

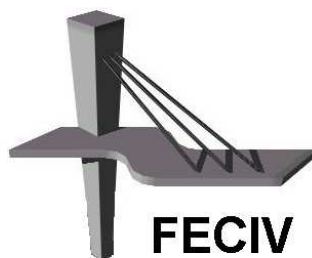
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 033

**ANÁLISE DA MICROMEDIÇÃO DO VOLUME DE
ÁGUA POTÁVEL DOMICILIAR E SUA
INFLUÊNCIA NO CÁLCULO DAS PERDAS NO
SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**

ELSIO JÚNIOR BONATI BORGES

UBERLÂNDIA, 29 DE AGOSTO DE 2007.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Elsio Júnior Bonati Borges

**ANÁLISE DA MICROMEDIDAÇÃO DO VOLUME DE
ÁGUA POTÁVEL DOMICILIAR E SUA INFLUÊNCIA NO
CÁLCULO DAS PERDAS NO SISTEMA DE
DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Bernardes Arruda

Uberlândia, 29 de agosto de 2007.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B732a Borges, Elsio Júnior Bonati, 1979-
 Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua
 influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição / Elsio Júnior
 Bonati Borges. - 2007.
 88 f. : il.

Orientador: Laerte Bernardes Arruda.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.

1. Abastecimento de água - Teses. 2. Hidrômetro - Teses. I. Arruda, Laerte Bernardes. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

628.1



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 033/2007

CANDIDATO: Elsio Júnior Bonati Borges

ORIENTADOR: Prof. Dr. Laerte Bernardes Arruda

TÍTULO: "Análise da micromedicação do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Infra-estrutura Urbana

DATA: 29 de agosto de 2007

LOCAL: Sala de Reuniões da FECIV

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 8:00h as 11:20h

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que o (a) candidato (a) foi:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

OBS:

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Laerte Bernardes Arruda
Professor Orientador: Prof. Dr. Laerte Bernardes Arruda – FECIV-UFU

Racine Tadeu Araujo Prado
Membro externo: Prof. Dr. Racine Tadeu Araujo Prado - EPUSP

José Eduardo Alamy Filho
Membro: Prof. Dr. José Eduardo Alamy Filho – FECIV-UFU

Uberlândia, 29 de agosto de 2007

Agradeço a Deus por tudo, à minha família pelo exemplo, à minha esposa pelo carinho, aos amigos pela força, ao meu orientador pela dedicação, às Instituições que me forneceram o apoio necessário para a realização do trabalho: Departamento Municipal de Água e Esgoto, Universidade Federal de Uberlândia e Faculdade de Engenharia Civil, além de todos que me ajudaram a tornar realidade esta conquista.

Borges, E. J. B. Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição. 88 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

RESUMO

A acelerada degradação dos recursos hídricos naturais, juntamente com a crescente demanda por água potável, faz com que programas de combate às perdas desse bem essencial se tornem cada vez mais indispensáveis aos gestores ambientais. Este trabalho está inserido nesse contexto, com o objetivo de avaliar a magnitude do erro de medição do parque de hidrômetros instalados na cidade de Uberlândia-MG, quando sujeitos às variações de demanda. Nesse sentido, buscou-se comparar o equipamento comumente utilizado com sistemas mais sensíveis à medição de baixas vazões, para verificar a confiabilidade da micromedição realizada e servir como subsídio para o cálculo dos indicadores de perdas. A avaliação mostrou que o aparelho com maior sensibilidade totalizou, em média, um volume 13,56% superior ao do hidrômetro normalmente utilizado.

Palavras-chave: perdas de água, medição de água, micromedição, hidrômetro

Borges, E. J. B. Micro-measurement of domestic drinking water volume and its influence on the calculation of losses in the distribution system. 88 pp. Ms. Dissertation, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2007.

ABSTRACT

The accelerated degradation of natural hydric resources, along with the increasing demand for drinking water, urge for programs which deal with the losses of this essential good, and that are essential for environmental managers. This work is inserted in this context, with the objective of evaluating the magnitude of the measurement error of the hydrometers installed in Uberlândia-MG, when subjected to consumption variations. There have been comparisons of the equipment commonly used with systems that are more sensible to the measurement of low flows, in order to verify the reliability of the micro-measurement accomplished and serve as subsidy for the calculation of the indicators of losses. The evaluation showed that the equipment with larger sensibility totaled, on average, a volume 13.56% higher than the more commonly used hydrometer.

