ESTUDO PARA SETORIZAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A rede de distribuição de água de Votorantim não está setorizada em zonas de pressão. Assim, está sendo proposto a implantação física de 30 setores de distribuição de água, conforme apresentado na Tabela 04.

Na Figura 22 é apresentada a delimitação dos setores de distribuição de água do município de Votorantim que está sendo proposto para ser implantado.

Tabela 04. Setores de Distribuição de Água do Município de Votorantim – SP.

Número do Setor	Nome do Setor	Número de Ligações
01	R1 – Gravidade – 01	1050
02	R1 – Gravidade – 02	291
03	R1 – Bombeado Dominginhos	2.774
04	R3 – Gravidade Rio Acima	666
05	R5 – Gravidade Vila Irineu – Apoiado	1.097
06	R2 – Vila Amorim – Bombeado	646
07	R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado	641
08	R10 – Vila Nova – Elevado	2.016
09	R12 – Vila Nova – Apoiado	890
10	R23 – Vila Garcia	2.348
11	R9 – Matão	528
12	R20 – Monte Sião – Elevado	439
13	R19 – Monte Sião – Apoiado	2.198
14	R08 – Bela Vista – Elevado	1.528
15	R07 – Bela Vista – Apoiado	991
16	R29 – Bela Vista – Booster	2.791
17	R24 – CDHU (Santo Antônio)	1.383
18	R14 – Jardim Serrano – Elevado	1.674
19	R13 – Jardim Serrano – Apoiado	997
20	R26 – Parque São João - Elevado	932
21	R25 – Parque São João – Apoiado	286
22	R16 – Itapeva – Elevado	3.326
23	R15 – Itapeva – Apoiado	100
24	R28 – Aldeia da Mata	454
25	R30 – Alpha Ville	846
26	R21 – Tatiana – Elevado	1.260
27	R22 – Tatiana – Semi-Enterrado	801
28	R18 – Novo Mundo – Elevado	1.223
29	R17 – Novo Mundo - Apoiado	497
30	R27 – Bairro dos Morros - Apoiado	94

Fonte: Autor, 2015.

Figura 22. Delimitação dos setores de distribuição de água do município de Votorantim.



Fonte: Autor, 2015

## 5.2.1. Setor 01 – R1 – Gravidade – 01

Na Tabela 05 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 01 – R1 – Gravidade – 01 do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 300mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R1 situado na ETA Central do município.

Tabela 05. Setor 01 – R1 – Gravidade – 01 do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	1050
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	8,97
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	10,77
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	16,15
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	14,36
Diâmetro Rede Primária (mm)	300
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,23
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,36
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	615,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	610,00
Cota Máxima do Setor (m)	583,00
Cota Mínima do Setor (m)	560,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	310,15

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R1 é igual a 2.000 m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente os setores 01, 02 e 03. Assim, conforme apresentado na Tabela 2 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 01 é igual a 310,15 m<sup>3</sup>. A análise da capacidade de reservação deverá ser realizada integrada junto com os setores 02 e 03, os quais serão descritos na sequência.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,36 m/km, valor este significativamente inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo a rede que abastece o setor atende com folga as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar a rede primária.

## 5.2.2. Setor 02 – R1 – Gravidade – 02

Na Tabela 06 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 02 – R1 – Gravidade – 02 do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 300mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R1 situado na ETA Central do município.

Tabela 06. Setor 02 – R1 – Gravidade – 02 do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	291
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	2,49
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	2,98
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	4,48
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	3,98
Diâmetro Rede Primária (mm)	300
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,06
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,03
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	615,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	610,00
Cota Máxima do Setor (m)	580,00
Cota Mínima do Setor (m)	558,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	85,96

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R1 é igual a 2.000 m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente os setores 01, 02 e 03. Assim, conforme apresentado na Tabela 3 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 02 é igual a 85,96 m<sup>3</sup>. A análise da capacidade de reservação deverá ser realizada integrada junto com os setores 01 e 03, os quais serão descritos na sequência.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,03 m/km, valor este significativamente inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo a rede que abastece o setor atende com folga as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar a rede primária.

### 5.2.3. Setor 03 - R2 – Bombeado Dominginhos

Na Tabela 07 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 03 – R1 – Bombeado Dominginhos do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 250mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda pelo sistema de recalque existente no reservatório apoiado R1 situado na ETA Central do município.

Tabela 07. Setor 03 – R1 – Bombeado Dominginhos do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	2.774
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	23,71
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	28,45
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	42,68
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	37,94
Diâmetro Rede Primária (mm)	250
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,87
Perda de carga na rede primária* (m/km)	5,31
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	686,30
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	672,90
Cota Máxima do Setor (m)	633,00
Cota Mínima do Setor (m)	573,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	819,40

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R1 é igual a 2.000 m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente os setores 01, 02 e 03. Assim, conforme apresentado na Tabela 4 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 03 é igual a 819,40 m<sup>3</sup>. Como este reservatório atende os setores 01, 02 e 03, sendo verificado que as capacidades de reservação necessárias para atender os setores são iguais a 310,15m<sup>3</sup>, 85,96 m<sup>3</sup> e 819,40m<sup>3</sup>, respectivamente, totalizando um valor de 1.215,51m<sup>3</sup>, verifica-se que a capacidade do R1 (2.000 m<sup>3</sup>) é superior a capacidade requerida. Desta forma, não há necessidade de aumentar a capacidade requerida para atender estes setores.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 5,31 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo a rede que abastece o setor atende as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar a rede primária.

#### 5.2.4. Setor 04 - R3 – Gravidade Rio Acima

Na Tabela 08 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 04 - R3 – Gravidade Rio Acima do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 250mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R3 denominado Rio Acima.

Tabela 08. Setor 04 - R3 – Gravidade Rio Acima do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	666
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	5,69
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	6,83
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	10,25
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	9,11
Diâmetro Rede Primária (mm)	250
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,21
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,38
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	661,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	655,00
Cota Máxima do Setor (m)	647,00
Cota Mínima do Setor (m)	612,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	196,73

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R3 é igual a 500 m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente o setor 04. Assim, conforme apresentado na Tabela 5 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 04 é igual a 196,73 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (500m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,38 m/km, valor este significativamente inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo a rede que abastece o setor atende com folga as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar a rede primária.

#### 5.2.5. Setor 05 - R5 – Gravidade Vila Irineu – Apoiado

Na Tabela 09 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 05 - R5 – Gravidade Vila Irineu – 01 – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 150mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R5 situado no centro de reservação Vila Irineu.

Tabela 09. Setor 05 - R5 – Gravidade Vila Irineu – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	1.097
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	9,38
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	11,25
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	16,88
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	15,00
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,96
Perda de carga na rede primária* (m/km)	11,48
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	687,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	682,00
Cota Máxima do Setor (m)	672,00
Cota Mínima do Setor (m)	620,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	324,04

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R5 é igual a 500 m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente o setor 05. Assim, conforme apresentado na Tabela 6 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 05 é igual a 324,04 m<sup>3</sup>, ou seja,



inferior a capacidade existente ( $500\text{m}^3$ ) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 11,48 m/km, valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, recomenda-se a implantação de outra rede paralela a esta de diâmetro 150mm para abastecer o referido setor.

#### 5.2.6. Setor 06 – R1 –Vila Amorim – Bombeado

Na Tabela 10 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 06 – R1 – Vila Amorim – Bombeado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 100mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por recalque do reservatório apoiado R1 situado na ETA Central.

Tabela 10. Setor 06- R1 –Vila Amorim – Bombeado – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	646
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	5,52
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	6,63
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	9,94
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	8,83
Diâmetro Rede Primária (mm)	100
Velocidade na rede primária* (m/s)	1,27
Perda de carga na rede primária* (m/km)	31,04
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	650,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	645,00
Cota Máxima do Setor (m)	629,00
Cota Mínima do Setor (m)	604,00
Volume Reservação Necessário ( $\text{m}^3$ )	190,82

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Atualmente este setor não possui reservatório que abastece por gravidade, sendo a distribuição realizada através de recalque direto para a rede. Desta forma, está sendo

proposto a construção de um reservatório de capacidade igual a 200m<sup>3</sup> para atender o setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 31,04 m/km, valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, recomenda-se a implantação de uma rede de diâmetro 200mm para abastecer o referido setor, ou seja, a rede que sairá do reservatório a ser implantado deverá ser de diâmetro 200mm.

#### 5.2.7. Setor 07 – R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado

Na Tabela 11 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 07 – R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R6 situado no centro de reservação Vila Irineu.

Tabela 11. Setor 07 – R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	641
Q <sub>média</sub> (L/s)	5,48
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	6,57
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	9,86
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	8,77
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,31
Perda de carga na rede primária* (m/km)	1,05
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	708,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	698,00
Cota Máxima do Setor (m)	688,00
Cota Mínima do Setor (m)	645,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	189,34

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R6 é igual a 200 m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente o setor 07. Assim, conforme apresentado na Tabela 8 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 07 é igual a 189,34 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 1,04 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de implantar outra rede para abastecer o referido setor.

#### 5.2.8. Setor 08 – R10 – Vila Nova – Elevado

Na Tabela 12 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 08 – R10 – Vila Nova – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R10 situado no centro de reservação Vila Nova.

Tabela 12. Setor 08 – R10 – Vila Nova – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	2.016
Q <sub>média</sub> (L/s)	17,23
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	20,68
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	31,02
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	27,57
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,99
Perda de carga na rede primária* (m/km)	8,72
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	720,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	714,00
Cota Máxima do Setor (m)	700,00
Cota Mínima do Setor (m)	658,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	595,50

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R10 é igual a  $350 \text{ m}^3$ , sendo que também existe o reservatório semi-enterrado no local de capacidade igual a  $550 \text{ m}^3$ , o qual é responsável por recalcar água para o reservatório R10. Assim, a capacidade de reservação para este setor é igual a  $900 \text{ m}^3$ .

Assim, conforme apresentado na Tabela 12 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 08 é igual a  $595,50 \text{ m}^3$ , ou seja, inferior a capacidade existente ( $900 \text{ m}^3$ ) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $8,72 \text{ m/km}$ , valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, como não haverá ampliação de novos empreendimentos imobiliários para serem atendidos por este reservatório, não recomenda-se a ampliação da rede primária, pois o valor do índice de perda de carga por quilometro de rede está pouco superior do limite recomendado.

#### 5.2.9. Setor 09 – R12 – Vila Nova – Apoiado

Na Tabela 13 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 09 – R12 – Vila Nova – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 300mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R12 situado no centro de reservação Vila Nova.

A capacidade de reservação do R12 é igual a  $200 \text{ m}^3$ , sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente o setor 09. Assim, conforme apresentado na Tabela 13 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 09 é igual a  $262,89 \text{ m}^3$ , ou seja, superior a capacidade existente ( $200 \text{ m}^3$ ), sendo portanto recomendado a ampliação da capacidade de reservação em mais  $100 \text{ m}^3$ .

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $0,27 \text{ m/km}$ , valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, não há necessidade de implantar outra rede para abastecer o referido setor.

Tabela 13. Setor 09 – R12 – Vila Nova – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	890
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	7,61
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	9,13
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	13,69
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	12,17
Diâmetro Rede Primária (mm)	300
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,19
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,27
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	705,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	702,00
Cota Máxima do Setor (m)	694,00
Cota Mínima do Setor (m)	661,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	262,89

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

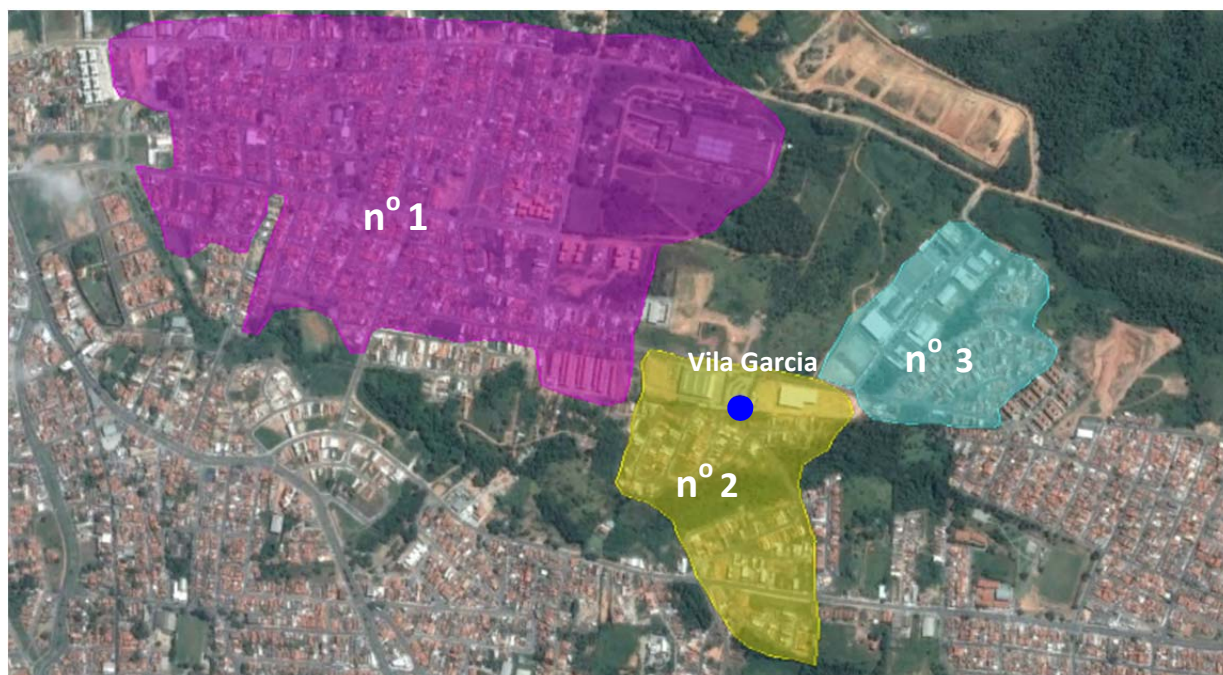
#### 5.2.10. Setor 10 – R23 – Vila Garcia

O reservatório Vila Garcia (R23) possui uma capacidade de reservação igual a 500 m<sup>3</sup>, sendo do tipo apoiado de concreto armado. Atualmente, existem três saídas, sendo todas de diâmetro 200 mm, que abastecem três regiões distintas, conforme apresentado na Figura 23. A região n<sup>o</sup>. 01 possui aproximadamente 1.674 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro 200mm.

Já a região n<sup>o</sup>. 02 possui aproximadamente 372 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro 200mm, enquanto que a região n<sup>o</sup>. 03 possui 302 ligações e também é abastecida por uma rede de diâmetro 200 mm.

Nas Tabelas 14 a 16 são apresentados os parâmetros hidráulicos e físicos das regiões pertencentes ao setor de distribuição denominado Setor 10 – R23 – Vila Garcia do município de Votorantim.

Figura 23. Áreas atendidas pelo reservatório Vila Garcia.



Fonte: Autor, 2015.

Tabela 14. Setor 10 – R23 – Vila Garcia (Região nº. 1) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

Parâmetro	Valor
Número de Ligações	1.674
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	14,31
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	17,17
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	25,75
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	22,89
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,82
Perda de carga na rede primária* (m/km)	6,18
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	694,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	689,00
Cota Máxima do Setor (m)	682,00
Cota Mínima do Setor (m)	601,00
Volume Reservação Necessário (m³)	494,47

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Tabela 15. Setor 10 – R23 – Vila Garcia (Região n<sup>o</sup>. 2) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	372
Q <sub>média</sub> (L/s)	3,18
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	3,82
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	5,72
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	5,09
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,18
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,38
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	694,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	689,00
Cota Máxima do Setor (m)	682,00
Cota Mínima do Setor (m)	653,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	109,88

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Tabela 16. Setor 10 – R23 – Vila Garcia (Região n<sup>o</sup>. 3) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	302
Q <sub>média</sub> (L/s)	2,58
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	3,10
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	4,65
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	4,13
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,15
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,26
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	694,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	689,00
Cota Máxima do Setor (m)	682,00
Cota Mínima do Setor (m)	641,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	89,21

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R23 é igual a  $500 \text{ m}^3$ , sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente os três sub-setores (regiões 01, 02 e 03). Assim, conforme apresentado nas Tabelas 14 a 16 as capacidades requerida de reservação para atender os setores são iguais a  $494,47 \text{ m}^3$ ,  $109,88 \text{ m}^3$  e  $89,21 \text{ m}^3$ , respectivamente, totalizando um valor de  $693,56 \text{ m}^3$ . Verifica-se que a capacidade do R23 ( $500 \text{ m}^3$ ) é inferior a capacidade requerida para atender os três sub-setores. Desta forma, há necessidade de aumentar a capacidade requerida para atender este setor em mais  $200 \text{ m}^3$ .

Os índices de perda de carga por quilometro de rede nas tubulações que abastecem os três sub-setores são inferiores ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo as redes que abastecem os três sub-setores atendem as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar as redes primárias.

#### 5.2.11. Setor 11 – R9 – Matão

Na Tabela 17 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 11 – R9 – Matão do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R9 (Matão).

Tabela 17. Setor 11 – R9 – Matão do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	528
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	4,51
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	5,42
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	8,12
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	7,22
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,26
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,73
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	626,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	622,00
Cota Máxima do Setor (m)	615,00
Cota Mínima do Setor (m)	575,00
Volume Reservação Necessário ( $\text{m}^3$ )	155,96

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.



Assim, conforme apresentado na Tabela 14 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 11 é igual a  $155,96 \text{ m}^3$ , ou seja, inferior a capacidade existente ( $500 \text{ m}^3$ ) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $0,73 \text{ m/km}$ , valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

#### 5.2.12. Setor 12 – R20 – Monte Sião – Elevado

Na Tabela 18 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 12 – R20 – Monte Sião – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R19 situado no centro de reservação Monte Sião.

Tabela 18. Setor 12 – R20 – Monte Sião – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	439
$Q_{\text{média}} \text{ (L/s)}$	3,75
$Q_{\text{DMC}} \text{ (L/s)}$	4,50
$Q_{\text{HMC}} \text{ (L/s)}$	6,75
$Q_{\text{Prod.}} \text{ (L/s)}$	6,00
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,21
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,52
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	685,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	674,00
Cota Máxima do Setor (m)	661,00
Cota Mínima do Setor (m)	614,00
Volume Reservação Necessário ( $\text{m}^3$ )	129,67

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 18 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 12 é igual a 129,67 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,52 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

### 5.2.13. Setor 13 – R19 – Monte Sião – Apoiado

Na Tabela 19 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 13 – R19 – Monte Sião – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R20 situado no centro de reservação Monte Sião.

Tabela 19. Setor 13 – R19 – Monte Sião – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	2.198
Q <sub>média</sub> (L/s)	18,79
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	22,54
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	33,82
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	30,06
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	1,08
Perda de carga na rede primária* (m/km)	10,23
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	665,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	661,00
Cota Máxima do Setor (m)	653,00
Cota Mínima do Setor (m)	605,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	649,26

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 19 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 13 é igual a  $649,26 \text{ m}^3$ , ou seja, superior a capacidade existente ( $500 \text{ m}^3$ ) havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor em mais  $150 \text{ m}^3$ .

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $10,23 \text{ m/km}$ , valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, recomenda-se que a rede primária seja ampliada em mais uma rede de diâmetro  $200 \text{ mm}$ .

#### 5.2.14. Setor 14 – R08 – Bela Vista – Elevado

Na Tabela 20 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 14 – R08 – Bela Vista – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro  $150 \text{ mm}$  e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R8 situado no centro de reservação Bela Vista.

Tabela 20. Setor 14 – R08 – Bela Vista – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	1.528
$Q_{\text{média}} \text{ (L/s)}$	13,06
$Q_{\text{DMC}} \text{ (L/s)}$	15,67
$Q_{\text{HMC}} \text{ (L/s)}$	23,51
$Q_{\text{Prod.}} \text{ (L/s)}$	20,90
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	1,33
Perda de carga na rede primária* (m/km)	21,19
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	686,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	671,00
Cota Máxima do Setor (m)	663,00
Cota Mínima do Setor (m)	623,00
Volume Reservação Necessário ( $\text{m}^3$ )	451,35

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 20 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 14 é igual a  $451,35 \text{ m}^3$ , ou seja, superior a capacidade existente ( $200 \text{ m}^3$ ). No entanto o reservatório R07 possui capacidade igual a  $500 \text{ m}^3$ , sendo que este reservatório que abastece o reservatório R08 através de um sistema de recalque. Logo, somando a capacidade de reservação dos dois reservatórios é igual a  $700 \text{ m}^3$ , portanto superior a capacidade requerida do setor que é igual a  $451,35 \text{ m}^3$ . Desta forma, não há necessidade de ampliar a capacidade de reservação deste setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $21,19 \text{ m/km}$ , valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, recomenda-se que a rede primária seja ampliada em mais uma rede de diâmetro  $200 \text{ mm}$ .

#### 5.2.15. Setor 15 – R07 – Bela Vista – Apoiado

Na Tabela 21 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 15 – R07 – Bela Vista – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro  $250 \text{ mm}$  e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R7 situado no centro de reservação Bela Vista.

Conforme apresentado na Tabela 21 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 15 é igual a  $292,73 \text{ m}^3$ , ou seja, inferior a capacidade existente ( $500 \text{ m}^3$ ) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $0,79 \text{ m/km}$ , valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

#### 5.2.16. Setor 16 – R29 – Bela Vista – Booster

Na Tabela 22 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 16 – R29 – Bela Vista – Booster do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro  $200 \text{ mm}$  e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por recalque do reservatório apoiado R29 situado no centro de reservação Bela Vista.

Tabela 21. Setor 15 – R07 – Bela Vista – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	991
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	8,47
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	10,16
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	15,25
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	13,55
Diâmetro Rede Primária (mm)	250
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,31
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,79
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	662,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	658,00
Cota Máxima do Setor (m)	652,00
Cota Mínima do Setor (m)	595,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	292,73

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Tabela 22. Setor 16 – R29 – Bela Vista – Booster do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	2.791
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	23,85
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	28,63
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	42,94
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	38,17
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	1,37
Perda de carga na rede primária* (m/km)	15,91
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	698,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	692,00
Cota Máxima do Setor (m)	669,00
Cota Mínima do Setor (m)	613,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	824,42

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 22 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 16 é igual a  $824,42 \text{ m}^3$ , ou seja, inferior a capacidade existente ( $1.500 \text{ m}^3$ ) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $15,91 \text{ m/km}$ , valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, recomenda-se ampliar a rede primária que atende o respectivo setor em mais uma rede de diâmetro  $200 \text{ mm}$ .

#### 5.2.17. Setor 17 – R24 – CDHU (Santo Antônio)

O reservatório CDHU (R24) possui uma capacidade de reservação igual a  $500 \text{ m}^3$ , sendo do tipo apoiado de concreto armado. Atualmente, existem três saídas, que abastecem três regiões distintas, conforme apresentado na Figura 24. A região n.º. 01 possui aproximadamente 887 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro  $150 \text{ mm}$  por gravidade.

Já a região n.º. 02 possui aproximadamente 96 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro  $100 \text{ mm}$  por gravidade, enquanto que a região n.º. 03 possui 442 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro  $50 \text{ mm}$  vinda por recalque.

Nas Tabelas 23 a 25 são apresentados os parâmetros hidráulicos e físicos das regiões pertencentes ao setor de distribuição denominado Setor 17 – R24 – CDHU (Santo Antônio) do município de Votorantim.

A capacidade de reservação do R24 é igual a  $500 \text{ m}^3$ , sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente os três sub-setores (regiões 01, 02 e 03). Assim, conforme apresentado nas Tabelas 20 a 22 as capacidades requerida de reservação para atender os setores são iguais a  $262,01 \text{ m}^3$ ,  $87,43 \text{ m}^3$  e  $59,08 \text{ m}^3$ , respectivamente, totalizando um valor de  $408,52 \text{ m}^3$ . Verifica-se que a capacidade do R24 ( $500 \text{ m}^3$ ) é superior a capacidade requerida para atender os três sub-setores. Desta forma, não há necessidade de aumentar a capacidade requerida para atender este setor.

Os índices de perda de carga por quilometro de rede nas tubulações que abastecem dois sub-setores (n.º. 01 e 02) são inferiores ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo as redes que abastecem estes dois sub-setores atendem as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar as redes primárias. No entanto, para o sub-setor n.º. 03 há necessidade de ampliar a rede primária pois o índice foi igual a  $103,75 \text{ m/km}$ , sendo recomendado implantar uma rede de diâmetro  $100 \text{ mm}$ .

Figura 24. Áreas atendidas pelo reservatório CDHU.



Fonte: Autor, 2015.

Tabela 23. Setor 17 – R24 – CDHU (Região n.º. 1) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	887
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	7,58
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	9,10
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	13,65
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	12,13
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,43
Perda de carga na rede primária* (m/km)	1,91
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	652,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	647,00
Cota Máxima do Setor (m)	631,00
Cota Mínima do Setor (m)	564,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	262,01

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Tabela 24. Setor 17 – R24 – CDHU (Região n<sup>o</sup>. 2) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	296
Q <sub>média</sub> (L/s)	2,53
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	3,04
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	4,55
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	4,05
Diâmetro Rede Primária (mm)	100
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,58
Perda de carga na rede primária* (m/km)	7,33
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	652,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	647,00
Cota Máxima do Setor (m)	640,00
Cota Mínima do Setor (m)	624,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	87,43

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Tabela 25. Setor 17 – R24 – CDHU (Região n<sup>o</sup>. 3) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	200
Q <sub>média</sub> (L/s)	1,71
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	2,05
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	3,08
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	2,74
Diâmetro Rede Primária (mm)	50
Velocidade na rede primária* (m/s)	1,57
Perda de carga na rede primária* (m/km)	103,75
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	667,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	662,00
Cota Máxima do Setor (m)	651,00
Cota Mínima do Setor (m)	619,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	59,08

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.



## 5.2.18. Setor 18 – R14 – Jardim Serrano – Elevado

Na Tabela 26 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 18 – R14 – Jardim Serrano – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R14 situado no centro de reservação Serrano.

Tabela 26. Setor 18 – R14 – Jardim Serrano – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	1.674
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	14,31
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	17,17
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	25,75
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	22,89
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,82
Perda de carga na rede primária* (m/km)	6,18
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	669,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	656,00
Cota Máxima do Setor (m)	649,00
Cota Mínima do Setor (m)	620,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	494,47

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 26 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 18 é igual a 494,47 m<sup>3</sup>, ou seja, superior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>). No entanto o reservatório R13 possui capacidade igual a 500m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório que abastece o reservatório R14 através de um sistema de recalque. Logo, somando a capacidade de reservação dos dois reservatórios é igual a 700m<sup>3</sup>, portanto superior a capacidade requerida do setor que é igual a 494,47 m<sup>3</sup>. Desta forma, não há necessidade de ampliar a capacidade de reservação deste setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 6,18 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor.

#### 5.2.19. Setor 19 – R13 – Jardim Serrano – Apoiado

Na Tabela 27 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 18 – R13 – Jardim Serrano – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R13 situado no centro de reservação Serrano.

Tabela 27. Setor 19 – R13 – Jardim Serrano – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	997
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	8,52
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	10,23
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	15,34
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	13,63
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,49
Perda de carga na rede primária* (m/km)	2,37
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	646,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	642,00
Cota Máxima do Setor (m)	632,00
Cota Mínima do Setor (m)	592,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	294,50

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 27 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 19 é igual a 294,50 m<sup>3</sup>. Conforme descrito anteriormente, o centro de reservação do Serrano abastece dois setores (zona alta e zona baixa), sendo necessário uma capacidade de reservação igual a 789 m<sup>3</sup> (294,5+494,5), ou seja, superior a capacidade existente (700m<sup>3</sup> = 500 + 200), havendo necessidade de implantar novo reservatório para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 2,37 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

#### 5.2.20. Setor 20 – R26 – Parque São João - Elevado

Na Tabela 28 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 20 – R26 – Parque São João - Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R26 situado no centro de reservação Parque São João.

Tabela 28. Setor 20 – R26 – Parque São João - Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	932
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	7,97
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	9,56
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	14,34
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	12,75
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,46
Perda de carga na rede primária* (m/km)	2,09
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	682,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	671,00
Cota Máxima do Setor (m)	662,00
Cota Mínima do Setor (m)	643,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	275,30

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 28 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 20 é igual a 275,30 m<sup>3</sup>, ou seja, superior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>). No entanto o reservatório R25 possui capacidade igual a 1.000m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório que abastece o reservatório R26 através de um sistema de recalque. Logo, somando a capacidade de reservação dos dois reservatórios é igual a 1.200m<sup>3</sup>, portanto

superior a capacidade requerida do setor que é igual a 275,30 m<sup>3</sup>. Desta forma, não há necessidade de ampliar a capacidade de reservação deste setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 2,09 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor.

#### 5.2.21. Setor 21 – R25 – Parque São João – Apoiado

Na Tabela 29 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 21 – R25 – Parque São João – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 400mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R25 situado no centro de reservação Parque São João.

Tabela 29. Setor 21 – R25 – Parque São João - Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	286
Q <sub>média</sub> (L/s)	2,44
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	2,93
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	4,40
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	3,91
Diâmetro Rede Primária (mm)	400
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,04
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,01
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	664,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	659,00
Cota Máxima do Setor (m)	650,00
Cota Mínima do Setor (m)	629,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	84,48

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 29 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 21 é igual a 84,50 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (1.000m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,01 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

#### 5.2.22. Setor 22 – R16 – Itapeva – Elevado

Na Tabela 30 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 22 – R16 – Itapeva – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 150mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R16 situado no centro de reservação Itapeva.

Tabela 30. Setor 22 – R16 – Itapeva – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	3.326
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	28,43
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	34,11
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	51,17
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	45,48
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	2,90
Perda de carga na rede primária* (m/km)	89,34
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	687,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	676,00
Cota Máxima do Setor (m)	670,00
Cota Mínima do Setor (m)	612,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	982,45

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 30 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 22 é igual a 982,45 m<sup>3</sup>, ou seja, superior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>). No entanto o reservatório R15, junto com o novo reservatório recentemente construído, possuem juntos capacidades igual a 1.000m<sup>3</sup>, sendo que estes reservatórios que abastecem o reservatório R16 através de um sistema de recalque. Logo, somando a capacidade de

reservação dos três reservatórios é igual a  $1.200\text{m}^3$ , portanto superior a capacidade requerida do setor que é igual a  $982,45\text{m}^3$ . Desta forma, não há necessidade de ampliar a capacidade de reservação deste setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $89,34\text{ m/km}$ , valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0\text{ m/km}$ . Logo, há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor em mais uma rede de diâmetro 200mm.

### 5.2.23. Setor 23 – R15 – Itapeva – Apoiado

Na Tabela 31 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 23 – R15 – Itapeva – Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R15 situado no centro de reservação Itapeva.

Tabela 31. Setor 23 – R15 – Itapeva – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	100
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	0,85
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	1,03
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	1,54
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	1,37
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,05
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,03
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	666,50
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	661,00
Cota Máxima do Setor (m)	657,00
Cota Mínima do Setor (m)	619,00
Volume Reservação Necessário ( $\text{m}^3$ )	29,54

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

A capacidade de reservação do R15 é igual a 500 m<sup>3</sup>, sendo implantado recentemente mais um reservatório de capacidade igual a 500m<sup>3</sup> que opera em vaso comunicante com o reservatório R15. Assim, a capacidade total é igual a 1.000 m<sup>3</sup>.

Conforme apresentado na Tabela 31 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 23 é igual a 29,54 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (1.000m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,03 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

#### 5.2.24. Setor 24 – R28 – Aldeia da Mata

Na Tabela 32 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 24 – R28 – Aldeia da Mata do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 200mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R28 (Aldeia da Mata).

Tabela 32. Setor 24 – R28 – Aldeia da Mata – Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	454
Q <sub>média</sub> (L/s)	3,88
Q <sub>DMC</sub> (L/s)	4,66
Q <sub>HMC</sub> (L/s)	6,98
Q <sub>Prod.</sub> (L/s)	6,21
Diâmetro Rede Primária (mm)	200
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,22
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,55
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	679,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	671,00
Cota Máxima do Setor (m)	663,00
Cota Mínima do Setor (m)	610,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	134,10

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Conforme apresentado na Tabela 32 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 24 é igual a  $134,10 \text{ m}^3$ , ou seja, inferior a capacidade existente ( $200\text{m}^3$ ) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a  $0,55 \text{ m/km}$ , valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

#### 5.2.25. Setor 25 – R30 – AlphaVille

O reservatório do Condomínio Alphaville (R30) possui uma capacidade de reservação igual a  $1.000 \text{ m}^3$ , sendo do tipo semi-enterrado de concreto armado. Atualmente, existem duas saídas, que abastecem duas regiões distintas, conforme apresentado na Figura 25. A região nº. 01 possui aproximadamente 94 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro 100mm por recalque.

Já a região nº. 02 possui aproximadamente 752 ligações sendo abastecida por uma rede de diâmetro 300mm por gravidade.

Nas Tabelas 33 e 34 são apresentados os parâmetros hidráulicos e físicos das regiões pertencentes ao setor de distribuição denominado Setor 17 – R24 – CDHU (Santo Antônio) do município de Votorantim.

A capacidade de reservação do R30 é igual a  $1.000 \text{ m}^3$ , sendo que este reservatório terá a função de abastecer diretamente os dois sub-setores (regiões 01 e 02). Assim, conforme apresentado nas Tabelas 33 e 34 as capacidades requerida de reservação para atender os setores são iguais a  $27,77\text{m}^3$  e  $222,13\text{m}^3$ , respectivamente, totalizando um valor de  $249,9\text{m}^3$ . Verifica-se que a capacidade do R30 ( $1.000 \text{ m}^3$ ) é superior a capacidade requerida para atender os dois sub-setores. Desta forma, não há necessidade de aumentar a capacidade requerida para atender este setor.

Os índices de perda de carga por quilometro de rede nas tubulações que abastecem dois sub-setores (nº. 01 e 02) são inferiores ao máximo estabelecido que é igual a  $8,0 \text{ m/km}$ . Logo as redes que abastecem estes dois sub-setores atendem as vazões máximas a serem distribuídas, não havendo necessidade de ampliar as redes primárias.



Figura 25. Áreas atendidas pelo reservatório do Alphaville.



Fonte: Autor, 2015.

Tabela 33. Setor 25 – R30 – AlphaVille (Região n.º. 01) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	94
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	0,80
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	0,96
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	1,45
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	1,29
Diâmetro Rede Primária (mm)	100
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,18
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,88
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	684,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	684,00
Cota Máxima do Setor (m)	670,00
Cota Mínima do Setor (m)	660,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	27,77

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

Tabela 34. Setor 25 – R30 – AlphaVille (Região n.º. 02) do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	752
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	6,43
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	7,71
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	11,57
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	10,28
Diâmetro Rede Primária (mm)	300
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,16
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,20
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	669,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	664,00
Cota Máxima do Setor (m)	655,00
Cota Mínima do Setor (m)	618,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	222,13

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

#### 5.2.26. Setor 26 – R21 – Tatiana – Elevado

Na Tabela 35 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 26 – R21 – Tatiana – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 150mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R21 situado no centro de reservação Tatiana.

Conforme apresentado na Tabela 35 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 26 é igual a 372,18 m<sup>3</sup>, ou seja, superior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>). No entanto o reservatório R22 possui capacidade igual a 500m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório que abastece o reservatório R21 através de um sistema de recalque. Logo, somando a capacidade de reservação dos dois reservatórios é igual a 700m<sup>3</sup>, portanto superior a capacidade requerida do setor que é igual a 372,18 m<sup>3</sup>. Desta forma, não há necessidade de ampliar a capacidade de reservação deste setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 14,83 m/km, valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor, sendo recomendado uma rede de diâmetro 150mm.

Tabela 35. Setor 26 – R21 – Tatiana – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	1.260
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	10,77
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	12,92
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	19,38
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	17,23
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	1,10
Perda de carga na rede primária* (m/km)	14,83
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	672,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	668,00
Cota Máxima do Setor (m)	660,00
Cota Mínima do Setor (m)	604,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	372,18

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

#### 5.2.27. Setor 27 – R22 – Tatiana – Semi-Enterrado

Na Tabela 36 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 27 – R22 – Tatiana – Semi-Enterrado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 150mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório semi-enterrado R22 situado no centro de reservação Tatiana.

Na Tabela 36 é apresentado que a capacidade requerida de reservação para atender o setor 27 é igual a 236,60 m<sup>3</sup>. Conforme descrito anteriormente, o centro de reservação do Tatiana abastece dois setores (zona alta e zona baixa), sendo necessário uma capacidade de reservação igual a 608,8 m<sup>3</sup> (236,6+372,2), ou seja, inferior a capacidade existente (700m<sup>3</sup> = 500 + 200), não havendo necessidade de implantar novo reservatório para atender o referido setor. No entanto, devido a implantação de novos empreendimentos imobiliários no setor será necessário ampliar a capacidade de reservação.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 6,42 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a

8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que atende o respectivo setor.

Tabela 36. Setor 27 – R21 – Tatiana – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	801
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	6,85
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	8,22
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	12,32
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	10,95
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,70
Perda de carga na rede primária* (m/km)	6,42
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	682,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	671,00
Cota Máxima do Setor (m)	645,00
Cota Mínima do Setor (m)	632,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	236,60

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

#### 5.2.28. Setor 28 – R18 – Novo Mundo – Elevado

Na Tabela 37 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 28 – R18 – Novo Mundo – Elevado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 100mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório elevado R18 situado no centro de reservação Novo Mundo.

Conforme apresentado na Tabela 37 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 28 é igual a 361,26 m<sup>3</sup>, ou seja, superior a capacidade existente (200m<sup>3</sup>). No entanto o reservatório R17 possui capacidade igual a 350m<sup>3</sup>, sendo que este reservatório que abastece o reservatório R18 através de um sistema de recalque. Logo, somando a capacidade de reservação dos dois reservatórios é igual a 550m<sup>3</sup>, portanto superior a capacidade requerida do setor que é igual a 361,26 m<sup>3</sup>. Desta forma, não há necessidade de ampliar a capacidade de reservação deste setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 101,11 m/km, valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor, sendo recomendado uma rede de diâmetro 150mm.

Tabela 37. Setor 28 – R18 – Novo Mundo – Elevado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	1.223
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	10,45
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	12,54
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	18,82
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	16,72
Diâmetro Rede Primária (mm)	100
Velocidade na rede primária* (m/s)	2,40
Perda de carga na rede primária* (m/km)	101,11
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	669,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	656,00
Cota Máxima do Setor (m)	648,00
Cota Mínima do Setor (m)	608,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	361,26

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

#### 5.2.29. Setor 29 – R17 – Novo Mundo - Apoiado

Na Tabela 38 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 29 – R17 – Novo Mundo - Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 100mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R17 situado no centro de reservação Novo Mundo.

Conforme apresentado na Tabela 38 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 29 é igual a 146,81 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (350m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 19,11 m/km, valor este superior ao máximo estabelecido que é igual a

8,0 m/km. Logo, há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor, sendo recomendado uma rede de diâmetro 150mm.

Tabela 38. Setor 29 – R17 – Novo Mundo - Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	497
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	4,25
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	5,10
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	7,65
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	6,80
Diâmetro Rede Primária (mm)	100
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,97
Perda de carga na rede primária* (m/km)	19,11
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	645,50
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	641,00
Cota Máxima do Setor (m)	628,00
Cota Mínima do Setor (m)	587,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	146,81

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

### 5.2.30. Setor 30 – R27 – Bairro dos Morros - Apoiado

Na Tabela 39 é apresentado os parâmetros hidráulicos e físicos do setor de distribuição denominado Setor 30 – R27 – Bairro dos Morros - Apoiado do município de Votorantim. Este setor é abastecido por uma rede de diâmetro 150mm e material Ferro Fundido (FoFo) vinda por gravidade do reservatório apoiado R27 situado no bairro dos Morros.

Conforme apresentado na Tabela 39 a capacidade requerida de reservação para atender o setor 30 é igual a 27,77 m<sup>3</sup>, ou seja, inferior a capacidade existente (100m<sup>3</sup>) não havendo necessidade de implantar novos reservatórios para atender o referido setor.

O índice de perda de carga por quilometro de rede na tubulação que abastece o setor é igual a 0,12 m/km, valor este inferior ao máximo estabelecido que é igual a 8,0 m/km. Logo, não há necessidade de ampliar a rede primária que abastece o setor.

Na Tabela 40 é apresentado o resumo dos dados de cada setor de distribuição de água a ser implantado no município de Votorantim.

Tabela 39. Setor 30 – R27 – Bairro dos Morros - Apoiado do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Ligações	94
$Q_{\text{média}}$ (L/s)	0,80
$Q_{\text{DMC}}$ (L/s)	0,96
$Q_{\text{HMC}}$ (L/s)	1,45
$Q_{\text{Prod.}}$ (L/s)	1,29
Diâmetro Rede Primária (mm)	150
Velocidade na rede primária* (m/s)	0,08
Perda de carga na rede primária* (m/km)	0,12
Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	698,00
Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	687,00
Cota Máxima do Setor (m)	680,00
Cota Mínima do Setor (m)	651,00
Volume Reservação Necessário (m <sup>3</sup> )	27,77

\* - calculada considerando a vazão da hora de maior consumo.