Keywords: water losses, water measurement, micro-measurement, hydrometer

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURAS

<i>DN</i>	- Diâmetro Nominal
<i>Qini</i>	- Vazão de Início de Movimento
<i>Qmax</i>	- Vazão Máxima
<i>Qmin</i>	- Vazão Mínima
<i>Qn</i>	- Vazão Nominal
<i>Qt</i>	- Vazão de Transição

SIGLAS

<i>ABNT</i>	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>CCP</i>	- Central de Controle de Processos
<i>DMAE</i>	- Departamento Municipal de Água e Esgoto
<i>ETA</i>	- Estação de Tratamento de Água
<i>IBGE</i>	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>INMETRO</i>	- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
<i>LAO</i>	- Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo
<i>MG</i>	- Minas Gerais
<i>NBR</i>	- Norma Brasileira
<i>ONU</i>	- Organização das Nações Unidas
<i>PCQ</i>	- Ponto de Controle da Qualidade
<i>PNCDA</i>	- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
<i>PNUD</i>	- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<i>SABESP</i>	- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
<i>SEDUR</i>	- Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
<i>SEMASA</i>	- Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
<i>UFR</i>	- Unmeasured Flow Reducer

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Curva de erros dos hidrômetros.....	07
Figura 3.1 - Gráfico de barras representando o total de volume produzido e micromedido por período, em Uberlândia-MG.....	19
Figura 3.2 - Cavalete experimental instalado em campo.....	30
Figura 3.3 - Mapa com a distribuição das amostras realizadas no trabalho de campo relacionadas aos bairros da cidade de Uberlândia-MG.....	36
Figura 4.1 - Histograma de frequência.....	63
Figura 4.2 - Gráfico com dados da média da pressão na rede de distribuição de água do setor de realização da amostra e a média da diferença de medição encontrada.....	66
Figura 4.3 - Gráfico com dados dos consumos registrados pelos hidrômetros classe B e as diferenças de medições encontradas entre os aparelhos.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Quadro explicativo sobre as perdas físicas de água.....	03
Tabela 2.2 - Classificação do sistema distribuidor em relação ao índice de perdas.....	05
Tabela 2.3 - Distribuição das perdas na Região Metropolitana de São Paulo.....	06
Tabela 2.4 - Vazões características de hidrômetros segundo sua Classe Metrológica e Vazão Nominal.....	08
Tabela 2.5 - Valor de vazão abaixo da qual os hidrômetros operam em 50% e 90% do tempo, em função da classe de consumo.....	10
Tabela 2.6 - Estimativa de consumo predial.....	12
Tabela 3.1 - Evolução da população em Uberlândia-MG – anos: 1991-1996-2000-2001-2002-2003-2004.....	15
Tabela 3.2 - Número de pessoas e faixas de rendimento – Uberlândia-MG – ano 2000.	15
Tabela 3.3 - Grau de instrução da população residente em Uberlândia-MG há 10 anos ou mais.....	16
Tabela 3.4 - Situação dos domicílios em Uberlândia.....	18
Tabela 3.5 - Total de volume de água potável produzido e volume micromedido por período.....	19
Tabela 3.6 - Estimativa de volume de água captado e perdas.....	20
Tabela 3.7 - Número de ligações de água, economias e estimativas de consumo por categoria, referentes ao mês de novembro de 2005.....	21
Tabela 3.8 - Tarifa de água potável – DMAE, referente ao mês de fevereiro de 2006.....	22
Tabela 3.9 - Quantidade de faturas nas diversas faixas de consumo.....	23
Tabela 3.10 - Relação entre o primeiro caractere do código identificador do hidrômetro e sua vazão máxima de trabalho.....	25
Tabela 3.11 - Relação entre o quarto caractere do código identificador do hidrômetro e o nome do seu fabricante.....	26
Tabela 3.12 - Porcentagem de hidrômetros instalados em Uberlândia segundo sua vazão máxima - referência março / 2006.....	26