### 5.3. OBTENÇÃO DAS VAZÕES POR PROCESSO PITOMÉTRICO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VOTORANTIM

Foram realizados monitoramento de vazão em 25 pontos por processo pitométrico e 6 pontos através de macromedidor de vazão ultrassônico portátil em diversas redes do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

Na Figura 26 são apresentadas imagens de medições de vazões realizadas no presente trabalho através de processo pitométrico.

Na Figura 27 são apresentadas imagens de medições de vazões realizadas no presente trabalho através do medidor de vazão ultrassônico portátil.

Na Tabela 41 é apresentado os valores obtidos nas medições de vazões por pitometria e por medidor ultrassônico realizados em diversas tubulações existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim.

Tais valores obtidos serão fundamentais para o dimensionamento dos macromedidores de vazão a serem instalados, bem como são essenciais o seu conhecimento com o intuito de conhecer o sistema de distribuição de água do município.

Observa-se que as vazões monitoradas nas redes que abastecem diretamente o consumo os valores máximos, mínimos e médios apresentam valores distintos, pois o consumo tende a

Tabela 40. Resumo dos dados de cada setor de distribuição de água a ser implantado no município de Votorantim

Setor	Número de Ligação	Q <sub>média</sub> (L/s)	Q <sub>DMC</sub> (L/s)	Q <sub>HMC</sub> (L/s)	Q <sub>prod.</sub> (L/s)	Diâmetro Rede Primária (mm)	Velocidade Rede Primária* (m/s)	Perda de Carga na Rede Primária* (m/Km)	Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	Cota Máxima do Setor (m)	Cota Mínima do Setor (m)	Volume Reservação Necessário (m³)
01	1050,00	8,97	10,77	16,15	14,36	300,00	0,23	0,36	615,00	610,00	583,00	560,00	310,15
02	291,00	2,49	2,98	4,48	3,98	300,00	0,06	0,03	615,00	610,00	580,00	558,00	85,96
03	2.774	23,71	28,45	42,68	37,94	250,00	0,87	5,31	686,30	672,90	633,00	573,00	819,40
04	666,00	5,69	6,83	10,25	9,11	250,00	0,21	0,38	661,00	655,00	647,00	612,00	196,73
05	1097,00	9,38	11,25	16,88	15,00	150,00	0,96	11,48	687,00	682,00	672,00	620,00	324,04
06	646,00	5,52	6,63	9,94	8,83	100,00	1,27	31,04	650,00	645,00	629,00	604,00	190,82
07	641,00	5,48	6,57	9,86	8,77	200,00	0,31	1,05	708,00	698,00	688,00	645,00	189,34
08	2016,00	17,23	20,68	31,02	27,57	200,00	0,99	8,72	720,00	714,00	700,00	658,00	595,50
09	890,00	7,61	9,13	13,69	12,17	300,00	0,19	0,27	705,00	702,00	694,00	661,00	262,89
10 A	1674,00	14,31	17,17	25,75	22,89	200,00	0,82	6,18	694,00	689,00	682,00	601,00	494,47
10 B	372,00	3,18	3,82	5,72	5,09	200,00	0,18	0,38	694,00	689,00	682,00	653,00	109,88
10 C	302,00	2,58	3,10	4,65	4,13	200,00	0,15	0,26	694,00	689,00	682,00	641,00	89,21
11	528,00	4,51	5,42	8,12	7,22	200,00	0,26	0,73	626,00	622,00	615,00	575,00	155,96
12	439,00	3,75	4,50	6,75	6,00	200,00	0,21	0,52	685,00	674,00	661,00	614,00	129,67
13	2198,00	18,79	22,54	33,82	30,06	200,00	1,08	10,23	665,00	661,00	653,00	605,00	649,26
14	1528,00	13,06	15,67	23,51	20,90	150,00	1,33	21,19	686,00	671,00	663,00	623,00	451,35
15	991,00	8,47	10,16	15,25	13,55	250,00	0,31	0,79	662,00	658,00	652,00	595,00	292,73
16	2791,00	23,85	28,63	42,94	38,17	200,00	1,37	15,91	698,00	692,00	669,00	613,00	824,42
17 A	887,00	7,58	9,10	13,65	12,13	150,00	0,43	1,91	652,00	647,00	631,00	564,00	262,01
17 B	296,00	2,53	3,04	4,55	4,05	100,00	0,58	7,33	652,00	647,00	640,00	624,00	87,43
17 C	200,00	1,71	2,05	3,08	2,74	50,00	1,57	103,75	667,00	662,00	651,00	619,00	59,08

Continua...



Tabela 40. Resumo dos dados de cada setor de distribuição de água a ser implantado no município de Votorantim (continuação...)

Setor	Número de Ligação	Q <sub>média</sub> (L/s)	Q <sub>DMC</sub> (L/s)	Q <sub>HMC</sub> (L/s)	Q <sub>prod.</sub> (L/s)	Diâmetro Rede Primária (mm)	Velocidade Rede Primária* (m/s)	Perda de Carga na Rede Primária* (m/Km)	Carga Piezométrica Máxima da Fonte de Abastecimento (m)	Carga Piezométrica Mínima da Fonte de Abastecimento (m)	Cota Máxima do Setor (m)	Cota Mínima do Setor (m)	Volume Reservação Necessário (m³)
18	1674,00	14,31	17,17	25,75	22,89	200,00	0,82	6,18	669,00	656,00	649,00	620,00	494,47
19	997,00	8,52	10,23	15,34	13,63	200,00	0,49	2,37	646,00	642,00	632,00	592,00	294,50
20	932,00	7,97	9,56	14,34	12,75	200,00	0,46	2,09	682,00	671,00	662,00	643,00	275,30
21	286,00	2,44	2,93	4,40	3,91	400,00	0,04	0,01	664,00	659,00	650,00	629,00	84,48
22	3326,00	28,43	34,11	51,17	45,48	150,00	2,90	89,34	687,00	676,00	670,00	612,00	982,45
23	100,00	0,85	1,03	1,54	1,37	200,00	0,05	0,03	666,50	661,00	657,00	619,00	29,54
24	454,00	3,88	4,66	6,98	6,21	200,00	0,22	0,55	679,00	671,00	663,00	610,00	134,10
25 A	94,00	0,80	0,96	1,45	1,29	100,00	0,18	0,88	684,00	684,00	670,00	660,00	27,77
25 B	752,00	6,43	7,71	11,57	10,28	300,00	0,16	0,20	669,00	664,00	655,00	618,00	222,13
26	1260,00	10,77	12,92	19,38	17,23	150,00	1,10	14,83	672,00	668,00	660,00	604,00	372,18
27	801,00	6,85	8,22	12,32	10,95	150,00	0,70	6,42	682,00	671,00	645,00	632,00	236,60
28	1223,00	10,45	12,54	18,82	16,72	100,00	2,40	101,11	669,00	656,00	648,00	608,00	361,26
29	497,00	4,25	5,10	7,65	6,80	100,00	0,97	19,11	645,50	641,00	628,00	587,00	146,81
30	94,00	0,80	0,96	1,45	1,29	150,00	0,08	0,12	698,00	687,00	680,00	651,00	27,77

ser mínimo no período noturno (não há consumo, pois a população tende a estar dormindo) e máximo no período próximo ao meio dia (12:00hs). Todos os dados foram monitorados por um período contínuo de 24 horas. Já para as tubulações que operam em recalque de um reservatório para outro, as vazões tendem a ser constantes, assim, os valores das vazões médias tendem a ser as mesmas das vazões máximas e mínimas.

Figura 26. Monitoramento das vazões por pitometria realizado no presente trabalho



Fonte: Autor, 2015.

Figura 27. Monitoramento das vazões por medidor portátil ultrassônico realizado no presente trabalho



Fonte: Autor, 2015.

#### 5.4. DIMENSIONAMENTO DOS MACROMEDIDORES DE VAZÃO COM TRANSMISSÃO DE DADOS POR TELEMETRIA

Os macromedidores de vazão dimensionados para o sistema de abastecimento de água do município de Votorantim possuem as seguintes especificações técnicas:

- Medidor composto de elemento primário (medidor eletromagnético carretel) e secundário (conversor) para leituras de vazão instantânea e totalização.

Adotou-se o modelo Eletromagnético Carretel em virtude destes equipamentos apresentarem melhores desempenhos quando comparado aos outros modelos existentes no mercado. Na Figura 28 é apresentado uma vista deste macromedidor de vazão eletromagnético carretel que será utilizado no projeto de macromedição do sistema de abastecimento de água de Votorantim.

Tabela 41. Medições de vazões por pitometria e por medidor ultrassônico realizados em diversas tubulações existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim

LOCAL	DN [mm]	INSTRUMENTO	Q <sub>MÍN</sub> [l/s]	Q <sub>MÉD</sub> [l/s]	Q <sub>MÁX</sub> [l/s]
GRAVIDADE R29 - JD. TATIANA	250	PITOMETRIA	4,70	10,23	16,00
RECALQUE ETA CENTRAL - DOMINGUINHO	250	PITOMETRIA	39,60	40,83	47,30
RECALQUE ETA CENTRAL - RIO ACIMA	250	PITOMETRIA	20,60	22,40	24,10
RECALQUE ETA CENTRAL - RIO ACIMA (BOMBAS 6 E 7)	300	PITOMETRIA	91,10	99,88	101,20
RECALQUE ETA CENTRAL - VILA IRINEU (BOMBAS 6 E 7)	300	PITOMETRIA	77,50	79,14	80,10
GRAVIDADE R7 - PQ BELA VISTA	250	PITOMETRIA	5,60	12,46	19,00
GRAVIDADE ETA CENTRAL - AVENIDA	300	ULTRASSÔNICO	4,99	15,88	29,21
GRAVIDADE ETA CENTRAL - ANGELO VIAL	300	ULTRASSÔNICO	2,17	5,90	11,84
SAÍDA RESERVATÓRIO ELEVADO JD SERRANO	200	ULTRASSÔNICO	6,11	14,59	22,39
GRAVIDADE RESERVATÓRIO R3 - RIO ACIMA	250	ULTRASSÔNICO	1,39	4,69	8,38
ETA NOVO MUNDO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	100	PITOMETRIA	14,20	14,71	14,90
ETA NOVO MUNDO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	100	PITOMETRIA	25,40	25,63	25,90
ETA NOVO MUNDO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	100	PITOMETRIA	31,20	31,36	31,70
MONTE SIÃO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	150	PITOMETRIA	24,90	25,21	24,90
MONTE SIÃO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	150	PITOMETRIA	21,60	21,91	21,60
MONTE SIÃO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	150	PITOMETRIA	42,30	43,05	42,30
VILA IRINEU - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	150	PITOMETRIA	22,80	23,64	24,20
VILA IRINEU - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	150	PITOMETRIA	11,50	18,84	19,40
VILA IRINEU - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	150	PITOMETRIA	23,40	39,43	40,70
JD SERRANO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	150	PITOMETRIA	27,50	27,83	28,20
JD SERRANO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	150	PITOMETRIA	20,60	20,83	21,10
JD SERRANO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	150	PITOMETRIA	45,30	46,04	46,40
CAPTAÇÃO - ETA CENTRAL - LINHA 01	300	PITOMETRIA	489,60	502,23	516,60

Continua...

Tabela 41. Medições de vazões por pitometria e por medidor ultrassônico realizados em diversas tubulações existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim (Continuação)

LOCAL	DN [mm]	INSTRUMENTO	Q <sub>MÍN</sub> [l/s]	Q <sub>MÉD</sub> [l/s]	Q <sub>MÁX</sub> [l/s]
CAPTAÇÃO - ETA CENTRAL - LINHA 02	300	PITOMETRIA	493,20	509,11	518,76
RECALQUE - ETA CENTRAL - JD SERRANO	200	PITOMETRIA	47,30	48,86	50,40
RECALQUE - ETA VOTOCEL - PQ SÃO JOAO/ITAPEVA	300	PITOMETRIA	23,70	57,10	62,00
RECALQUE ETA VOTOCEL - VITOPEL	150	PITOMETRIA	9,10	9,14	9,20
ENTRADA CONDOMÍNIO CHÁCARA STA. MARIA	150	PITOMETRIA	1,80	3,92	8,70
RECALQUE - CAPTAÇÃO - IPANEMA DAS PEDRAS	200	PITOMETRIA	34,40	35,47	36,90
RECALQUE - ETA CENTRAL - PQ BELA VISTA R29	250	ULTRASSÔNICO	43,01	43,71	44,73
RECALQUE R29 - BOOSTER IGUATEMI	250	ULTRASSÔNICO	9,97	22,76	39,69



Figura 28. Vista do macromedidor de vazão eletromagnético carretel



Fonte: <http://www.conaut.com.br/>

Na Tabela 42 é apresentado os valores obtidos nas medições de vazões por pitometria e por medidor ultrassônico realizados em diversas tubulações existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim. Observa-se que em seis pontos de medição de vazão, foram constatados velocidades médias inferiores a 0,3 m/s (grifado de vermelho na Tabela 42). Assim, nestas tubulações os macromedidores deverão ser reduzidos os diâmetros para que as velocidades médias sejam superiores a 0,3 m/s.

Como não foi possível até presente data realizar as medições de vazão em todos os pontos onde serão necessários instalar macromedidores de vazão, foi calculada as velocidades nas tubulações adotando a vazão média estimada no consumo dos setores de distribuição de água, conforme apresentado na Tabela 43. Observa-se que em diversos pontos foram constatados velocidades médias inferiores a 0,3 m/s (grifado de vermelho na Tabela 43). Assim, nestas tubulações os macromedidores deverão ser reduzidos os diâmetros para que as velocidades médias sejam superiores a 0,3 m/s.

Tabela 42. Velocidades monitoradas em diversas tubulações do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim.

LOCAL	DN [mm]	Q <sub>MÍN</sub> [l/s]	Q <sub>MÉD</sub> [l/s]	Q <sub>MÁX</sub> [l/s]	V <sub>MÍN</sub> [m/s]	V <sub>MÉD</sub> [m/s]	V <sub>MÁX</sub> [m/s]
GRAVIDADE R29 - JD. TATIANA	250	4,70	10,23	16,00	0,10	0,21	0,33
RECALQUE ETA CENTRAL - DOMINGUINHO	250	39,60	40,83	47,30	0,81	0,83	0,96
RECALQUE ETA CENTRAL - RIO ACIMA	250	20,60	22,40	24,10	0,42	0,46	0,49
RECALQUE ETA CENTRAL - RIO ACIMA (BOMBAS 6 E 7)	300	91,10	99,88	101,20	1,29	1,41	1,43
RECALQUE ETA CENTRAL - VILA IRINEU (BOMBAS 6 E 7)	300	77,50	79,14	80,10	1,10	1,12	1,13
GRAVIDADE R7 - PQ BELA VISTA	250	5,60	12,46	19,00	0,11	0,25	0,39
GRAVIDADE ETA CENTRAL - AVENIDA	300	4,99	15,88	29,21	0,07	0,22	0,41
GRAVIDADE ETA CENTRAL - ANGELO VIAL	300	2,17	5,90	11,84	0,03	0,08	0,17
SAÍDA RESERVATÓRIO ELEVADO JD SERRANO	200	6,11	14,59	22,39	0,19	0,46	0,71
GRAVIDADE RESERVATÓRIO R3 - RIO ACIMA	250	1,39	4,69	8,38	0,03	0,10	0,17
ETA NOVO MUNDO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	100	14,20	14,71	14,90	1,81	1,87	1,90
ETA NOVO MUNDO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	100	25,40	25,63	25,90	3,23	3,26	3,30
ETA NOVO MUNDO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	100	31,20	31,36	31,70	3,97	3,99	4,04
MONTE SIÃO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	150	24,90	25,21	24,90	1,41	1,43	1,41
MONTE SIÃO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	150	21,60	21,91	21,60	1,22	1,24	1,22
MONTE SIÃO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	150	42,30	43,05	42,30	2,39	2,44	2,39
VILA IRINEU - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	150	22,80	23,64	24,20	1,29	1,34	1,37
VILA IRINEU - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	150	11,50	18,84	19,40	0,65	1,07	1,10
VILA IRINEU - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	150	23,40	39,43	40,70	1,32	2,23	2,30
JD SERRANO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01	150	27,50	27,83	28,20	1,56	1,58	1,60
JD SERRANO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 02	150	20,60	20,83	21,10	1,17	1,18	1,19
JD SERRANO - APOIADO PARA ELEVADO - BOMBA 01 E 02	150	45,30	46,04	46,40	2,56	2,61	2,63
CAPTAÇÃO - ETA CENTRAL - LINHA 01	300	489,60	502,23	516,60	6,93	7,11	7,31
CAPTAÇÃO - ETA CENTRAL - LINHA 02	300	493,20	509,11	518,76	6,98	7,20	7,34

Continua...

Tabela 42. Velocidades monitoradas em diversas tubulações do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim (Continuação).

LOCAL	DN [mm]	Q <sub>MÍN</sub> [l/s]	Q <sub>MÉD</sub> [l/s]	Q <sub>MÁX</sub> [l/s]	V <sub>MÍN</sub> [m/s]	V <sub>MÉD</sub> [m/s]	V <sub>MÁX</sub> [m/s]
RECALQUE - ETA CENTRAL - JD SERRANO	200	47,30	48,86	50,40	1,51	1,56	1,60
RECALQUE - ETA VOTOCEL - PQ SÃO JOAO/ITAPEVA	300	23,70	57,10	62,00	0,34	0,81	0,88
RECALQUE ETA VOTOCEL - VITOPEL	150	9,10	9,14	9,20	0,51	0,52	0,52
ENTRADA CONDOMÍNIO CHÁCARA STA. MARIA	150	1,80	3,92	8,70	0,10	0,22	0,49
RECALQUE - CAPTAÇÃO - IPANEMA DAS PEDRAS	200	34,40	35,47	36,90	1,09	1,13	1,17
RECALQUE - ETA CENTRAL - PQ BELA VISTA R29	250	43,01	43,71	44,73	0,88	0,89	0,91
RECALQUE R29 - BOOSTER IGUATEMI	250	9,97	22,76	39,69	0,20	0,46	0,81



Tabela 43. Velocidades calculadas através das vazões médias estimadas para cada setor.

NÚMERO	SETOR	Qmédia [l/s]	DN [mm]	Vteórica [m/s]
1	R2 – Gravidade – 01	8,97	300,00	0,13
2	R2 – Gravidade – 02	2,49	300,00	0,04
3	R2 – Bombeado Dominginhos	23,71	250,00	0,48
4	R3 – Gravidade Rio Acima	5,69	250,00	0,12
5	R5 – Gravidade Vila Irineu – Apoiado	9,38	150,00	0,53
6	R2 - Recalque Vila Amorim - Apoiado	5,52	100,00	0,70
7	R6 – Gravidade Vila Irineu – Elevado	5,48	200,00	0,17
8	R10 – Vila Nova – Elevado	17,23	200,00	0,55
9	R12 – Vila Nova – Apoiado	7,61	300,00	0,11
10a	R23 – Vila Garcia	14,31	200,00	0,46
10b	R23 – Vila Garcia	3,18	200,00	0,10
10c	R23 – Vila Garcia	2,58	200,00	0,08
11	R9 – Matão	4,51	200,00	0,14
12	R20 – Monte Sião – Elevado	3,75	200,00	0,12
13	R19 – Monte Sião – Apoiado	18,79	200,00	0,60
14	R08 – Bela Vista – Elevado	13,06	150,00	0,74
15	R07 – Bela Vista – Apoiado	8,47	250,00	0,17
16	R29 – Bela Vista – Booster	23,85	200,00	0,76
17a	R24 – CDHU (Santo Antônio)	7,58	200,00	0,24
17b	R24 – CDHU (Santo Antônio)	2,53	100,00	0,32
17c	R24 – CDHU (Santo Antônio)	1,71	50,00	0,87
18	R14 – Jardim Serrano – Elevado	14,31	200,00	0,46
19	R13 – Jardim Serrano – Apoiado	8,52	200,00	0,27
20	R26 – Parque São João - Elevado	7,97	200,00	0,25

Continua...

Tabela 43. Velocidades calculadas através das vazões médias estimadas para cada setor (Continuação)

NÚMERO	SETOR	Qmédia [l/s]	DN [mm]	Vteórica [m/s]
21	R25 – Parque São João – Apoiado	2,44	400,00	0,02
22	R16 – Itapeva – Elevado	28,43	150,00	1,61
23	R15 – Itapeva – Apoiado	0,85	200,00	0,03
24	R28 – Aldeia da Mata	3,88	200,00	0,12
25	R30 – Alpha Ville	35,32	200,00	1,12
26	R21 – Tatiana – Elevado	10,77	150,00	0,61
27	R22 – Tatiana – Semi-Enterrado	6,85	150,00	0,39
28	R18 – Novo Mundo – Elevado	10,45	100,00	1,33
29	R17 – Novo Mundo - Apoiado	4,25	100,00	0,54
30	R27 – Bairro dos Morros - Apoiado	0,80	150,00	0,05

## 5.5. DIAGNÓSTICO DA MICROMEDIÇÃO

Esta atividade visa à proposição de melhorias e substituição de hidrômetros, adoção de novos modelos e padrões de instalação de cavaletes e abrigo dos medidores, com o melhor acesso aos leituristas. Este diagnóstico contém procedimentos para que micromedição venha a reduzir sua parcela de perda de água através da redução e eliminação dos erros de medição e com isso resultar num desempenho relevante e eficiente para que a Aguas de Votorantim venha a atingir as metas do presente Plano Diretor de Combate às Perdas de Água.

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), os hidrômetros precisam ser aferidos em no máximo cinco anos de uso, pois estes perdem sua precisão devido ao desgaste do rolamento do equipamento, comprometendo a leitura. Ressalta-se ainda que o volume medido passa a ser inferior ao real, ocasionando prejuízo financeiro para o sistema de abastecimento. No entanto, para residências que possuam pouco consumo de água, a troca dos hidrômetros não apresenta uma relação custo-benefício interessante. Assim será apresentado um diagnóstico do parque dos hidrômetros com apontamento dos quais deverão ser substituídos, bem como um estudo dos hidrômetros que estão instalados há mais tempo, associados àqueles que possuem consumo alto de água.

Como o município Votorantim atualmente não está setorizado em zonas de pressão, o sistema de micromedição possui setores de leituras baseados na logística de deslocamento dos leituristas. No presente trabalho está sendo proposto o projeto de setorização em zonas de pressão, o qual delimitará uma região de abastecimento visando atender as pressões exigidas por norma. Nestes setores serão implantados macromedidores de vazão, sendo possível monitorar as vazões distribuídas em cada setor. Assim, visando identificar as perdas de água setoriais, cada setor de abastecimento deverá pertencer a um mesmo setor de leitura, visando quantificar os volumes micromedidos no mesmo período e desta forma comparar as vazões distribuídas com as vazões micromedidas no setor.

Logo o setor de leitura deverá compatibilizar as rotas de leitura conforme os setores apresentados no capítulo do estudo de setorização em zonas de pressão.

A experiência mostra a necessidade de avaliação e combate contínuo das perdas em sistemas de abastecimento de água, através de dois importantes fatores, as perdas reais (perdas físicas) e perdas aparentes (perdas financeiras). Ações do projeto de micromedição podem atender aos dois requisitos, através da melhoria na aferição do consumo de cada

ligação, propicia uma cobrança mais justa pelos serviços oferecidos, além de ser o instrumento para o próprio consumidor controlar o seu consumo, reduzindo desperdícios. Da mesma forma, a perfeita medição de consumo oferece o real valor dos volumes que chegam a cada consumidor, sendo assim a forma de aferir os ramais domiciliares do sistema, quando associada à Macromedição (volumes entregues ao sistema), fornecendo as informações necessárias ao perfeito monitoramento e eficaz combate as perdas de água.

O presente trabalho obteve, através do acompanhamento de diversos indicadores do sistema de abastecimento do município Votorantim demonstrar as eficácias das ações da Micromedição, quer seja na substituição ou na instalação de hidrômetros em ligações não medidas. Fica demonstrado também que esta atividade de gestão da micromedição, quando realizada dentro de etapas planejadas, alcança o primeiro objetivo de ser autossustentável custeada pelo seu próprio desempenho, além de, ser um importante instrumento que irá fazer com que o sistema de abastecimento do município Votorantim, reduza suas perdas significativamente.

A micromedição, além de produzir uma base consistente para cobrança justa dos serviços prestados e faturados, é de suma importância para o Plano de Combate a Perdas de Água, como pode ser observado:

- Combate e inibe o desperdício;
- Fornece dados reais sobre os volumes entregues ao consumidor;
- Permite a cobrança do consumo real, evitando a adoção de valores médios;
- Disponibiliza dados para avaliação do comportamento e tendências de consumo ao longo do tempo;
- Contribui para uma maior disponibilidade de água para ser distribuída à população.

Assim o Projeto de Micromedição visa a busca eficiente da medição de todo o consumo autorizado, obtendo leituras reais, evitando o faturamento pelo consumo estimado e média de consumo, reduzindo as perdas aparentes e aumentando o faturamento.

#### 5.5.1. Inspeção e pesquisa para averiguação dos hidrômetros instalados nas ligações

A inspeção e pesquisa dos hidrômetros instalados nas ligações do município Votorantim foi realizada em diversos setores do município.

Atualmente a Concessionária Águas de Votorantim (CAV) está padronizando o processo de instalação dos hidrômetros, sendo implantado caixas de proteção conforme

apresentado na Figura 29. No entanto, diversos leituristas estão reclamando em virtude da tampa (material acrílico) das caixas de proteção tenderem a embaçar, dificultando desta forma as leituras junto aos hidrômetros. Assim, recomenda-se o estudo de substituir as caixas de proteção, conforme será discutido na sequência do presente trabalho.

Figura 29. Instalação de caixas de proteção junto aos hidrômetros do município de Votorantim.



Fonte: Autor, 2015.

Também foi constatado que diversas ligações ainda não possuem caixas de proteção instaladas, pois os cavaletes estão implantados dentro das residências, sendo necessário realizar o remanejamento dos cavaletes. Destaca-se que quando os hidrômetros estão instalados dentro das residências, dificulta o acesso dos leituristas. Na sequência são apresentadas imagens (Figura 30) que ilustram alguns hidrômetros que não possuem caixa de proteção e estão instalados dentro das residências no município de Votorantim.

Figura 30. Hidrômetros existentes no sistema de abastecimento de água que estão situados dentro das casas dos proprietários.



Fonte: Autor, 2015.

Também foi identificado que existem hidrômetros instalados na vertical (Figura 31), sendo que os modelos destes equipamentos permitem a instalação somente na horizontal, caso contrário, tendem a apresentar submedição. Recomenda-se que estes equipamentos sejam readequados, sendo necessário instalar hidrômetros na horizontal, visando monitorar os volumes micromedidos adequadamente.



Figura 31. Vistas de hidrômetros instalados na vertical existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim.



Fonte: Autor, 2015.

Também foi constatado a existência de hidrômetros virados no sistema de abastecimento de Votorantim (Figura 32). Este fato é muito comum, em virtude dos leituristas virarem os hidrômetros para facilitar a leitura. No entanto, este equipamento virado tende a apresentar submedição e conseqüentemente perda aparente. Recomenda-se realizar treinamento junto aos leituristas para evitarem de virar os hidrômetros.

Figura 32. Hidrômetros virados existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim.



Fonte: Autor, 2015.

### 5.5.2. Avaliação do Parque de Hidrômetros

Para definição de metodologia a ser adotada e definição da estratégia da micromedição, analisou-se o quadro de hidrômetros do sistema de abastecimento de água, a idade do parque de hidrômetros e histograma de consumo dos usuários do sistema. Os dados a seguir mostram esta situação em julho de 2015. A Tabela 44 mostra o número total de ligações de água ativas no município de Votorantim. A Tabela 45 mostra o total de ligações com consumo zero, total de ligações com consumo de 1 a 5 m<sup>3</sup>, total de ligações de 6 a 10 m<sup>3</sup>, e o total de ligações acima de 10 m<sup>3</sup>. A Tabela 46 mostra a idade do parque de hidrômetros, baseado no ano de fabricação dos equipamentos.

Tabela 44. Número de ligações ativas no sistema de abastecimento de água do município Votorantim

<b>LIGAÇÕES ATIVAS</b>	
33.648	

Tabela 45. Quantidade de ligações enquadradas por faixas de consumos no sistema de abastecimento de água do município Votorantim

<b>CONSUMO ZERO</b>	<b>CONSUMO DE 01 A 05 m<sup>3</sup></b>	<b>CONSUMO DE 06 A 10m<sup>3</sup></b>	<b>CONSUMO &gt; 10m<sup>3</sup></b>
364	1.421	10.962	20.937
1,08%	4,22%	32,54%	62,16%

Tabela 46. Quantidade de hidrômetros instalados a mais de cinco anos no sistema de abastecimento de água do município Votorantim

<b>Hidrômetros instalados a mais de cinco anos</b>	<b>Hidrômetros instalados a menos de cinco anos</b>	<b>Total de hidrômetros instalados ativos</b>
8.911	24.773	33.684
26,45%	73,55%	100%

De acordo com informações fornecidas pelo setor de micromedição da CAV, sempre que é detectada uma anomalia (quebrado, embaçado...) no hidrômetro o mesmo é substituído de imediato. Assim, não existe uma lista de hidrômetros que possuem anomalias e necessitam ser substituídos.

Na sequência são apresentadas fotografias (algumas fraudes existentes nos parques de hidrômetros dos municípios brasileiros). Ressalta-se que tais fraudes devem ser combatidas pela equipe da Águas de Votorantim. Assim, é recomendado um diagnóstico preventivo sobre a situação dos hidrômetros, sendo para tanto necessário o treinamento do pessoal que vai para o campo (normalmente os leituristas) para que sejam elaborados





Figura 39. Ligação Clandestina



Fonte: Autor, 2015.

Figura 40. Ligação Direta



Fonte: Autor, 2015.

Figura 41. Ligação Direta



Fonte: Autor, 2015.

Figura 42. Ligação Direta



Fonte: Autor, 2015.

Para as residências que habitam até cinco habitantes, recomenda-se a instalação do hidrômetro classe metrológica B, vazão máxima  $1,5\text{m}^3/\text{h}$  e vazão nominal de  $0,75\text{m}^3/\text{h}$ , em virtude de evitar sub-medição.

Os hidrômetros do sistema de abastecimento de água de Votorantim possuem lacres instalados. Assim, torna-se essencial a verificação se os referidos lacres não estão violados.

Além do bom dimensionamento e funcionamento do medidor, para que a qualidade do serviço de medição seja adequada, na instalação e substituição são recomendadas as seguintes ações:

- Purgar a tubulação de entrada antes da instalação para eliminar partículas que possam diminuir o rendimento do filtro e só então montar o hidrômetro no cavalete;
- Girar o hidrômetro com o mostrador da relojoaria para baixo;
- Escoar água abundantemente no sistema;
- Retornar o hidrômetro à sua posição normal de operação;

- Verificar se não já vazamentos no cavalete e se for necessário reapertar as conexões;
- Lacrar o hidrômetro.

É recomendado que o funcionário use o uniforme completo da prestadora de serviços em qualquer intervenção feita junto ao cliente, sendo uma boa prática manter o local limpo após o término da manutenção.

A Lei Federal 11.445 determina a interrupção do abastecimento de água, no caso do cliente impedir a instalação de hidrômetro no imóvel, desde que o cliente seja notificado antecipadamente ou quando ocorrer à manipulação indevida do hidrômetro.

#### 5.5.3. Elaboração de relação de hidrômetros antigos (mais de 5 anos) a serem aferidos e/ou trocados

O sistema de abastecimento de água de Votorantim possui 35.112 hidrômetros instalados sendo 33.684 ativas. De acordo com a data de instalação dos hidrômetros, verificou-se a existência de 8.911 hidrômetros com mais de 05 anos, ou seja, instalados de 1994 a 2010. Este fato representa em um desvio da quantificação na micromedição, pois segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) os hidrômetros precisam ser aferidos com no máximo cinco anos de uso, pois estes perdem a precisão devido ao desgaste do rolamento do equipamento, comprometendo a leitura. Ressalta-se ainda que o volume medido passa a ser inferior ao real, ocasionando prejuízo financeiro para o sistema de abastecimento.

No Anexo 2 (digital) é apresentada a relação dos 8.911 hidrômetros com mais de 05 anos no município de Votorantim.

#### 5.5.3. Estudos para melhoria da gestão da micromedição:

É de fundamental importância registrar com segurança o consumo de água utilizado pelos imóveis abastecidos, de forma a fornecer informações para determinação dos índices de perdas de água. Os relatórios gerenciais fornecidos proporcionam medidas preventivas e corretivas para colocação de hidrômetros compatíveis com a vazão máxima e mínima registrada por meio de estudos, que permitem traçar o perfil do cliente.



Os relatórios e os estudos de perfil de clientes são instrumentos importantes para a especificação de hidrômetros.

De acordo com o consumo registrado na micromedição é possível a realização de um gerenciamento efetivo e eficaz no parque dos hidrômetros, por meio de informações extraídas de relatórios gerenciais, melhorando assim o desempenho e a confiabilidade do parque.

Estudos sobre a submedição proporcionam informações importantes para determinar a vida útil de um hidrômetro na rede.

A gestão do parque de hidrômetros deverá ser balizada por cinco processos que devem ser monitorados ao longo do tempo: cadastro, tipo, marca, capacidade, manutenção e instalação.

Os hidrômetros inclinados provocam um atrito nos mancais da turbina e que impedem seu correto funcionamento em baixas vazões, gerando erros negativos.

O sistema de micromedição é responsável por uma grande parcela da perda não física. Para reduzir as perdas por micromedição é necessário:

- utilizar hidrômetros de maior precisão – recomenda-se a instalação de hidrômetros de vazão máxima  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$  e nominal  $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$  para residências com até cinco habitantes, pois estes tendem a reduzir os erros devido a faixa de consumo;
- substituição dos hidrômetros inclinados – apesar de existirem medidores capazes de operar inclinados, recomenda-se a troca desses medidores, pois o contínuo funcionamento do medidor pode alterar a condição de desgaste das engrenagens do medidor e afetar as leituras;
- troca de hidrômetros antigos e avariados – de um modo geral, recomenda-se a substituição de hidrômetros a cada 5 anos.

Os hidrômetros instalados nas ligações sem os respectivos lacres apresentam condições favoráveis para fraudes, portanto, deve-se zelar pela colocação dos mesmos.

A Figura 43 apresenta dispositivo para facilitar o acesso aos hidrômetros pelos leituristas através da caixa de proteção de medidores e um tipo de lacre para impedir a violação dos hidrômetros.

São conhecidas e praticadas muitas formas de fraudes junto ao relógio medidor de água (hidrômetro) com o objetivo de reduzir os valores da conta mensal, lesando expressivamente as companhias distribuidoras de água e condomínios. Assim, a utilização dos lacres tendem a reduzir estas fraudes nos hidrômetros residenciais.

Figura 43. Caixa de proteção para hidrômetros



Fonte: Autor, 2015.

#### - Padronização das instalações

As ligações de água devem possuir um padrão de instalação que garanta livre acesso, proteja o conjunto do cavalete e impeça de fraudes. Desta forma, alguns cuidados na sua elaboração devem ser tomados como segue:

- Garantir a que o medidor seja instalado na horizontal;
- Instalar o hidrômetro de forma que esteja permanentemente cheio de água;
- Permitir uma leitura fácil, segura e correta;
- Proteger o hidrômetro contra intempéries e vandalismos. A sua caixa de proteção deve possuir algum tipo de dreno para evitar o alagamento e acúmulo de águas contaminadas;
- Garantir que no caso de caixas enterradas, a câmara de alojamento e a tampa devem ter resistência física em conformidade com o trânsito local;
- Facilitar acesso ao medidor para leitura, manutenção, troca ou remoção devendo estar no limite do terreno;
- Manter o alinhamento das conexões e medidor minimizando assim os vazamentos.

Qualquer dispositivo adicional, projetado para ser instalado junto ao hidrômetro, deve ser submetido à apreciação do INMETRO, de forma a verificar se o mesmo pode influenciar no seu desempenho ou até na qualidade da água.

A SABESP possui a Norma Técnica da SABESP - NTS 165, na qual é apresentado o procedimento para instalação de hidrômetros de forma adequada.

- Elaboração de plano de manutenção preventiva do parque dos hidrômetros

A confiabilidade metrológica dos medidores instalados é muito importante para os serviços de saneamento quanto aos seguintes aspectos:

- Controle de perdas físicas:

A correta medição do volume efetivamente consumido pelos usuários e sua comparação com o volume disponibilizado, dá uma ideia das perdas físicas no subsistema de distribuição.

- Perda de faturamento

Os erros de medição do volume efetivamente consumido pelos usuários e sua comparação com o volume disponibilizado, dá uma ideia das perdas físicas existentes no subsistema de distribuição.

Uma vez que o medidor contém peças móveis sujeitas a desgastes de funcionamento, implicando em sua perdas de pressão, torna-se fundamental que sua confiabilidade metrológica seja adquirida. Para tanto, destacam-se os seguintes tipos de manutenção:

- Manutenção corretiva;

Como o próprio nome diz, este tipo de manutenção é realizada para corrigir, ou seja, reparar um medidor que necessita de readequação. Não há uma programação prévia de manutenção neste caso. A solicitação de manutenção ou ordem de serviço tem origem na área comercial, baseada em informações dos leituristas de que o medidor encontra-se parado ou avariado ou a partir de reclamação do usuário.

- Manutenção preditiva

Neste caso a manutenção é realizada antes que o medidor apresente um defeito perceptível, como no caso da manutenção preventiva, mais ao contrário dela, não é seguida nenhuma programação. É realizada a partir da desconfiança, ou da predição de que um determinado medidor está começando a sofrer alteração em suas características metrológicas.

Esta alteração é detectada pela área comercial durante o acompanhamento do consumo do usuário. Ao notar que está havendo uma variação gradativa no consumo de determinado usuário, faz-se uma inspeção no local, para verificar se a variação não é decorrente de alterações diversas, tais como: diminuição do número de habitantes no

imóvel ou, no caso de indústrias, alteração no processo de fabricação, redução da produção, dispensa de funcionários, etc.

Geralmente este acompanhamento é feito com maior rigor para os usuários da categoria grande consumidor.

É interessante realizar o exame dos medidores retirados para manutenção corretiva, para que se possa constatar qual o motivo do problema, quanto para aqueles retirados para manutenção preventiva para levantar dados que confirmem a validade do ou subsidiem a reformulação do Programa de Manutenção.

Quando for constatado que em um determinado imóvel há grande incidência de manutenções corretivas, deverá ser feita uma inspeção no local para verificar se a causa não é decorrente de:

- Instalação inadequada;
- Capacidade inadequada do medidor inadequado;
- Violação.

- Manutenção preventiva.

Neste caso a manutenção é realizada antes que o medidor apresente defeito. A manutenção é realizada com base numa programação prévia de substituição de medidores.

O item 8.1 do Regulamento Técnico Metrológico anexo a Portaria nº 29 de 07.02.94 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – (INMETRO) estabelece que deverão ser efetuadas verificações periódicas nos hidrômetros em uso em intervalos não superiores a cinco anos.

No entanto, se os serviços de saneamento adotasse este critério para estabelecer uma estratégia de manutenção preventiva, os custos se tornariam tão elevados que inviabilizaria o programa.

Na prática, os grandes prestadores de serviço adotam critérios baseados em análise de custo/benefício, levando em conta estudos e ensaios realizados no campo e em laboratório, tendo como base à faixa de consumo, o tempo de instalação, a leitura máxima, o tipo de medidor, sua capacidade, tipo de utilização, condições de rede (pressão, qualidade da água, etc.)

Nas residências com consumo na faixa mínima no qual o usuário fatura a tarifa mínima fixa, conclui-se que neste caso, como a vazão média envolvida é baixa, o medidor não deverá apresentar desgastes acentuados ao longo do tempo, devendo, portanto manter a sua confiabilidade metrológica. Mesmo que ele apresentasse um erro um pouco maior que

o tolerado, se for levado em conta os custos de substituição e reparação, não haveria interesse em substituí-lo para manutenção preventiva, posto que não haveria retorno financeiro, pois mesmo com um novo medidor seria cobrada a tarifa mínima. Portanto, neste caso, só é conveniente substituir o medidor quando da realização de uma manutenção corretiva, situação na qual haveria algum tipo de avaria do medidor que poderia levar o usuário a desperdiçar água a outro tipo de ocorrência anormal.

Deve-se atentar e verificar se realmente na residência possui poucas pessoas (inferior a 3 habitantes), bem como constatar o tamanho da residência e se a mesma possui alguma infra-estrutura que permite a maior utilização de água, como por exemplo, piscinas. Assim, será possível identificar fraudes de água.

#### 5.5.4. Metodologia de Combate às Perdas Comerciais

A metodologia de combate às perdas comerciais aqui desenvolvidas terá seus trabalhos baseados no método de Análise e Solução de Problemas de Perdas, sendo caracterizado por quatro fases de execução, que são o Planejamento, Execução, Análise dos resultados e as Ações Corretivas.

A base de todo o trabalho está sedimentada em apenas duas variáveis que são o Volume Produzido ( $V_p$ ) e o Volume Consumido ( $V_c$ ), com o objetivo permanente de redução do volume produzido e o aumento do volume consumido.

Desta forma a primeira etapa do processo foi o levantamento das possíveis causas que estariam afetando o parâmetro Volume Consumido ( $V_c$ ) através dos relatórios do Rol de Hidrômetros. Destes documentos deverão ser montadas as fichas de inspeção em ligação de água com as irregularidades informadas pelos leituristas, com os baixos consumos e pela vida útil dos hidrômetros.