Tabela 3.13 - Representatividade dos fabricantes de hidrômetros com vazão máxima de 3m ³ /h instalados na cidade de Uberlândia e que possuem código identificador com modelo padronizado - referência março / 2006.....	27
Tabela 3.14 - Condições e critérios estabelecidos para o trabalho de campo.....	28
Tabela 3.15 - Peso relativo dos aparelhos.....	29
Tabela 3.16 - Dados do fabricante referente ao hidrômetro taquimétrico, multijato, classe C, marca Elster, com vazão nominal de 1,5 m ³ /h.....	32
Tabela 3.17 - Quantidade de imóveis que participaram da pesquisa de campo por bairro.....	35
Tabela 4.1 - Controle de leituras em períodos semanais – local 01: Rua Tobias Inácio, 656 – bairro: Lídice.....	38
Tabela 4.2 - Controle de leituras em períodos semanais – local 02: Av. Abadio Bonifácio da Silva, 793 – bairro: Granada.....	39
Tabela 4.3 - Controle de leituras em períodos semanais – local 03: Rua do Radialista, 1213 – bairro: Planalto.....	40
Tabela 4.4 - Controle de leituras em períodos semanais – local 04: Rua Agenor Paes, 55 – bairro: Centro.....	41
Tabela 4.5 - Controle de leituras em períodos semanais – local 05: Rua Geraldino Carneiro, 154 – bairro: Luizote de Freitas.....	42
Tabela 4.6 - Controle de leituras em períodos semanais – local 06: Rua das Pombas, 408 – bairro: Jardim das Palmeiras.....	43
Tabela 4.7 - Controle de leituras em períodos semanais – local 07: Rua das Pombas, 266 – bairro: Jardim das Palmeiras.....	44
Tabela 4.8 - Controle de leituras em períodos semanais – local 08: Rua João Cândido Pereira, 94 – bairro: Luizote de Freitas.....	45
Tabela 4.9 - Controle de leituras em períodos semanais – local 09: Rua do Marceneiro, 268 – bairro: Planalto.....	46
Tabela 4.10 - Controle de leituras em períodos semanais – local 10: Rua Cafarnaum, 83 – bairro: Jardim Canaã.....	47
Tabela 4.11 - Controle de leituras em períodos semanais – local 11: Rua dos Tucanos, 579 – bairro: Jardim das Palmeiras.....	48
Tabela 4.12 - Controle de leituras em períodos semanais – local 12: Rua Fádua Barcha Gustin, 346 – bairro: Tubalina.....	49

Tabela 4.13 - Controle de leituras em períodos semanais – local 13: Rua Fádua Barcha Gustin, 344 – bairro: Tubalina.....	50
Tabela 4.14 - Controle de leituras em períodos semanais – local 14: Rua Elizabete Souza Carvalho, 17 – bairro: Santa Luzia.....	51
Tabela 4.15 - Controle de leituras em períodos semanais – local 15: Rua Calil Abrão, 148 – bairro: Luizote de Freitas.....	52
Tabela 4.16 - Controle de leituras em períodos semanais – local 16: Rua Santa Bárbara, 360 – bairro: Chácaras Panorama.....	53
Tabela 4.17 - Controle de leituras em períodos semanais – local 17: Rua Rio Congo, 260 – bairro: Mansour.....	54
Tabela 4.18 - Controle de leituras em períodos semanais – local 18: Av. Arnaldo Contursi, 1800 – bairro: Marta Helena.....	55
Tabela 4.19 - Controle de leituras em períodos semanais – local 19: Rua Geraldino Carneiro, 144 – bairro: Luizote de Freitas.....	56
Tabela 4.20 - Controle de leituras em períodos semanais – local 20: Rua João Balbino, 633 – bairro: Santa Mônica.....	57
Tabela 4.21 - Controle de leituras em períodos semanais – local 21: Av. Com. Alexandrino Garcia, 185 – bairro: Marta Helena.....	58
Tabela 4.22 - Controle de leituras em períodos semanais – local 22: Rua Geraldino Carneiro, 164 – bairro: Luizote de Freitas.....	59
Tabela 4.23 - Controle de leituras em períodos semanais – local 23: Rua Rio Corumbá, 660 – bairro: Luizote de Freitas.....	60
Tabela 4.24 - Controle de leituras em períodos semanais – local 24: Rua João Cândido Pereira, 88 – bairro: Luizote de Freitas.....	61
Tabela 4.25 - Controle de leituras em períodos semanais – local 25: Rua João Cândido Pereira, 50 – bairro: Luizote de Freitas.....	62
Tabela 4.26 - Distribuição de freqüências dos valores médios encontrados nas 25 amostras avaliadas.....	63
Tabela 4.27 - Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo, média aritmética de todas as amostras, desvios em relação à média aritmética e desvios quadráticos em relação à média aritmética.....	64
Tabela 4.28 - Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo relacionada ao hidrômetro classe C utilizado na coleta de dados.....	65