A segunda fase foi caracterizada pelas ações de pesquisa de campo necessárias a complementar as informações relatadas na primeira fase.

A terceira e quarta fases caracterizaram-se pela análise dos resultados assim como o planejamento para efetuar as correções necessárias do processo de forma a torná-lo mais eficiente.

Diante do exposto, foi caracterizada uma forma detalhada com as quatro fases do diagnóstico para o permanente combate às perdas comerciais como segue:



## 1º Fase: Planejamento

1º Passo – A Águas de Votorantim deverá realizar reuniões com as equipes do departamento comercial e operacional para troca de informações sobre a pesquisa de Micromedição realizada neste trabalho, com as causas das interferências existentes que impossibilitam a correta medição dos volumes consumidos (Vc);

2º Passo – A Águas de Votorantim deverá elaborar um fluxograma contemplando as ações mais relevantes para o combate às perdas comerciais, relacionadas abaixo:

a) Dimensionamento/Troca de hidrômetros: adequação dos hidrômetros a sua faixa de consumo correta e análise da necessidade de substituição dos hidrômetros antigos (instalados há mais de 05 anos);

b) Análise e correção dos hidrômetros inclinados: considerando os estudos já realizados que confirmam que a inclinação afeta a capacidade de medição dos hidrômetros, essa ação visa desincliná-los que se encontram nessa condição;

c) Análise de Condomínio: considerando que os condomínios são potencialmente grandes consumidores, é necessário dedicar atenção especial a esses hidrômetros, verificando e monitorando mensalmente os volumes consumidos e se os medidores estão dimensionados adequadamente dentro das faixas de precisão;

d) Instalação de hidrômetros em economias sem medidor: o hidrômetro é o equipamento fundamental nesse trabalho de combate ao desperdício, visto que é através dele que ocorre a quantificação do que realmente é consumido. Assim, quanto mais próximo do 100% de hidrometração, mais confiáveis são os índices e a busca do aumento do volume consumido, ocorrendo um grande passo no combate às perdas;

e) Análise dos consumos baixos: esta ação visa identificar todas as causas de consumos considerados baixos (valor considerado menor ou igual a 5 m<sup>3</sup>/mês). Esta ação necessita da verificação das condições da economia (se é casa, comércio ou indústria), número de pessoas que moram no local, possibilidade de haver ligação clandestina com desvio de água, sem passar pelo hidrômetro, existência de poço, etc.;

f) Análise da Evolução da Rota (factíveis): a evolução é a comparação entre o número de ligações ativas na rota da atualidade e nos últimos 24 meses. Se a evolução estiver negativa, é sinal que essa rota perdeu ligações. Busca-se então um trabalho comercial visando a recuperação de usuários, a fim que voltem a ser consumidores da Águas de Votorantim. Outra ocorrência que deve ser analisada com muita propriedade é o fato do sistema de informatização estar perdendo informações e com isso alterando o número de ligações cadastradas, diminuindo o volume consumido (Vc);

g) Análise de consumos estimados (ocorrências de falta de leitura): o consumo estimado ocorre devido ao fato do leiturista não ter acesso ao hidrômetro. Uma ação comercial, através de correspondência ao usuário, solicitando a liberação do hidrômetro. Atualmente estão sendo utilizadas caixas de proteção de hidrômetros do lado externo do imóvel para evitar esse tipo de problema, além de outras vantagens que essa caixa de proteção permite;

h) Análise dos hidrômetros que não tem lacre (caça fraudes): o lacre tem a função de assegurar que ninguém, sem a devida autorização, tenha mexido no hidrômetro, visto que a pesquisa mostrou inúmeras situações na qual os usuários têm violado o aparelho, retirando e instalando virado, entre outros casos de fraudes.

j) Análise das ligações cortadas na rota há mais de três meses (teste de fonte alternativa): deverão ser verificadas as matrículas que tiveram o abastecimento suspenso há mais de três meses, visando identificar se estes possuem alguma fonte alternativa própria de abastecimento; e

k) Realizar o recadastramento de todos os imóveis para atualização do cadastro comercial, uma vez que ao longo do tempo os registros de novas e/ou mudanças de ligações vão ficando desatualizadas e acabam deixando de incorporar essas ligações que ficaram pendentes por diversos motivos e acabam caindo no "esquecimento".

## 2º Fase: Execução

1º passo: Conhecer os critérios de seleção das rotas: A análise das ocorrências deverá ser feita sobre as rotas comerciais, cuja definição é um conjunto de matrículas pertencente a uma mesma região geográfica em que o leiturista coleta os dados de consumo. Das rotas selecionadas serão separadas as matrículas que sofrerão as análises dos critérios colocados no fluxograma;

2º Passo: Análise das matrículas selecionadas, aplicando o fluxograma elaborado, identificando as irregularidades. Esta fase executiva já está sendo realizada em conjunto com a Pesquisa de Vazamentos, e será relacionada nas fichas de inspeção em ligação de água com todas as irregularidades já encontradas e identificadas; e

3º Passo: Abertura das Ordens de Serviço para corrigir as irregularidades encontradas: Esta ação deverá ser executada pelo setor de manutenção o mais rápido possível, uma vez que o volume de ocorrência no Setor de Distribuição é muito alto, havendo um grande desperdício de água, diminuindo o Volume Consumido e aumentando a necessidade do Volume produzido, sem o devido retorno de receitas para o município.

### 3º Fase: Verificação dos Resultados

A partir do momento em que a Águas de Votorantim aplicar esta metodologia, será necessária a análise dos resultados, através de sua verificação, controle, eficiência, portanto é importante que a Águas de Votorantim crie a função de Analista de Consumo, que será responsável pelo acompanhamento e monitoramento de todas as fases desta metodologia bem com a avaliação dos resultados.

A avaliação dos resultados deverá ser feita através da geração de relatórios gerenciais, de reuniões de análise crítica e através de controle estatístico dos volumes consumidos e das ligações existentes. Esses resultados deverão ser apresentados na forma de gráficos, além de permitir outras informações tais como: número de ligações existentes nas rotas, quantidade de economias hidrometradas e sem hidrômetros, número de condomínios, ocorrência de ligações com consumo menor ou igual a 5,0 m<sup>3</sup> e com consumo Zero, valor faturado, entre outras informações relevantes.

### 4º Fase : Ações corretivas

A partir da avaliação dos resultados, são propostas novas ações corretivas, visando o aperfeiçoamento do processo.

Com a colocação em prática desta metodologia com todas as fases relacionadas acima, espera-se obter uma grande diminuição dos índices de combate a perdas de água, relativos às perdas não físicas.

#### 5.5.5. Cálculo de algoritmos para gerenciar e otimizar as informações da micromedição

Na sequência são apresentados dois indicadores que estão sendo sugeridos de serem aplicados no sistema de abastecimento de água do município Votorantim.

- Indicador X

Na Tabela 47 são apresentados os dados referente ao parque de hidrômetros do município de Votorantim, e os indicadores X para cada bairro visando diagnosticar os locais do município em que a troca de hidrômetro se faz prioritária. Verifica-se que os bairros Bela Vista, Tatiana, Distrito Industrial, Rio Acima, Novo Mundo, Nova Votorantim, Conjunto Habitacional Mario Augusto Ribeiro, São João, são os locais prioritários para se realizar a troca de hidrômetros.

Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim.

Bairro	Número de hidrômetros	Volume Micro (m <sup>3</sup> /ano)	Instalados a mais de 5 anos	% Hidrômetros instalados a mais de 5 anos	x	Indicador X
AGOSTINHO KRIGUER - CDHU	113	168,96	46	0,52	5,14	0,91
ALBERTINA	345	181,92	62	0,70	7,56	1,34
ALDEIA DA MATA	187	172,32	49	0,55	5,79	1,02
ALDO DAMINI	16	194,76	1	0,01	2,33	0,41
ALPHAVILLE	80	167,88	0	-	2,35	0,42
ALTOS DA FORTALEZA	190	178,68	24	0,27	4,47	0,79
ALTOS DE VOTORANTIM	398	169,8	69	0,77	8,14	1,44
AMORIM	412	176,28	133	1,49	11,88	2,10
ANA CLAUDIA	106	165,84	28	0,31	4,06	0,72
ANEZIA	41	175,68	5	0,06	2,49	0,44
ANGELO VIAL	17	166,08	3	0,03	2,13	0,38
ANTONIO CASSILO	612	182,16	65	0,73	9,32	1,65
ANTONIO RODRIGUES	42	171,72	13	0,15	2,90	0,51
ANTONIO RODRIGUES RODRIGUES	117	174	44	0,49	5,11	0,90
ARAUJO	233	176,52	57	0,64	6,56	1,16
ARCHILA	589	178,2	167	1,87	14,86	2,62
BACELLI	96	186,72	23	0,26	3,95	0,70
BANDEIRANTES	257	168,72	62	0,70	6,89	1,22
BARRA FUNDA	698	184,32	108	1,21	12,27	2,17
BARREIRO	43	174,36	7	0,08	2,60	0,46
BELA VISTA	2.475	187,08	710	7,97	56,63	10,00
BELVEDERE I	33	176,16	9	0,10	2,67	0,47
BELVEDERE II	46	171,24	19	0,21	3,26	0,57

Continua...

Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim (Continuação)

Bairro	Número de hidrômetros	Volume Micro (m³/ano)	Instalados a mais de 5 anos	% Hidrômetros instalados a mais de 5 anos	x	Indicador X
BERTIOLGA	49	168,84	11	0,12	2,80	0,49
BOSQUES DE SÃO FRANCISCO	26	150,36	10	0,11	2,40	0,42
CAPOAVINHA	6	120	6	0,07	1,72	0,30
CARES	31	182,88	4	0,04	2,46	0,43
CASSILO	79	171	17	0,19	3,34	0,59
CASTILHO	36	181,68	10	0,11	2,81	0,50
CENTRO	225	182,76	75	0,84	7,59	1,34
CHÁCARA ONDINA	170	170,88	41	0,46	5,22	0,92
CHACARA SANTA MARIA	105	183,96	76	0,85	6,95	1,23
CHÁCARAS LEÃO	7	190,56	4	0,04	2,40	0,42
CHAVE	430	174,12	179	2,01	14,55	2,57
CHICO GATO	56	169,8	20	0,22	3,36	0,59
CLARICE	205	177	75	0,84	7,41	1,31
CLARICE II	175	181,44	74	0,83	7,22	1,28
COLINA SANTA MONICA	77	181,92	16	0,18	3,39	0,60
COLINAS	250	171,48	16	0,18	4,30	0,76
COND RESIDENCIAL FLORES	20	144,24	4	0,04	1,96	0,35
CONJ.HAB.MARIO AUGUSTO RIBEIRO	771	176,04	257	2,88	20,97	3,70
CRISTAL, JD	77	116,28	0	-	1,76	0,31
CUBATÃO	113	173,4	34	0,38	4,52	0,80
DANIEL ANTONIO	134	176,76	29	0,33	4,40	0,78
DEVITO	96	173,4	24	0,27	3,86	0,68
DISTRITO INDUSTRIAL	2	3177,12	1	0,01	35,63	6,29
DOMINGUES	907	184,08	226	2,54	20,13	3,55

Continua...

Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim (Continuação)

Bairro	Número de hidrômetros	Volume Micro (m³/ano)	Instalados a mais de 5 anos	% Hidrômetros instalados a mais de 5 anos	x	Indicador X
DOMINGUINHO	864	176,64	201	2,26	18,39	3,25
DOS MORROS	83	178,44	19	0,21	3,56	0,63
DUARTE	115	168,12	24	0,27	3,91	0,69
DYLZE	112	174,96	28	0,31	4,19	0,74
ELZA	82	174,24	14	0,16	3,22	0,57
EUROPA	525	168,96	100	1,12	10,62	1,88
FORNAZARI	251	178,2	48	0,54	6,18	1,09
GALLI	54	183,24	13	0,15	3,10	0,55
GARCIA	47	182,28	13	0,15	3,05	0,54
GREEN VALLEY	382	177,84	212	2,38	16,15	2,85
GUANABARA	140	174,36	41	0,46	5,08	0,90
GUILHERME	197	190,56	42	0,47	5,66	1,00
ICATU	432	180,24	149	1,67	12,94	2,29
ICATU II	29	153,36	9	0,10	2,39	0,42
IRINEU	227	172,56	51	0,57	6,14	1,08
ITAPEVA	191	173,4	43	0,48	5,49	0,97
JATAI	769	178,2	217	2,44	18,74	3,31
JATAI II	645	173,76	225	2,52	18,40	3,25
JD PAULISTA	384	173,16	79	0,89	8,65	1,53
JOSE RAMOS	130	162,6	37	0,42	4,67	0,82
JUCURUPAVA	6	200,04	6	0,07	2,61	0,46
KAROLYNE	220	184,68	100	1,12	8,98	1,59
LE MOS	47	178,32	19	0,21	3,34	0,59
MARIA JOSÉ	189	187,08	78	0,88	7,59	1,34
MARIA LUCIA	140	174,6	38	0,43	4,92	0,87
MARISA	315	179,04	104	1,17	9,71	1,71

Continua...

Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim (Continuação)

Bairro	Número de hidrômetros	Volume Micro (m³/ano)	Instalados a mais de 5 anos	% Hidrômetros instalados a mais de 5 anos	x	Indicador X
MATHESI	144	177,6	31	0,35	4,58	0,81
MERCEDES		0		-	0,00	0,00
MIRANTE DOS OVNIS	329	179,76	87	0,98	8,85	1,56
MONTE ALEGRE	365	181,32	97	1,09	9,64	1,70
MONTE SIÃO	84	171,24	41	0,46	4,72	0,83
MONTE VERDE I	96	180	21	0,24	3,76	0,66
MONTE VERDE II	16	136,92	4	0,04	1,85	0,33
MONTEIRO	62	181,32	13	0,15	3,13	0,55
MORANGUINHO	53	153	4	0,04	2,25	0,40
MORUMBI	131	201,36	56	0,63	6,17	1,09
NOVA VOTORANTIM	1.584	178,92	184	2,06	21,73	3,84
NOVO MUNDO	878	180	292	3,28	23,61	4,17
PALMIRA	79	174,24	8	0,09	2,87	0,51
PARADA DO ALTO	1	768	1	0,01	8,66	1,53
PARAISO	307	171,24	75	0,84	7,95	1,40
PARDINI	98	176,28	23	0,26	3,85	0,68
PARQUE ESPLANADA I	95	168,12	28	0,31	4,02	0,71
PARQUE ESPLANADA II	42	176,64	14	0,16	3,01	0,53
PARQUE VEREDA DOS BANDEIRANTES		0		-	0,00	0,00
PAULISTA	15	171,36	7	0,08	2,40	0,42
PEDROSO	714	179,88	134	1,50	13,77	2,43
PICCINATO	94	172,44	29	0,33	4,12	0,73
PRIMAVERA	327	174,96	75	0,84	8,11	1,43
PROGRESSO	33	189,48	7	0,08	2,71	0,48
PROTESTANTES	269	187,56	83	0,93	8,35	1,48

Continua...

Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim (Continuação)

Bairro	Número de hidrômetros	Volume Micro (m³/ano)	Instalados a mais de 5 anos	% Hidrômetros instalados a mais de 5 anos	x	Indicador X
REAL PARQUE	302	185,64	149	1,67	12,23	2,16
REAL PARQUE IV	69	134,16	28	0,31	3,48	0,61
RESIDENCIAL ALPHAVILLE	47	179,04	7	0,08	2,68	0,47
RESIDENCIAL VALDECI O MANATA	40	147,6		-	1,89	0,33
RESIDENCIAL VEIGA	22	146,76		-	1,77	0,31
RIO ACIMA	1.048	180,72	336	3,77	27,10	4,79
RODOVIA SOROCABA-VOTORANTIM	4	190,08	2	0,02	2,26	0,40
RODRIGUES	113	180,12	35	0,39	4,65	0,82
SANTA HELENA		0		-	0,00	0,00
SANTA MARCIA	76	160,08	28	0,31	3,81	0,67
SANTA MONICA	256	177,72	47	0,53	6,15	1,09
SANTO ANTONIO	195	168,96	59	0,66	6,36	1,12
SANTO ANTONIO II		0		-	0,00	0,00
SANTOS DUMONT	371	174,96	171	1,92	13,76	2,43
SÃO JOAO	1.033	175,44	229	2,57	20,95	3,70
SÃO LUCAS	719	180,72	78	0,88	10,67	1,88
SÃO LUIZ	173	162,24	74	0,83	7,00	1,24
SÃO MATHEUS	367	175,92	87	0,98	9,03	1,59
SÃO PEDRO	330	179,16	52	0,58	6,88	1,22
SARKIS ABIBE	111	181,68	52	0,58	5,61	0,99
SAUN LAKE		0		-	0,00	0,00
SERRANO	525	178,32	118	1,32	11,73	2,07
SERRANO II	700	179,04	179	2,01	16,20	2,86
SIMONE	96	187,2	24	0,27	4,01	0,71

Continua...



Tabela 47. Dados referentes ao parque de hidrômetros do município de Votorantim (Continuação)

Bairro	Número de hidrômetros	Volume Micro (m³/ano)	Instalados a mais de 5 anos	% Hidrômetros instalados a mais de 5 anos	x	Indicador X
SONIA	34	175,56	19	0,21	3,23	0,57
TATIANA	1.585	178,32	464	5,21	37,44	6,61
TOLEDO	557	192,84	139	1,56	13,27	2,34
TOSCANA	8	177,24	4	0,04	2,26	0,40
UNIÃO	1	144	0	-	1,62	0,29
VALE DO SOL	48	181,68	11	0,12	2,94	0,52
VASQUES	177	165,6	55	0,62	5,99	1,06
VASQUES MARTINS	95	171,12	35	0,39	4,44	0,78
VILA GARCIA - INDUSTRIAL	7	224,16	2	0,02	2,66	0,47
VILA VERDE	62	169,92	8	0,09	2,72	0,48
VILLA FLORA	24	205,8	3	0,03	2,61	0,46
VILLAGIO DI CAPRI	16	109,32	0	-	1,32	0,23
VOSSOROCA	546	204,96	188	2,11	16,08	2,84
VOTOCEL	142	199,56	30	0,34	4,76	0,84
VOTORANTIM PARK I	167	155,16	51	0,57	5,59	0,99
VOTORANTIM PARK II	33	159,72	10	0,11	2,54	0,45

- Curva de Permanência

Na Tabela 48 é apresentado o intervalo de classes do consumo mensal por ligação (residencial) associada à ocorrência de ligações que possuem consumo neste intervalo. E na Figura 44 a curva de permanência do consumo mensal micromedido residencial no sistema de abastecimento de água de Votorantim.

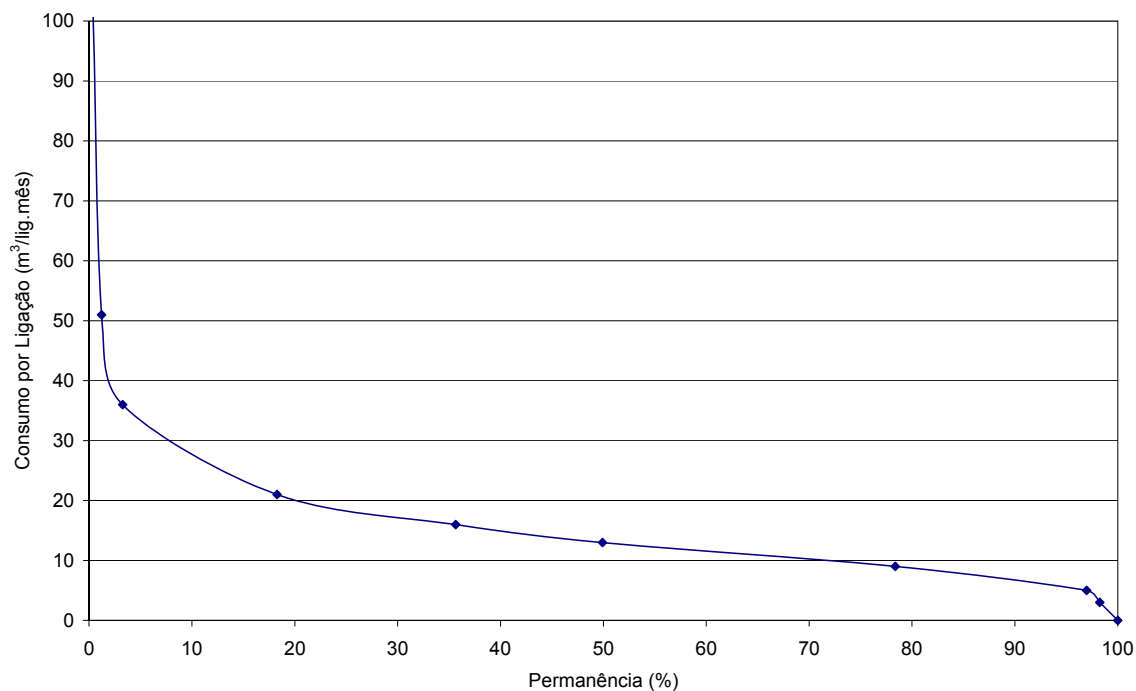
Tabela 48. Intervalo de classes do consumo mensal por ligação (residencial) associada à ocorrência de ligações que possuem consumo neste intervalo

Classes	Intervalo de consumo mensal por ligação (m <sup>3</sup> /lig.mês)		Número de hidrômetros que possuem consumo mensal dentro do intervalo	Frequência de ocorrência dos hidrômetros dentro do intervalo de consumo mensal por ligação (%)	Frequência Acumulada
1	15.179	101	131	0,39	0,39
2	100	51	284	0,84	1,23
3	50	36	684	2,03	3,26
4	35	21	5.056	15,01	18,27
5	20	16	5.850	17,37	35,64
6	15	13	4.806	14,27	49,91
7	12	9	9.589	28,47	78,38
8	8	5	6.268	18,61	96,98
9	4	3	425	1,26	98,25
10	2	0	591	1,75	100,00
<b>Total</b>			<b>33.684</b>	<b>100,00</b>	

Conforme já descrito 1,75% dos hidrômetros do município possuem um consumo mensal no intervalo de 0 a 2 m<sup>3</sup>/lig.mês, sendo necessário para tanto realizar uma vistoria em campo para verificar se existem moradores nestas residências ou se são ligações em casas de veraneio. De posse destas informações, recomenda-se que os hidrômetros que estejam instalados em residências que possuem moradores sejam prioritariamente substituídos.