Tabela 4.29 - Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo entre residências vizinhas, para um mesmo período de avaliação.....	67
Tabela 4.30 - Resultado de aferição de hidrômetro relacionado à média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo.....	68
Tabela 5.1 - Volumes micromedidos pelo DMAE.....	71
Tabela 1D - Média da pressão na rede de distribuição de água do setor de realização da coleta de dados e média da diferença de medição encontrada	87
Tabela 2D - Consumo registrado no período avaliado pelo hidrômetro classe B e a diferença de medição encontrada entre os aparelhos.....	88

SUMÁRIO

1. Introdução.....	01
2. Revisão bibliográfica.....	03
2.1 Perdas de água.....	03
2.1.1 Definição, classificações e causas.....	03
2.1.2 Classificação dos sistemas de abastecimento em relação às perdas de água	04
2.1.3 Comparação entre as perdas reais e as aparentes.....	05
2.2 A medição de água e suas características.....	06
2.3 As formas de abastecimento predial.....	09
2.4 As características do consumo de água.....	10
2.5 Dimensionamento dos hidrômetros.....	11
3. Desenvolvimento.....	14
3.1 Dados gerais sobre o município de Uberlândia-MG.....	14
3.1.1 Caracterização do território.....	14
3.1.2 Caracterização demográfica e social da população.....	15
3.2 Dados e informações gerais sobre o sistema público de abastecimento de água potável da cidade de Uberlândia-MG.....	16
3.2.1 Descrição do sistema.....	16
3.2.2 Indicadores do sistema de abastecimento de água.....	18
3.2.2.1 Índice de atendimento de água potável.....	18
3.2.2.2 Volumes produzidos, micromedidos e perdas.....	18
3.2.2.3 Qualidade da água.....	20
3.2.2.4 Número de ligações, economias e consumo.....	21
3.2.3 Dados e informações gerais sobre o sistema de medição de água potável na cidade de Uberlândia-MG.....	23
3.2.3.1 Procedimentos adotados pelo DMAE.....	23
3.2.3.2 Características do parque de hidrômetros instalados.....	25
3.3 Pesquisa de campo.....	28
3.3.1 Verificação do dimensionamento da vazão do hidrômetro.....	29

3.3.2 Materiais utilizados.....	30
3.3.3 Metodologia empregada.....	32
3.3.4 Determinação do tamanho da amostra a ser pesquisada.....	34
3.3.5 Ensaios realizados.....	35
4. Resultados e discussão.....	37
5. Conclusão.....	70
Referências Bibliográficas.....	73
Anexo A.....	76
Anexo B.....	79
Anexo C.....	81
Anexo D.....	86

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Brasil, mesmo sendo um país que desfruta de uma grande oferta de recursos hídricos naturais, não se encontra livre dos problemas de escassez de água e desabastecimento público. Este problema ocorre não apenas em regiões isoladas de baixa disponibilidade hídrica (a exemplo do semi-árido nordestino), mas também em alguns aglomerados urbanos e regiões metropolitanas, onde as demandas de recursos causadas pela urbanização são insuficientes perante suas disponibilidades e degradações. Portanto, programas de combate ao desperdício de água devem ser parte integrante de planos estratégicos federais, estaduais e municipais, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos no país. Infelizmente esse controle atualmente é raro nas companhias de saneamento, fazendo com que os índices de perdas observados, mesmo com todas as dificuldades para obtenção destes números, alcancem valores exorbitantes, como de 71,3%, conforme citado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD (2004).

Expandindo ainda mais este problema, nota-se um grande desperdício de dinheiro e trabalho para se tratar e distribuir uma quantidade de água de abastecimento que não chegará ao seu consumidor final ou simplesmente não será registrada pelos aparelhos medidores, fazendo com que não seja faturada pela companhia de saneamento e nem seja do conhecimento do consumidor. Com isso, as perdas de água potável demonstram ser mais do que um problema ambiental, mas também econômico-financeiro, tanto das companhias de saneamento como dos usuários que pagam pelo sistema. Interferem também no processo de conscientização da população quanto ao seu real ou ideal consumo, o qual, de acordo com a Organização das Nações Unidas - ONU apud Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP (1996), corresponde a um volume de 3,3 m³/habitante/mês, ou seja, cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene de uma pessoa.