Também constatou que aproximadamente 28,47% dos hidrômetros possuem consumos entre 9 e 12 m<sup>3</sup>/lig.mês, enquanto que 17,37% das ligações possuem hidrômetros com consumos entre 16 e 20 m<sup>3</sup>/mês. Recomenda-se que também sejam substituídos de forma prioritária os hidrômetros que possuem consumo superiores a 50m<sup>3</sup>/mês que foram instalados a mais de cinco anos. Deve-se verificar se estes hidrômetros que possuem altos consumos estão dimensionados adequadamente.

Figura 44. Curva de permanência do consumo mensal micromedido residencial no sistema de abastecimento de água de Votorantim



#### 5.5.5. Estrutura de gerenciamento do sistema de medição de vazão

É muito importante ter no Sistema Comercial um cadastro de hidrômetro completo, que permita verificar de maneira rápida e eficiente os dados do parque de hidrômetros e que permita a emissão de relatórios gerenciais para análise da eficiência da medição, detecção de indícios de fraudes, histograma de consumo, assim como a alimentação do balanço hídrico.

No cadastro deverão constar todas as informações do hidrômetro, tais como:

- Vazão nominal;
- Classe metrológica;
- Números de dígitos;
- Capacidade;
- Tipo: monojato/multijato/magnético/mecânico;
- Diâmetro;
- Marca;
- Ano de fabricação;
- Data de instalação;

- Condições de manutenção – novo ou recuperado;
- Espaço para dados de calibração;
- Espaço para processo de rastreabilidade do lote.

Os hidrômetros devem trazer as marcações de forma clara, mostrador, suporte da tampa (anel) ou na tampa. Nos hidrômetros podem ser encontradas as seguintes informações de identificação:

- Marca ou símbolo do fabricante;
- Numero indicativo da vazão máxima, em ambos os lados da carcaça;
- Sentido do fluxo em ambos os lados da carcaça;
- Sentido de sua regulação (quando houver);
- Código de modelo do fabricante;
- Vazão nominal e identificação da posição de instalação acompanhada da respectiva classe metrológica;
- Unidade de medida do volume em m<sup>3</sup> inscrita no mostrador;
- Marca da aprovação do modelo e indicação da classe metrológica no mostrador.

A inclusão do número completo do hidrômetro no sistema comercial facilita o uso da informação de forma gerencial.

A numeração deve ser única e por um sistema de dez caracteres alfanuméricos, na Figura 45 é apresentado um exemplo da numeração do hidrômetro.

- Primeiro caractere: uma letra corresponde à designação do hidrômetro quanto a vazão nominal;

- Segundo e terceiro caracteres: dois algarismo que correspondem ao ano de fabricação;

- Quarto caractere: uma letra exclusiva, correspondente à identificação do fabricante;

- Seis caracteres finais: números sequenciais do fabricante, tendo como início em 000001 para cada vazão nominal e para cada ano de fabricação.

Figura 45. Numeração do hidrômetro



Fonte: Autor, 2015.

Para facilitar a identificação dos fabricantes de hidrômetros, foram desenvolvidas as Tabela 49 e 50.

Tabela 49. Designação dos Hidrômetros quanto a vazão nominal.

Caractere	Vazão Nominal (m <sup>3</sup> /h)
X	0,6
Y	0,75
Z	1
A	1,5
B	2,5
C	3,5
D	5
E	10
F	15

Os medidores são classificados, de acordo com as Normas Brasileiras, como A, B ou C. Esta classificação indica a sua sensibilidade que é determinada pela vazão mínima e a vazão de transição (Tabela 51). O medidor é mais ou menos sensível quando parte da água escoar entre o espaço da carcaça e do rotor, sem provocar movimento no rotor, afetando seu desempenho.

Tabela 50. Códigos dos Fabricantes recomendados no presente trabalho

<b>COD</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>COD</b>	<b>FABRICANTE</b>
A	ARAD	N	ELSTER/ABB/NANSEN
B	SAPPEL	O	-
C	TIAN-JIN	P	MEINECKE/SOCAM/LAUTARO/INVENCUS/SENSUS
D	BERMAD	Q	-
E	ENERGIRUS/MULTGIRUS	R	LORENZ
F	FAE	S	ACTARIS/SCHUMBERGER
G	-	T	TECNOBRAS
H	HIDROMETER	U	STARLUX
I	-	V	AVS
J	-	W	-
K	-	X	INEVENSYS/TURBIMAX/SENSUS
L	LAO	Y	-
M	MADALENA	Z	ZENNER

Tabela 51. Classe metrológica do hidrômetro

<b>Classe</b>	<b>Vazão (L/h)</b>	<b>Vazão Normal (m³/h)</b>								
		<b>0,6</b>	<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>A</b>	<b>Mínima</b>	24	30	40	40	100	140	200	400	600
	<b>Transição</b>	60	75	100	150	250	350	500	1000	1500
<b>B</b>	<b>Mínima</b>	12	15	20	30	50	70	100	200	300
	<b>Transição</b>	48	60	80	120	200	280	400	800	1200
<b>C</b>	<b>Mínima</b>	6	7,5	10	15	25	35	50	100	150
	<b>Transição</b>	9	11	15	22,5	37,5	52,5	75	150	225

Destaca-se que os medidores Classe Metrológica C são mais precisos, no entanto estudos vêm mostrando que o custo em relação ao seu benefício ainda não são compensatórios quando comparado aos medidores de Classe Metrológica B. No entanto, para grandes consumidores, pode se tornar viável a aplicação de medidores de Classe Metrológica C, em virtude de pequenos desvios representarem grandes volumes no final de um mês.

### 5.5.6. Redimensionamento de medidores em grandes consumidores

Atualmente uma dos maiores problemas enfrentados pelo setor de micromedição e comercial é com relação ao dimensionamento dos hidrômetros a serem implantados nas economias ativas, principalmente naquelas em que o consumo a priori será elevado, caracterizando-se por um grande consumidor.

Isto ocorre porque o processo de dimensionamento dos medidores se dá por um processo empírico onde os consumidores são estimados com base em suposições que na prática pode não ocorrer. Desta forma, as chances de se ter erros de medição, principalmente pelo problema de sub-medição são elevadas. Além disso as mudanças constantes do regime de consumo deste grupo comercial muitas vezes é detectado tardiamente pelas companhias, havendo uma perda por submedição muito grande, contribuindo de forma significativa para as perdas de faturamento e também para o índice global de perdas para o setor de saneamento.

Assim sendo, o medidor deste tipo de usuário merece um cuidado especial, com um acompanhamento constante pela área comercial, pois mesmo pequenos erros de medição podem representar uma significativa perda no faturamento.

A SABESP, após vários anos resultados de campo, de ensaios efetuados no laboratório de sua oficina de hidrômetros e contanto com trabalho específico realizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), adota hoje o seguinte critério na elaboração do seu Programa de Manutenção Preventiva:

Quando o tempo de instalação atingir períodos de troca indicados na Tabela 52, em função do tamanho do medidor instalado; ou quando a leitura totalizada pelo medidor ultrapassa os valores apresentados na Tabela 53, em função do tamanho do medidor.

Tabela 52. Troca do medidor de acordo com seu tempo de funcionamento, vazão e diâmetro nominal

Vazão nominal (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro nominal	Período de troca (anos)
0,75 e 1,5	1/2" e 3/4"(13mm e 20mm)	10
2,5 a 15	3/4" a 2" (20mm a 50mm)	5
maiores	Acima de 2" (50mm)	3

Tabela 53. Troca do medidor de acordo com a leitura obtida e respectiva vazão e diâmetro nominal

Vazão Nominal (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro nominal	Leitura para troca (m <sup>3</sup> )
1,5	½" (13mm) ou ¾" (20mm)	4.000
3	½" (13mm) ou ¾" (20mm)	6.000
5	¾" (20mm)	7.000
7	1" (25mm)	16.000
10	¾" (20mm)	26.000
20	1 ½" (40mm)	38.000
30	2" (50mm)	56.000
300	2" (50mm)	115.000
1100	3" (80mm)	235.000
1800	4" (100mm)	400.000
4000	6" (150mm)	1.000.000
6500	8" (200mm)	2.500.000

Efetuar um acompanhamento contínuo dos grandes consumidores, de modo que qualquer desvio significativo seja logo investigado e se for constatado defeito no hidrômetro, substituí-lo imediatamente.

São considerados grandes consumidores indústrias/comerciais, escolas, hospitais, condomínios residências etc que consomem uma média acima de 50m<sup>3</sup>/mês.

No Anexo 3 (digital) são apresentadas as 429 ligações do município Votorantim que possuem consumos mensais superiores a 50 m<sup>3</sup>.

#### 5.5.7. Estudos e novas tecnologias aplicadas à medição de vazão

Dentre as tecnologias de medição de água disponíveis a que atualmente tem impactado através de sua introdução no país são chamados hidrômetros eletrônicos e registradores eletrônicos. A fim de que possam ser melhor compreendida a sistemática abaixo são descritas as características da tecnologia.

Os registradores eletrônicos e hidrômetros eletrônicos têm como identificação mais imediata e visível a substituição de elementos mecânicos (relojoaria com engrenagens) por elementos eletrônicos (Display de Cristal Líquido, Porta óticas de Comunicação, etc.).

Na sequência são apresentadas várias tecnologias inovadoras aplicadas à leitura/coleta de dados, emissão de contas de processamento de dados.

- coletor eletrônico de dados – leitura visual e registro manual;
- coletor eletrônico de dados – leitura e registro automático por meio eletrônico;
- sistema de telemetria – registro e transmissão remota de dados por meio eletrônico;



- transmissão de dados pelo usuário – leitura transmitida pelo usuário por intermédio dos meios de comunicação disponíveis, telefone ou rede de informática (e-mail);
- coletor de dados, processamento e emissão de conta in loco em tempo real – utilizando-se de equipamento portátil integrado por microcomputador e impressora;
- emissão de conta escritural, com transmissão de dados por meio magnético (discos/fitas) ou eletrônico para as agências arrecadoras (débito automático em banco/cartão de crédito);
- emissão de conta-carne para compra antecipada de volume programado/determinado e/ou para contrato de demanda;
- emissão de cartão ou ticket magnético para volumes padrão – compra antecipada de volume determinado, cujo consumo é liberado por meio de sistema eletrônico automatizado, integrado por medidor e registro com acionamento programado;e
- pré-pagamento – tecnologia onde são utilizados cartões magnéticos, semelhantes aos empregados para ligações telefônicas, com o volume de água a ser consumido pré-definido. Os cartões são inseridos em dispositivos eletrônicos instalados nos medidores e, após o término do volume pré-estabelecido, o fornecimento de água é desligado automaticamente.

Em virtude dos preços dos equipamentos, destaca-se que os hidrômetros eletrônicos possuem ainda valores significativamente superiores aos hidrômetros mecânicos. Assim, para uso destes equipamentos em categorias residenciais e comerciais convencionais não está sendo recomendado. No entanto, para grandes consumidores, como por exemplo indústrias que possuem grandes consumos, o custo benefício destes equipamentos já se torna viável.

Recomenda-se também exigir estes equipamentos para os novos empreendimentos imobiliários que serão implantados (exemplos: condomínios verticais e horizontais), sendo de responsabilidade dos empreendedores os custos de aquisição destes equipamentos.

Quanto ao sistema de leitura, destaca-se que quanto mais informatizado for o processo menor é a probabilidade de ocorrerem fraudes no sistema de leitura. Assim, a implantação de sistemas de leituras eletrônicas tem-se mostrado para os municípios brasileiros que são economicamente viável, uma vez que em várias situações os custos de implantação do sistema foram cobertos pelo aumento das receitas.

### 5.5.8. Identificação e readequação das categorias dos consumidores

Os hidrômetros do município de Votorantim, são classificados em quatro categorias, sendo ela:

- Residencial;
- Comercial;
- Industrial;
- Pública.

No entanto durante a análise dos dados foi possível identificar diversas ligações que não estão caracterizadas as suas respectivas categorias.

Na Tabela 54 são apresentadas a quantidade de ligações conforme a sua categoria. O setor de cadastro deve realizar constantes atualizações com o intuito de confirmar se as ligações estão realmente classificadas corretamente, em virtude das tarifas serem diferenciadas, bem como com o intuito de constatar se o consumo está adequadamente padronizado para o tipo de medidor.

Tabela 54. Quantidades de ligações por categoria de consumidor no município Votorantim

<b>Categoria</b>	<b>Número de Ligações</b>
Residencial	32.182
Comercial	1.577
Industrial	140
Pública	418
Sem Categoria	795
<b>TOTAL</b>	<b>33.684</b>

### 5.5.9. Adequação dos hidrômetros às suas respectivas faixas de trabalho

Os hidrômetros são dimensionados considerando quatro vazões, sendo estas:

- vazão mínima - caso a vazão que passe no hidrômetro for inferior a vazão mínima, o sistema de leitura estará comprometido, pois os erros serão significativamente altos;

- vazão de transição - quando a vazão que estiver operando o hidrômetro for superior a vazão de transição e inferior a vazão máxima os erros de medição serão iguais a 2%;

- vazão nominal - caso a vazão do escoamento estiver próximo a vazão nominal entende-se que o hidrômetro estará operando nas melhores condições de confiabilidade de medição, sendo que esta vazão está na faixa de medição entre a vazão de transição e a vazão máxima,

- vazão máxima - maior vazão que o hidrômetro deverá operar, pois valores superiores a estes tendem a danificar o equipamento e diminuir a sua vida útil.

A faixa de medição é o intervalo definido entre a vazão mínima, da qual o hidrômetro deve permanecer dentro dos limites de erros máximos admissíveis, e vazão máxima. Na sequência são apresentadas as faixas de medição nos hidrômetros utilizados nos sistemas de abastecimento de água.

- Faixa inferior de medição – Intervalo definido entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão de transição (exclusive), que é aquela que define a separação entre as faixas inferior e superior de medição.

- Faixa superior de medição – Intervalo definido entre a vazão de transição (inclusive) e a vazão máxima (inclusive).

Os hidrômetros são classificados metrologicamente de acordo com a vazão mínima ( $Q_{\min}$ ) e a vazão de transição ( $Q_t$ ). No Brasil, a norma NBR NM 212:1999 previu as classificações A, B e C para hidrômetros de vazão nominal igual ou inferior à 15m<sup>3</sup>/h, considerando de baixa vazão. Sendo que para hidrômetros de 1,5m<sup>3</sup>/h de vazão nominal tem-se:

- Classe A:  $Q_{\min} = 40$  L/h e  $Q_t = 150$  L/h

- Classe B:  $Q_{\min} = 30$  L/h e  $Q_t = 120$  L/h

- Classe C:  $Q_{\min} = 15$  L/h e  $Q_t = 22,5$  L/h

Os hidrômetros são classificados pela sua classe metrológica. A norma NBR NM 212 (ABNT, 1999) estabelece três classes: A, B e C. Elas correspondem, nesta ordem, a vazões mínimas de maior valor. Portanto, hidrômetros classe C têm maior capacidade de medição de vazões baixas que os hidrômetros B e estes por sua vez, maior que os de classe A.

A Tabela 55 apresenta os valores das vazões mínimas e de transição convertidos para medidores de vazão nominal de 0,6 a 15m<sup>3</sup>/h. Os valores dentro de cada quadricula desta tabela, são apresentados em L/h

Tabela 55. Vazões características de hidrômetros segundo sua classe metroológica e vazão nominal.

Classe	Vazão (L/h)	Vazão Nominal (m <sup>3</sup> /h)								
		0,60	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	10,0	15,0
A	Q <sub>min</sub>	24	30	40	40	100	140	200	400	600
	Q <sub>t</sub>	60	75	100	150	250	350	500	1000	1500
B	Q <sub>min</sub>	12	15	20	30	50	70	100	200	300
	Q <sub>t</sub>	48	60	80	120	200	280	400	800	1200
C	Q <sub>min</sub>	6	7,5	10	15	25	35	50	100	150
	Q <sub>t</sub>	9	11	15	22,5	37,5	52,5	150	150	225

Muitas companhias de saneamento adotam tabelas para dimensionamento, advindas de outros municípios, outros estados e até outros países. No Brasil algumas companhias de saneamento vem desenvolvendo pesquisas e baseadas nestas, criando suas próprias tabelas.

A SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná, através de estudos realizados pelo seu corpo técnico desenvolveu uma tabela (Tabela 56) para pré-dimensionamento de hidrômetros e manutenção preventiva.

Recomenda-se que a CAV adquira equipamentos denominados “Loggers” para serem instalados junto aos hidrômetros, visando monitorar o perfil de consumo do usuário. Desta forma será possível identificar quais as vazões de trabalho por usuário, sendo necessário correlacionar a pressão existente na rede de distribuição, pois quanto maior a pressão na rede maior será a vazão que passará no hidrômetro quando a bóia da caixa d’água estiver aberta.

Tabela 56. Pré-Dimensionamento de Hidrômetros e Manutenção Preventiva – SANEPAR (2014)

Faixa de Consumo (m <sup>3</sup> /mês)	Características do Medidor					Idade p/ troca preventiva (anos)	Faixa de Volume registrado para troca (m <sup>3</sup> )	
	Qnom	Qmáx	Diâmetro		Classe Metroológica			Tipo
	m <sup>3</sup> /h		mm	pol				
0 a 10	0,75	1,5	20	¾"	B	Unijato	Somente Corretiva	1000 a 1800
11 a 30	0,75	1,5	20	¾"	B	Unijato	8	1000 a 2900
31 a 80	1,5	3,0	20	¾"	C	Multijato / Volumét.		2900 a 10000
81 a 200	1,5	3,0	20	¾"	C	Multijato / Volumét.		7000 a 10000
201 a 400	2,5	5,0	20	¾"	C	Multijato / Volumét.		10000 a 15000
401 a 800	3,5	7,0	25	1"	C	Multijato / Volumét.		25000 a 45000
801 a 1000	10	20	40	1 ½"	C	Multijato / Volumét.		45000 a 65000
1001 a 3000	15	30	50	2"	C	Multijato / Unijato		65000 a 10000
3001 - 6570	15 a 20	30 a 40	50	2"	B	Woltmann		150000
6570 - 21900	55	110	80	3"	B	Woltmann		50000
21900 – 32850	90	180	100	4"	B	Woltmann		750000
32850 - 65700	150	300	150	6"	B	Woltmann	150000	

### 5.5.10. Considerações Finais

Um dos maiores problemas enfrentados pela Aguas de Votorantim é com relação as perdas aparentes. Desta forma a Aguas de Votorantim deixa de medir grande parte da água por ele captada, que se fossem transformadas em receita, tornar-se-ia bem mais apta a investir em melhorias do processo, tornando-se continuamente mais eficiente.

A atividade de Melhorias da Gestão da Micromedição vem de encontro com a preocupação dos dirigentes da Águas de Votorantim em relação às perdas existentes no Sistema de Abastecimento de Água de Votorantim, uma vez que o aumento gradativo das perdas poderá atingir níveis insuportáveis, prejudicando o bom andamento dos serviços, a imagem da Águas de Votorantim perante a população e principalmente a saúde financeira desta com relação aos seus compromissos e com investimentos necessários para acompanhar o crescimento populacional da cidade.

Assim, neste capítulo são apresentadas metodologias que devem ser colocadas em práticas, visando reduzir as sub-medidas que são significativas em sistemas de abastecimento de água, em virtude de dimensionamento inadequado de equipamentos, bem como também pelo elevado tempo de instalação destes.

Recomenda-se que seja criado o cargo de analista comercial, que terá a função de analisar os dados propostos neste trabalho, bem como ser responsável por administrar as metas a serem estabelecidas.

Constantemente deve ser aplicado treinamento para os funcionários do setor comercial, bem como para os leituristas, mostrando para estes que as suas funções são essenciais para a sustentabilidade do processo de captar, tratar e distribuir a água para a população.

Também recomenda-se criar um sistema de telefonia (0800), onde deve ser incentivado a denúncia de fraudes e ligações clandestinas. Primeiramente deve mostrar para a população que o sistema de abastecimento de água necessita de investimentos que permitam a continuidade do processo de distribuição de água, como por exemplo, manutenções em redes que necessitam ser substituídas ao longo do tempo. Assim, caso algum consumidor esteja fraudando água, indiretamente está fraudando o consumidor que está contribuindo de forma correta, pois caso algum dia o sistema de abastecimento não tenha condições financeiras de realizar as obras que permitam a continuidade do processo, poderá ocorrer falta de água e prejudicar os usuários que contribuem corretamente.

## 5.6. ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE AÇÕES VISANDO MELHORIAS NO SISTEMA COM O INTUITO DE REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA

Na sequência são apresentadas as ações que deverão ser também programadas de serem executadas visando reduzir as perdas de água no sistema de abastecimento de Votorantim.

### 5.6.1. Programação dos serviços de pesquisa de vazamentos

Todo Plano Diretor de Perdas de Água prevê a atuação intensiva de combate aos vazamentos, sejam eles visíveis ou não. Estudos têm mostrado que na grande maioria das empresas, o percentual de vazamentos nos ramais é maior que na rede de distribuição, obedecendo a ordem de 70% e 30%, respectivamente.

São diversos os fatores responsáveis pela existência dos vazamentos. Estes fatores, quando combatidos, permitem a quase extinção dos mesmos, restando apenas aqueles ocasionados pelo desgaste das tubulações, ou mesmo por fatores alheios aos sistemas, e que ainda assim poderão ser controlados. A seguir, são apresentados os principais fatores.

- Pressão Alta: A pressão pode aumentar a quantidade das perdas de um sistema, interferindo em diversos aspectos, conforme descritos na seqüência:

- Frequência de vazamentos: O aumento da pressão em algumas regiões, pode provocar o aumento de vazamentos, num período relativamente pequeno de tempo. Da mesma forma, uma redução na pressão pode diminuir a quantidade de rompimento nas tubulações, impedindo vazamentos futuros.

- Localização dos vazamentos: Pressões mais elevadas aumentam o valor das perdas por vazamentos e facilitam o seu aparecimento, ao passo que pressões menores permitem que o vazamento infiltre no solo não aflorando. Enquanto não são localizados, os vazamentos não visíveis, além de causar prejuízo ao serviço de água, muitas vezes solapam o solo, prejudicando a estrutura do prédio do usuário. Uma forma utilizada para redução da pressão é a instalação de válvulas redutoras de pressão. Essas válvulas podem ser reguladas de acordo com a pressão desejada, seja fixa ou regulada por períodos conforme os horários de maior consumo. Não deixa de ser um método eficiente, mas deverá ser observado cada caso, antes da instalação das mesmas. Em regiões que apresentam grandes quantidades de vazamentos, visíveis e/ou não visíveis, devem-se relacionar os locais de maior incidência dos mesmos, para que quando a válvula estiver operando e os vazamentos não mais

aparecerem, visto que a pressão caiu, os mesmos possam ser combatidos. Para os vazamentos que já eram não visíveis a sua detecção fica mais comprometida. Nesse caso devem-se observar as condições das tubulações; se precárias, a pesquisa deverá ser feita antes da instalação das válvulas, uma vez que os vazamentos deverão ser muitos, e embora, com menor intensidade, continuarão a existir.

- Ondas de pressão: Ondas de pressão estão diretamente relacionadas com o item “Localização de Vazamentos” exposto acima. Quando uma válvula é aberta ou fechada rapidamente, a tubulação sofre uma pressão ou subpressão respectivamente, provocando rupturas e até movimento dessas tubulações. Dependendo do esforço submetido, a tubulação pode romper, provocando grandes prejuízos à operadora.

- Deterioração das tubulações: A corrosão interna geralmente é mais severa em águas suaves de regiões de planalto. As tubulações metálicas são as que mais sofrem deterioração. Este não é o caso das águas existentes no sistema de abastecimento de água de Votorantim. A corrosão externa pode surgir de uma variedade de causas, inclusive de diferença de potenciais entre o solo e a tubulação, corrosão bimetálica, variações nas concentrações de sais dissolvidos no solo e ação microbiana. Os efeitos da corrosão externa são semelhantes aos sofridos pela corrosão interna.

- Qualidade da execução dos serviços: Muitos vazamentos ocorrem em virtude da qualidade da execução dos serviços, principalmente nas juntas dos materiais. Assim, deve-se sempre realizar a fiscalização dos serviços a serem executados, bem como sempre que possível realizar o teste de estanqueidade na rede antes de realizar o fechamento das valas.

#### 5.6.2. Projeto de Pesquisa de Vazamentos para Votorantim

O projeto deverá ser implantado na CAV com a aquisição de equipamentos suficientes para formação de uma 01 equipe de pesquisa. Cada equipe deve ser composta de pelo menos 02 pessoas (funcionários da CAV).

Com 01 equipe operando regularmente, estima-se que a equipe teria condições de pesquisar 2 km de rede por dia.

Assim, como o sistema de abastecimento possui aproximadamente 500 km de rede de distribuição poderá concluir toda a pesquisa em torno de 250 dias, desde que não haja nenhum contratempo, tais como chuva, falta de água, equipe disponibilizada, viaturas, etc.



### 5.6.3. Plano de trabalho

Em Votorantim o plano de trabalho foi elaborado em função de uma (01) equipe requerida e dados obtidos referente ao sistema de abastecimento de água. Na sequência são apresentados os locais prioritários para iniciar as atividades de pesquisa de vazamentos não visíveis.

a) Regiões com alto índice de vazamentos visíveis.

Em todo local onde há grande quantidade de vazamentos visíveis, e o solo é permeável, a possibilidade de existirem vazamentos não visíveis é alta.

b) Regiões com pressões altas (> 50 m.c.a.).

c) Regiões com pressões entre 15 e 50 m.c.a.

Destacadas as regiões com pressões elevadas, as que apresentarem valores superiores a 50 m.c.a. são eliminadas, pelo menos até que se tomem providências. Essas providências consistem na setorização e/ou instalação de válvulas redutoras de pressões. Enquanto não for possível realizar estas ações, recomenda-se a pesquisa nestas regiões por apresentarem alta propensão de vazamentos em virtude das altas pressões.

d) Regiões com falta d'água.

Muitas vezes a falta d'água é provocada pela ruptura da tubulação responsável pelo abastecimento da região. Nesses casos é efetuada a pesquisa.

e) Regiões com tubulações antigas.

Embora o correto fosse a substituição de toda tubulação, porém nem sempre isso é possível. Nesses casos a pesquisa é feita caracterizando as regiões críticas, onde a substituição é mais urgente.

f) Regiões onde a pavimentação asfáltica será recomposta.

Sempre que a Votorantim for recapear o asfalto de alguma área, a mesma deverá ser investigada. Evitando assim rompimento do mesmo, quando da execução dos reparos.

g) Sistemas isolados.

Setores isolados apresentam facilidade da medição das mínimas noturnas, onde 100% da região será medida.

Separadas as regiões que atendem alguns dos itens acima, deverá se proceder a pesquisa de acordo com a prioridade do momento.

O Cadastro Técnico também deverá estar atualizado para que as plantas de cadastro da rede de distribuição possam ser separadas e definidas as prioridades.

#### 5.6.4. Equipamentos necessários para estrutura de uma (01) equipe de pesquisa

Na sequência são apresentadas a relação de equipamentos e veículos para atender as equipes de pesquisa:

- 01 veículo;
- 01 medidor de vazão tipo ultra-som;
- 01 notebook;
- 02 hastes de escuta de 1.500 mm;
- 01 barra de perfuração;
- 01 geofone eletrônico;
- 01 locador de tubulações metálicas; e
- 04 registradores tipo data-logger's de pressão.

Na Tabela 57 é apresentado orçamento estimativo para aquisição dos equipamentos requeridos para estrutura de formação de uma (01) equipe de pesquisa de vazamentos, bem como o custo estimado para a folha salarial para compor esta equipe de serviços.

Tabela 57. Orçamento dos equipamentos para pesquisa de vazamentos

Descrição	Unidade	Quant.	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
<b>1. Equipamento</b>				
1.1. Veículo	unid.	01	35.000,00	35.000,00
1.2. Medidor de Vazão (ultra-som)	unid.	01	25.000,00	25.000,00
1.3. Notebook	unid.	01	3.000,00	3.000,00
1.4. Haste de Escuta	unid.	02	680,00	1.360,00
1.5. Barra de Perfuração	unid.	01	115,00	115,00
1.6. Geofone Eletrônico	unid.	01	9.040,00	9.040,00
1.7. Locador de tubulação metálica	unid.	01	6.000,00	6.000,00
1.8. Data-loggers de pressão	unid.	06	4.000,00	13.000,00
<b>Total (Item 1)</b>				<b>92.515,00</b>
<b>2. Mão de Obra</b>				
2.1. Engenheiro Civil	mês	01	11.376,00*	11.376,00
2.2. Técnico em pesquisa de vazamento	mês	01	3.780,00*	3.780,00
2.3. Auxiliar em pesquisa de vazamento	mês	01	2.520,00*	2.520,00
<b>Total (Item 2)</b>				<b>17.676,00</b>

\* - Incluso encargos sociais.

Destaca-se que a Concessionária Águas de Votorantim (CAV) já possui os equipamentos apresentados na Tabela 56.

#### 5.6.5. Método de pesquisa de vazamentos adotado

São diversas as formas utilizadas para pesquisar vazamentos não visíveis, desde a simples vistoria em galerias de águas pluviais até a utilização de armazenadores de ruídos com data logger's com controle contínuo de vazamentos.

O método para implantação de varredura total do sistema com o geofonamento, isto é com a pesquisa dos vazamentos através da haste de escuta percorrendo cavalete por cavalete do Sistema de Abastecimento de Água, seguindo então, para o geofonamento das redes de distribuição e adutoras e posteriormente para confirmação do vazamento à utilização do correlacionador de ruídos.

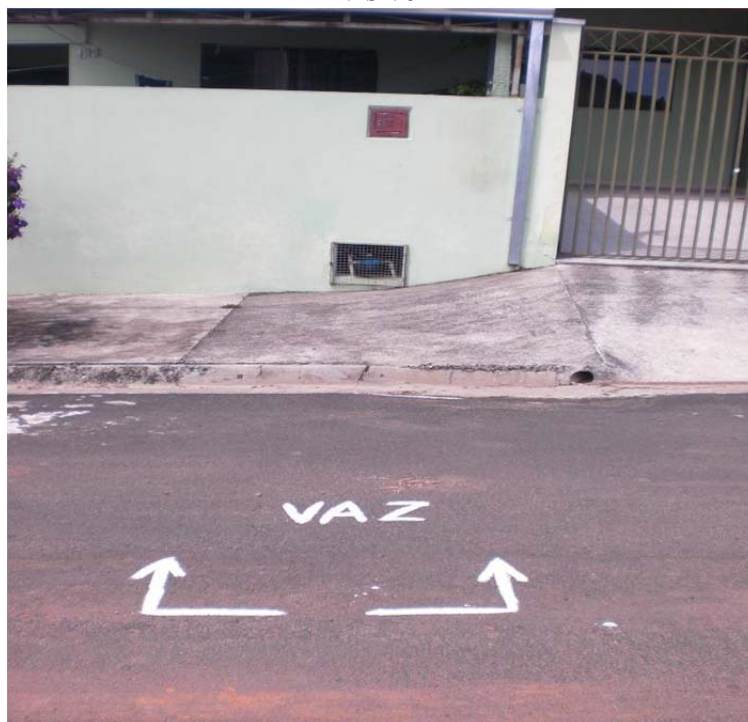
A Pesquisa de Vazamentos Não Visíveis com aparelhos específicos consiste em detectar ruídos de vazamentos provocados pela passagem da água pressurizada, através de danos nas tubulações, sejam eles fissuras, fendas ou mesmo rupturas. Em se tratando de trabalho específico, é de vital importância a obediência de pré requisitos, bem como do método empregado.

Definidas as áreas onde serão realizadas as pesquisas de vazamentos, inicia-se o projeto com as seguintes ações:

- a) Medição das vazões e pressões máximas e mínimas;
- b) Preparação das plantas cadastrais;
- c) Escuta de ruídos nos cavaletes;
- d) Confirmação dos ruídos;
- e) Localização das tubulações;
- f) Correlação de ruídos de vazamentos;
- g) Demarcação dos vazamentos com tinta nos locais;
- h) Atividades de escritório com preenchimento de formulários;
- i) Acompanhamento dos reparos; e
- j) Relatórios com resultados obtidos.

Na sequência são apresentados as Figuras 46 a 52 de alguns vazamentos detectados e reparados no sistema de abastecimento de água de Votorantim.

Figura 46. Demarcação com tinta branca no local onde foi detectado vazamento não visível



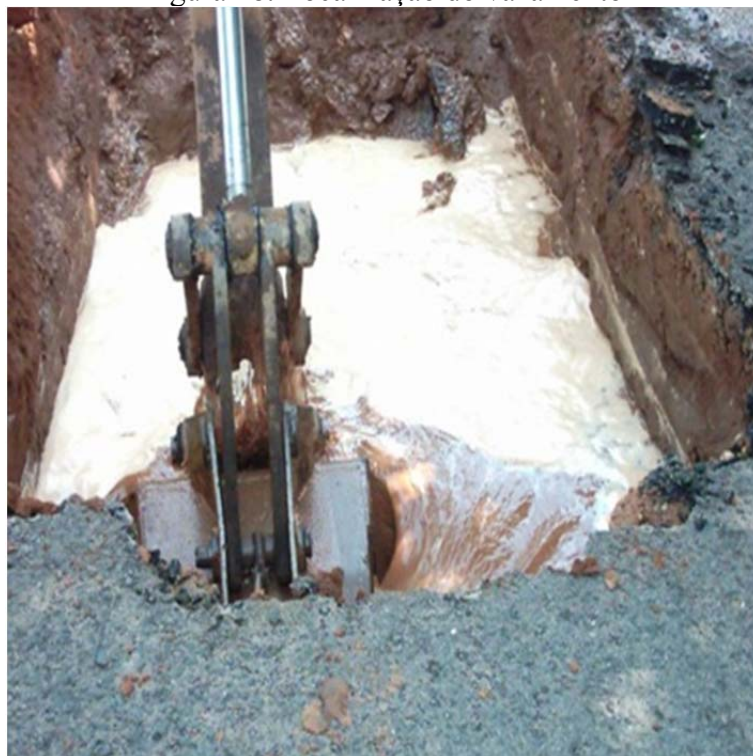
Fonte: Autor, 2015.

Figura 47. Retroescavadeira abrindo o local do vazamento não visível



Fonte: Autor, 2015.

Figura 48. Localização do vazamento



Fonte: Autor, 2015.

Figura 49. Furo na rede que causou o vazamento



Fonte: Autor, 2015.



Figura 50. Abertura de vala no local indicado de vazamento



Fonte: Autor, 2015.

Figura 51. Localização do vazamento não visível



Fonte: Autor, 2015.

Figura 52. Localização do vazamento no colar de tomada



Fonte: Autor, 2015.

a) Procedimento de Campo para Detecção de Vazamentos Não Visíveis:

Previamente deve ser checado se todos os equipamentos e materiais necessários nos trabalhos de pesquisa estão disponibilizados à equipe. Para os equipamentos eletrônicos, verificar também se as condições de carga (baterias) estão garantidas.

Em caso de campo deve se verificar inicialmente se não está havendo falta d'água na área a ser pesquisada e efetuar a medição de pressão da rede de distribuição várias vezes durante o dia de trabalho, utilizando-se de manômetros aferidos. A pressão mínima recomendada é de  $1,5 \text{ kgf/cm}^2$  (15 mca).

a.1) Haste de Escuta

Na primeira fase de escuta do ruído de vazamento devem ser pesquisados todos os pontos acessíveis da tubulação, isto é, cavaletes, hidrantes, registros, válvulas, tubulação aparente, registro de passeio, se houver, utilizando-se de haste de escuta. Deve-se caminhar em um lado da rua, quando isto for possível, e durante a caminhada observar com atenção a possível existência de vazamento visível na rede, nos ramais e cavaletes. Deve-se anotar as residências cujos cavaletes não foram pesquisados e o motivo (portão fechado, morador ausente, etc.) e verificar a situação das válvulas (não localizada, entulhada, inundada), com anotações na planta cadastral.

Ao ouvir um ruído suspeito no cavalete, assegurar-se de que não está havendo passagem d'água através do hidrômetro, fechando firmemente o registro (certificar-se que o mesmo está vedando), pois um pequeno vazamento existente na tubulação interna do imóvel também pode provocar ruídos similares ao do vazamento.

Todos os trechos de rede não metálicos que possuem pontos de contatos distantes mais de 20 m, ou trechos de redes metálicas, que possuem pontos de contatos distantes mais de 35 m ou todas as travessias, independentemente do material da rede, devem ser anotados para posterior pesquisa com geofone e/ou correlacionador.

Após obtenção de um certo número de pontos suspeitos, a pesquisa terá prosseguimento com o geofone eletrônico ou mecânico, correlacionador de haste de perfuração ou perfuratriz.

#### a.2) Geofone

A segunda fase da pesquisa deve ser feita com o geofone eletrônico, onde serão ouvidos todos os pontos suspeitos marcados na pesquisa com haste de escuta e as redes de distribuição em que existem poucos pontos de contato (cavaletes muito distantes, anéis de distribuição, travessias, etc). O geofonamento deve ser efetuado posicionando-se o sensor sucessivamente a cada 1,5m, aproximadamente, sobre a superfície onde a tubulação está enterrada. Ao ouvir um ruído suspeito deve ser intensificada a pesquisa nesta área, para definir o ponto com possível vazamento. Caso houver excesso de ruído indesejável durante o dia, a pesquisa deverá ser feita à noite.

O geofone mecânico é um equipamento de escuta de performance limitada, sem filtros ou amplificação dos ruídos. Na ausência do geofone eletrônico, pode ser utilizado, exigindo grande sensibilidade de quem opera.

#### a.3) Confirmação e Marcação do Vazamento

O ponto de vazamento indicado pelos equipamentos pode ser confirmado com a aplicação da barra de perfuração (ou perfuratriz).

Definido o ponto de vazamento, este deve ser marcado na planta cadastral, e no local deve-se fazer uma marcação com tinta não-lavável. Se o local não for pavimentado, a marcação do ponto deve ser feita por um croqui de amarração.



#### a.4) Confirmação do Cadastro da Tubulação

Caso haja dúvidas quanto à localização precisa da rede pesquisada, devem ser utilizados locadores de tubulação a massa metálica.

#### a.5) Registro do Ensaio

Cada vazamento encontrado deve ser registrado em um relatório apropriado. As informações a serem apresentadas no relatório deverão conter, no mínimo, aquelas mostradas no modelo apresentado na seqüência.

#### a.6) Manuseio dos Equipamentos

Antes do início dos trabalhos em campo, é importante verificar as condições de operação dos equipamentos, conforme recomendações do fabricante.

Os equipamentos de detecção devem ser manuseados adequadamente, de maneira a preservar a sua funcionalidade e integridade. Cuidados especiais devem ser tomados no posicionamento dos sensores do geofone e do correlacionador, os quais não devem ser submetidos a impactos.

#### a.5) Aspectos Comportamentais

Os profissionais que trabalham em detecção de vazamentos não-visíveis devem ter a consciência de que o seu trabalho envolve contatos ou interação com pessoas. Por isso devem ser rigorosamente obedecidos os seguintes procedimentos:

- trajar-se adequadamente, com asseio, portando jaleco e crachás de identificação;
- identificar o veículo conforme exigências da empresa contratante dos serviços;
- tratar com educação e respeito os moradores, informando o motivo do acesso ao cavalete do imóvel. Caso os serviços tenham de ser realizados no período noturno, os moradores envolvidos devem ser comunicados com a devida antecedência:

- sinalizar convenientemente quando estiver trabalhando nas vias de tráfego, evitando-se acidentes de trânsito e danos físicos ao profissional e às pessoas em geral.