O objeto de estudo desta pesquisa é o parque de hidrômetros instalados na área urbana da cidade de Uberlândia-MG, o qual é administrado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE, companhia que demonstra ter uma grande preocupação e empenho em relação ao assunto aqui tratado tanto na obtenção de dados confiáveis, como em soluções efetivas para atenuar o problema.

O objetivo do trabalho é avaliar as perdas comerciais causadas pela submedição dos hidrômetros comumente utilizados, em comparado com um aparelho medidor mais sensível a baixas vazões, que ofereça possibilidade de substituir os equipamentos hoje instalados.

A seqüência do trabalho foi dividida em quatro partes, sendo que a primeira define, caracteriza e retrata o contexto em que as perdas e a medição de água se encontram, além de demonstrar indicadores e hipóteses que dão sustentação à pesquisa. A segunda parte trata mais especificamente da caracterização do objeto de estudo do trabalho, da cidade de Uberlândia e seu sistema público de abastecimento e medição de água. Nessa etapa, também foram definidos os materiais e métodos utilizados na pesquisa de campo. A terceira fase mostra os resultados obtidos pela pesquisa, seguidos de uma discussão sobre os dados encontrados. Na última seção é apresentada a conclusão do trabalho.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PERDAS DE ÁGUA

2.1.1 Definição, classificações e causas

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD (2004a) define que as perdas de água no abastecimento público, do ponto de vista operacional, correspondem aos volumes de água não contabilizados e se subdividem em dois tipos, a saber, as perdas reais (físicas), as quais representam a parcela não consumida, e as perdas aparentes (não físicas) que correspondem à água consumida e não registrada. A perda real ou física corresponde ao volume de água que se perde durante as fases de captação até a distribuição, de forma que não chega a passar pelo hidrômetro do usuário. Também estão incluídos, neste grupo, procedimentos operacionais essenciais para a manutenção do sistema, os quais podem consumir grande volume de água, como os verificados na lavagem de filtros na Estação de Tratamento de Água - ETA e nas descargas na rede de distribuição. A Tabela 2.1 resume as origens das perdas físicas e a parte do sistema a que ela corresponde.

Tabela 2.1 - Quadro explicativo sobre as perdas físicas de água.

P E R D A S F Í S I C A S	Parte do sistema	Origem da perda
	Captação	Vazamento na adução Limpeza do poço de sucção Limpeza do desarenador
	Estação de Tratamento	Vazamentos nas estruturas Lavagem de filtros Descarga de lodo
	Reservação	Vazamentos nas estruturas Extravasamentos Limpeza
	Adução	Vazamentos na tubulação Descargas
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas

Fonte: PNCD, 1999b, p.11.

A perda aparente ou não-física ou até mesmo chamada de comercial corresponde ao volume de água que chega até o usuário final, mas, por alguma razão, não é contabilizado pelos aparelhos medidores, ou seja, não é faturado pela companhia de saneamento. Ligações irregulares ou clandestinas, violações de lacre e hidrômetros temporariamente invertidos ou inclinados, são alguns exemplos de perdas aparentes do tipo deliberadas (provocadas pelos próprios consumidores, com ou sem auxílio técnico). Economias que utilizam hidrômetros avariados, com vida útil além da prevista, capacidade de medição inadequada, ou ainda a existência do conjunto reservatório torneira-bóia de modo que proporcione pequenas vazões na fase final de enchimento e provoque submedição pelos aparelhos medidores, se caracterizam como exemplos de perdas comerciais do tipo não deliberadas, ou seja, resultantes das próprias características do sistema (PNCDA, [1997], p.23,24). A confiabilidade do cadastro comercial, a forma de faturamento, cobrança e arrecadação implantada, ou melhor, o nível de eficiência da gestão comercial observada nas companhias de saneamento também se relaciona a esse tipo de perda.

A perda de água, tanto real como aparente, é um dos maiores problemas enfrentados pelos serviços de abastecimento de água de todo o mundo (LIEMBERGER, [2002], p.1).