#### 5.6.6. Criação de um Departamento de Combate as Perdas de Água

A metodologia de combate às perdas aqui apresentadas terá seus trabalhos baseados no método de Análise e Solução de Problemas de Perdas, sendo caracterizado por quatro

fases de execução, que são o Planejamento, Execução, Análise dos resultados e as Ações Corretivas, as quais foram descritas anteriormente. Desta forma, para a aplicação das metodologias a serem realizadas pela CAV deverá criar um departamento com exclusividade na área de controle e redução das perdas de água. Conforme descrito no item “Criação de Equipe de Pesquisa de Vazamentos”, deve-se também compor este novo departamento os integrantes desta equipe de pesquisa de vazamentos. Assim, o departamento deverá ser composto pelos seguintes profissionais:

- 02 técnicos em pesquisa de vazamentos não visíveis, conforme apresentado no item “Criação de Equipe de Pesquisa de Vazamentos”;

- 01 desenhista (cadista) para atualizar os dados cadastrais rotineiramente. Ressalta-se que toda ordem de serviço a ser realizada pelo departamento de manutenção, deverá ser solicitado ao encarregado de manutenção realizar um croqui da rede de abastecimento onde será realizado o reparo contendo informações do diâmetro, material, profundidade, localização (passeio ou rua), bem como o endereço do reparo, para que então o profissional desenhista possa atualizar estas informações no cadastro hidráulico do município.

- 01 técnico para gerenciar os serviços de micromedição conforme metodologia já apresentada neste trabalho;

- 01 engenheiro responsável para gerenciar todas as atividades que visam o combate e redução das perdas de água, sendo estas atividades composta por: atualização do cadastro, monitoramento dos vazamentos não visíveis, monitoramento das pressões nos cavaletes das residências, gestão da micromedição e macromedição, gestão dos equipamentos mecânicos hidráulicos do sistema de abastecimento, implantação de projetos hidráulicos (ex: projeto de setorização) e implantação de projetos de automação (controle da vazão e nível dos reservatórios).

Todo serviço de manutenção na rede de abastecimento de água deverá ser realizado mediante uma Ordem de Serviço. Assim, na Figura 53 é apresentado um modelo para ser utilizado pela CAV, visando atualizar a base cadastral do sistema de abastecimento.

Desta forma o procedimento consiste das seguintes etapas:


- Primeira etapa: solicitação ao setor administrativo da ordem de serviço para manutenção em campo da rede de abastecimento;

- Segunda etapa: fornecimento da ordem de serviço e impressão do formulário de campo para preenchimento;

- Terceira etapa: execução da manutenção da rede no campo, bem como preenchimento do formulário.

- Quarta etapa: entrega do formulário preenchido ao setor administrativo.

Figura 53. Modelo a ser utilizado para atualização da base cadastral do sistema de abastecimento de água.

		<b>Ordem de Serviço: n</b> <b>n°.</b>
<b>DADOS</b>		
SERVIÇO EXECUTADO:		
CLIENTE:		
SETOR DE ABASTECIMENTO:	ZONA:	
DATA DA CONFIRMAÇÃO:	PLANTA CADASTRAL N°:	
ENDEREÇO / LOCALIZAÇÃO:		
<b>TIPO DE PAVIMENTAÇÃO</b> <input type="checkbox"/> ASFALTO <input type="checkbox"/> TERRA <input type="checkbox"/> CIMENTO <input type="checkbox"/> PARALELEPÍPEDO		<b>POSIÇÃO DO VAZAMENTO</b> <input type="checkbox"/> REDE <input type="checkbox"/> FERRULE <input type="checkbox"/> RAMAL <input type="checkbox"/> REGISTRO <input type="checkbox"/> CAVALETE
<b>TIPO DE TUBULAÇÃO DA REDE</b> DIÂMETRO:                  mm MATERIAL:		<b>TIPO DE VAZAMENTO</b> <input type="checkbox"/> NÃO VISÍVEL <input type="checkbox"/> VISÍVEL <input type="checkbox"/> INFILTRAÇÃO
<b>EQUIPAMENTOS UTILIZADOS</b> <input type="checkbox"/> HASTE DE ESCUTA <input type="checkbox"/> PERFURATRIZ <input type="checkbox"/> GEOFONE MECÂNICO <input type="checkbox"/> LOCADOR TUB. METÁLICA <input type="checkbox"/> GEOFONE ELETRÔNICO <input type="checkbox"/> LOCADOR TUB. NÃO METÁLICA <input type="checkbox"/> CORRELACIONADOR <input type="checkbox"/> LOCADOR DE MASSA METÁLICA <input type="checkbox"/> BARRA DE PERFURAÇÃO		<b>PRESSÃO NA REDE</b> PRESSÃO (            ) mca  HORÁRIO (            ) hs
<b>CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DO VAZAMENTO</b>		
<b>OBS.:</b>		
EQUIPE DA PESQUISA: (NOME/ ASSINATURA):		

## 5.7. DETERMINAÇÃO DAS PERDAS ATUAIS E METAS A SEREM ATINGIDAS NO HORIZONTE DE 20 ANOS

O município de Votorantim possui macromedidores de vazão instalados nas produção de água, sendo estes do tipo eletromagnético carretel. Tais macromedidores são validados mensalmente através de medições por processo pitométrico. Desta forma, existe significativa precisão de medição dos volumes produzidos de água no sistema de abastecimento de água do município de Votorantim, sendo o volume médio produzido de água durante o ano de 2015 no município igual a 844.229 m<sup>3</sup>/mês que representa 10.130.753 m<sup>3</sup>/ano.

Na seqüência são apresentados os dados utilizados para o cálculo dos indicadores de perdas no sistema de distribuição de água do município Votorantim, considerando o balanço hídrico calculado pelo software WB-EasyCalc, version 1.17, padronizado pelo IWA (International Water Association).

- volume produzido (2015) = 10.130.753 m<sup>3</sup>/ano;
- volume micromedido faturado (2015) = 6.609.608m<sup>3</sup>/ano;
- volume micromedido não faturado (2015) = 0 m<sup>3</sup>/ano;
- volume faturado (2015) = 7.647.833m<sup>3</sup>/ano;
- número de ligações ativas (2015) = 33.095 unidades;
- número de ligações clandestinas (estimativa) = em virtude das áreas irregulares existentes no municípios = 1.000 unidades;
- comprimento de rede (2015) = 501,5 km;
- Pressão Média do Sistema (estimativa) = 30 mca;
- Tempo de Abastecimento de Água = 24 horas diárias.

Na Figura 54 é apresentado o balanço hídrico do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim, conforme obtido pelo software WB-EasyCalc.

Figura 54. Balanço hídrico do sistema de distribuição de água do município de Votorantim

<b>Início</b>  <b>Volume anual de entrada no sistema</b> <b>10.130.753 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 2,0%	<b>Consumo autorizado</b> <b>6.609.608 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 0,0%	<b>Consumo autorizado faturado</b> <b>6.609.608 m³/ano</b>	<b>Consumo faturado medido</b> <b>6.609.608 m³/ano</b>	<b>Água faturada</b> <b>6.609.608 m³/ano</b>	
			<b>Consumo faturado não medido</b> <b>0 m³/ano</b>		
			<b>Consumo autorizado não faturado</b> <b>0 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 0,0%	<b>Consumo não faturado medido</b> <b>0 m³/ano</b>	<b>Água não faturada</b> <b>3.521.145 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 5,8%
		Margem de erro [+/-] 0,0%	<b>Consumo não faturado não medido</b> <b>0 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 0,0%		
	<b>Perdas de água</b> <b>3.521.145 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 5,8%	<b>Perdas aparentes</b> <b>1.085.153 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 10,2%	<b>Consumo não autorizado</b> <b>292.000 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 30,0%		
			<b>Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados</b> <b>793.153 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 8,5%		
		<b>Perdas reais</b> <b>2.435.992 m³/ano</b> Margem de erro [+/-] 9,5%			

Fonte: Autor, 2015.

Conforme apresentado na Figura 54 é possível constatar que o volume distribuído de água é igual a 10.130.753 m<sup>3</sup>/ano, sendo as perdas aparente de água igual a 1.085.153 m<sup>3</sup>/ano e as perdas reais estimada igual a 2.435.992 m<sup>3</sup>/ano. Assim, tem-se um índice de perda total na distribuição igual a 34,8%.

Na Tabela 58 são apresentados os indicadores de perdas de água do sistema de distribuição do município de Votorantim.

Tabela 58. Indicadores de perdas de água do sistema de distribuição do município de Votorantim

Indicador	Valor	Unidade
Índice de Perda na Distribuição (IPD)	34,8	%
Índice de Perda de Faturamento (IPF)	24,5	%
Índice Linear Bruto de Perda (ILB)	19.236,2	L /km.dia
Índice de Perda por Ligações (IPL)	291,5	L /lig.dia
Índice de Perda Física na Distribuição (PFD)	24,1	%
Índice Linear de Perda Física (ILF)	13.307,98	L /km.dia

### 5.7.1. Metas

Conforme descrito, as perdas totais do sistema de distribuição de água do município de Votorantim é igual a 34,8 %, sendo necessário realizar diversas ações para a redução destes valores. Desta forma, está sendo estabelecido como meta atingir o índice de perdas no sistema de abastecimento de água igual a 20% para um horizonte de tempo de 20 anos.

Assim, as metas de redução de perdas para o sistema de abastecimento de água de Votorantim é:

- perdas totais = 20 %;
- perdas financeiras = 15 %.

Para a redução das perdas, o município deverá executar as seguintes ações:

- Implantação da Setorização da Rede de Distribuição em Zonas de Pressão
  - Elaboração dos projetos da fundação dos reservatórios a serem implantados;
  - Elaboração dos projetos mecânicos dos reservatórios metálicos a serem implantados;
  - Implantação dos reservatórios;

- Instalação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) com módulos automáticos para controle das vazões;
  - Implantação física dos setores de distribuição; e
  - Realização de serviços de estanqueidade dos setores a serem implantados.
- 
- Implantação do projeto de macromedidores de vazão e nível, incluindo a telemetria das informações
    - Instalação dos macromedidores de vazão;
    - Instalação dos macromedidores de níveis; e
    - Implantação do sistema de telemetria, interligado a Central de Comando Operacional (CCO) existente.
- 
- Readequação do setor comercial
    - Substituição dos hidrômetros mais antigos do sistema de distribuição de água;
    - Realização de serviços para monitorar os perfis de consumo de diferentes usuários (residencial, comercial e industrial);
    - Atualização do software de gerenciamento comercial, incluindo melhorias que permitam criar ferramentas de controle dos usuários; e
    - Implantar o cadastro das redes, ligações e usuários em base SIG (Sistema de Informação Geográfica).
- 
- Substituição das redes mais antigas e ramais mais antigos
    - Elaboração do projeto hidráulico de substituição das redes mais antigas;
    - Implantação das redes e ramais visando substituir as infra-estruturas mais antigas.
- 
- Implantação de sistemas que visam redução do consumo energético
    - Elaboração de projetos elétricos contendo inversores de frequência nas elevatórias de água bruta e tratada; e
    - Implantação dos inversores de frequência nas elevatórias de água bruta e tratada.
- 
- Implantação de Pesquisa de Vazamento não visível
    - Aquisição dos materiais e equipamentos necessários para realização de pesquisa de vazamento não visível

- Treinamento contínuo para os técnicos da CAV responsáveis por realizar os serviços de pesquisa de vazamento não visível.

- Implantação do sistema de monitoramento das pressões na rede de distribuição através de sensores de pressão incluindo a transmissão destes dados via telemetria
  - Fornecimento e instalação dos sensores de pressão na rede de distribuição;
  - Implantação do sistema de telemetria dos dados de pressão monitorados até a CCO.
  
- Realização de levantamento topográfico na área urbana do município e atualização do cadastro georeferenciado do sistema de abastecimento de água
  - Contratação de uma empresa especializada em topografia e geoprocessamento.

Na Tabela 59 é apresentado o cronograma das ações a serem implantadas visando as reduções de perdas de água no sistema de abastecimento de Votorantim nos próximos 20 anos.



Tabela 59. Relação das ações a serem implantadas visando às reduções de perdas de água no sistema de abastecimento de Votorantim.

Prioridade	Ação	Ano / Redução das Perdas de Água																				Redução das Perdas de Água (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	Implantação da Setorização da Rede de Distribuição em Zonas de Pressão	1	1	1	1	1																5
2	Implantação do projeto de macromedidores de vazão e nível, incluindo a telemetria das informações	0	0																			0
3	Realização de Pesquisa de Vazamento não visível, bem como pesquisa visando localizar as fraudes (ligações clandestinas)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,7
4	Substituição dos hidrômetros mais antigos do sistema de distribuição de água	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
5	Substituição das redes e ramais mais antigas						0,5	0,5	0,5	0,5	0,2											2,5

Continua...

Tabela 59. Relação das ações a serem implantadas visando às reduções de perdas de água no sistema de abastecimento de Votorantim  
(Continuação).

Prioridade	Ação	Ano / Redução das Perdas de Água																				Redução das Perdas de Água (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
6	Levantamento do perfil de consumo dos usuários através de loggers																					0
7	Implantação dos inversores de frequência nas elevatórias de água bruta e tratada			0,1	0,1					0,1	0,1						0,1	0,1				0,6
8	Implantação do sistema de monitoramento das pressões na rede de distribuição através de sensores de pressão incluindo a transmissão destes dados via telemetria															0	0	0	0	0	0	0
Total																						14,8

## 6. CONCLUSÕES

As conclusões do presente trabalho foram:

- a base cadastral elaborada para o sistema de abastecimento de água de Votorantim demonstrou a existência de aproximadamente 500 km de rede de diversos diâmetros e materiais. Deve-se atualizar continuamente a base cadastral, sendo sugerido sempre que for realizar algum serviço em campo preencher um formulário contendo as informações e desta forma entregar ao setor de cadastro para atualizar os dados;

- o sistema de distribuição de água de Votorantim não está setorizado, sendo proposto a implantação física de 30 setores. Para tanto, serão necessários construir novos reservatórios, bem como redes de reforço e intervenções hidráulicas;

- foram realizados monitoramento de vazão em 25 pontos por processo pitométrico e 6 pontos através de macromedidor de vazão ultrassônico portátil em diversas redes do sistema de abastecimento de água do município de Votorantim, sendo tais dados fundamentais para o dimensionamento dos macromedidores de vazão;

- os macromedidores de vazão dimensionados para serem instalados no sistema de abastecimento de água de Votorantim são do modelo Eletromagnético Carretel, os quais apresentam menores erros de medição. De posse dos dados monitorados pela pitometria e pelo medidor portátil ultrassônico, foi possível dimensionar o diâmetro dos macromedidores, sendo utilizado para tanto velocidades superiores a 0,3m/s;

- foi possível constatar que diversos hidrômetros instalados necessitam ser readequados, seja em virtude de estarem virados ou instalados na vertical. Também foi possível constatar que 25% dos hidrômetros estão operando a mais de 5 anos, sendo portanto, recomendado a substituição destes equipamentos;

- com uma equipe de pesquisa de vazamento não visível, composto por dois profissionais, será possível realizar 2 km de rede por dia. Assim, no período de 1 ano esta equipe conseguirá realizar a pesquisa no município todo. Esta ação deve ser realizada cotidianamente, ou seja, nunca deve ser interrompida;

- está sendo proposto a criação do departamento de combate às perdas de água no município de Votorantim, o qual será composto por profissionais que realizarão o planejamento para execução de diversas ações visando a redução das perdas;

- atualmente as perdas de água no sistema de distribuição do município de Votorantim é igual a 34,8%, tendo como meta atingir o valor de 20% em um horizonte de 20 anos. Assim, devem-se executar as ações propostas, tais como: implantar a setorização em zonas de pressão; instalar os macromedidores de vazão; substituir os hidrômetros mais

antigos, bem como readequar os hidrômetros instalados fora dos procedimentos adequados; realizar pesquisa de vazamento não visível continuamente; realizar treinamentos com os profissionais responsáveis pelos serviços de leituras, bem como com os de operação e manutenção;

- as atividades realizadas e propostas no presente Plano Diretor do município de Votorantim visam a redução das perdas e aumento da eficiência do sistema de abastecimento. Desta forma os índices de perdas existente no município (35%) tende a decair consideravelmente com a implantação das atividades propostas, sendo a meta estabelecida de 20% no horizonte de 20 anos.

- o retorno dos investimentos será rapidamente recuperado pela Concessionária Águas de Votorantim (CAV) tendo em vista que a economia gerada no processo e distribuição de água tratada será rapidamente percebida pela concessionária, isto é, uma relevante parcela dos investimentos, atualmente aplicados no processo de produção, poderá ser investida em outras finalidades como, por exemplo, ampliação do sistema atual. As ferramentas gerenciais que serão obtidas em fim de plano permitirão aos executivos da concessionária administrar o sistema de abastecimento de forma cada vez mais otimizada com qualidade e segurança nas decisões estratégicas com reflexo imediato no atendimento a população e aumento da eficiência operacional.

- além do aspecto econômico financeiro que é extremamente interessante, destaca-se o efetivo alcance sócio econômico que tem abrangência permanente e progressiva, uma vez que estas medidas a serem implantadas serão permanentemente ajustadas buscando-se a qualidade e manutenção do estado da arte em captar, tratar, reservar e distribuir água potável para o Município de Votorantim.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária). Casos de sucessos no combate a redução de perdas. Disponível em <http://www.abes-dn.org.br>, 2013. Acesso 29 de agosto de 2015.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J.M. O Sistema de Indicadores de Desempenho da IWA Para Serviços de Abastecimento de Água. Portugal. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. 2004.

ANJOS JR, ARY HALO DOS. **Gestão Estratégica Saneamento**. de Barueri, São Paulo, Ed. Manole, 2011.

ARAÚJO, A.F.V. et al. **Avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no combate as endemias nos municípios no Estado do Tocantins**. Palmas: Universidade federal do Tocantins, 2006.

BARROSO, L.B., **Estudos da minimização de perdas físicas utilizando EPANET**. 2005. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <[http://hidroprojetos.ctlab.ufsm.br/ppgec/downloads/Lidiane\\_Bittencourt\\_Barroso.pdf](http://hidroprojetos.ctlab.ufsm.br/ppgec/downloads/Lidiane_Bittencourt_Barroso.pdf)> . Acesso em: 2013-05-17.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014. 408 p.

COELHO, A. C. **Micromedição em Sistemas de Abastecimento de Água**. Editora Universidade – UFPB, 2009.

EEA (European Environment Agency): Disponível em <<http://www.eea.europa.eu/>> Acesso em: 10 de março de 2015.

GAMBALE, S.R. **Aplicação de Algoritmo genético na calibração de rede de água**. São Paulo 266p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

HELLER L., PADUA V.L., **Abastecimento de água para consumo humano -2 ed.rev e atual-** Belo Horizonte:Editora UFMG ,2010.

HELLER L., PADUA V.L., **Abastecimento de água para consumo humano. 2 ed. rev.atual-** Belo Horizonte:Editora UFMG,2010.

IWA (International Water Association). Disponível em < <http://www.iwa-network.org/>>  
Acesso em: 15 de abril de 2015.

LAMBERT,A. **Perdas de Agua** .São Paulo:Consultoria à BBL Bureau Brasileiro Ltda.,1998.

LANSEY ,K., BASNET, C.(1991), **Parameter Estimation for Water Distribution Networks**. Journal of Water Resources Planning and Manangement,ASCE, v.117,n.1, p.126-144.

LEONETI A.B. *et.al.*, **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**.Revista de Administração Pública,Março/Abril 2011.

LIEMBERGER & PARTNERS. Planilha de Cálculo “WB\_EasyCalc”. Disponível em: <http://www.liemberger.cc/>. Acesso em 10/01/2015.

LUZ J.C.C.T.M.L.D., MORAES S.R.L., REIS C.M., **Indicadores de perdas de água- O caso do sistema de abastecimento de água de Alagoinhas (BA)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 2002.

PALO P.R. **Avaliação da eficácia dos modelos de simulação hidráulica na obtenção de informações de diagnóstico de perdas de água**, 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (USP).

RITTI, CARLOS. Notícias. **Falta visão de longo prazo nas políticas para o clima.** Disponível em [http:// www.unisinos.br](http://www.unisinos.br), 2014. Acesso 21 de agosto de 2015.

SILVEIRA, H. Água. **Direito e deveres para todos.** Disponível em <http://www.seesp.org.br>, 2015. Acesso 21 de agosto de 2015

TARDELLI FILHO, J. **Controle e redução de perdas.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TISUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 3ª Edição. Departamento de Engenharia Hidráulica da USP. São Paulo, 2005.

VINCIGUERA V.(2009). **Avaliação do Impacto da Redução de Pressão nas Perdas Reais em Setor de Distribuição de Água no município de Campo Grande-MS.** 81p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso.

ZANIBONI, Nilton. **Equipamentos e metodologias para o controle e redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-172644/>>. Acesso em: 2013-05-17.