Há também os desperdícios de água tratada que ocorrem após o hidrômetro, ou seja, de responsabilidade dos usuários que habitam o imóvel. Suas causas mais comuns são vazamentos internos à edificação, pontos de utilização de água que consomem volumes além do necessário, ou hábitos inadequados dos consumidores.

Conforme avaliado por Bustamante (2002), um programa de redução e controle de perdas de água deve manter planos de ações permanentes enfocados a atender problemas na macromedição, micromedição, vazamentos, controle de fraudes e manutenção de redes.

2.1.2 Classificação dos sistemas de abastecimento em relação às perdas de água

A fim de classificar o nível em que as perdas de água se encontram em um determinado município, pode ser utilizada a classificação da Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Classificação do sistema distribuidor em relação ao índice de perdas.

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

Fonte: SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS, 2004, p.41.

Conforme a estimativa de Pinheiro (2003), *existe no Brasil um índice médio de perdas nos sistemas de tratamento e distribuição, somadas as perdas físicas e comerciais da água captada, de 40,4%*. Este valor médio se encontra classificado conforme tabela anterior como inadequado. A redução das perdas reais significa uma diminuição dos custos de produção e aumento da oferta de água sem a expansão do sistema produtor, enquanto que a diminuição no índice de perdas aparentes significa o aumento da receita tarifária para as companhias de saneamento, aumentando seu desempenho financeiro, além de contribuir indiretamente para a oferta efetiva de água. Segundo Berrittella et al. (2007), a tendência é que haja um rápido crescimento da população juntamente com um crescente aumento do consumo de água per capita, o que agrava ainda mais o problema de escassez de água. Com isso, soluções para aumentar a oferta de água sem a expansão dos sistemas produtores se tornam cada vez mais indispensáveis. "Tanto do ponto de vista econômico como ecológico e de segurança, o controle das perdas de água é um dos aspectos de maior importância para a gestão de um abastecimento" (CAMPA, [ca.1990], p.1).

2.1.3 Comparação entre as perdas reais e as aparentes

Por meio do trabalho elaborado pela SABESP apud PNCDA (2004a) na Região Metropolitana de São Paulo, foi possível identificar e quantificar as perdas reais e as aparentes, ficando claro a grande relevância das perdas comerciais no sistema, 54,8% do total das perdas, sendo que em sua composição, a maior parte foi causada por deficiências na micromedição (29%), conforme mostrado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Distribuição das perdas na Região Metropolitana de São Paulo.

Tipo de perda	Volume (m³/ano)	Perdas Reais (%)	Perdas Aparentes (%)	Perdas Totais (%)
Vazamentos	271.806.951	45,2	-	45,2
Macromedição	19.414.782	-	3,2	3,2
Micromedição	174.733.040	-	29,0	29,0
Gestão comercial	135.903.475	-	22,6	22,6
Total	-	45,2	54,8	100,0

Fonte: SABESP, 2001 apud PNCDA, 2004a, p.30.

É evidente que o sucesso dos programas de redução de perdas de água utilizados pelas companhias de saneamento é diretamente proporcional à eficiência da micromedição realizada, de forma que garanta uma medição justa e confiável (GARCIA, 2003, p.16).

2.2 A MEDIÇÃO DE ÁGUA E SUAS CARACTERÍSTICAS

O aparelho medidor usualmente utilizado para a medição da quantidade de água consumida pelos usuários é o hidrômetro, de forma que pela diferença de leitura de seu relógio mostrador (inicial e final) se encontra o volume consumido naquele espaço de tempo. "No Brasil, a maioria dos medidores instalados é de turbina, do tipo monojato e multijato e de hélice ou Woltmann" (PNCDA, 2004b, p.17). Essa característica se deve ao fato dos medidores tipo turbina apresentarem várias características favoráveis, tais como: custo mais baixo, simplicidade de manutenção, tamanho compacto, menor sensibilidade a sólidos em suspensão na água, baixa perda de carga e possibilidade de funcionamento além dos limites de projeto em condições emergenciais. Além dos hidrômetros velocimétricos existem também os volumétricos, os eletrônicos, os especiais com proteção contra fraude e aqueles com configuração diferenciada para leitura frontal.

Várias características devem ser analisadas durante o processo de escolha para a compra do medidor, a fim de otimizar seu funcionamento. Tais características são: tipo do hidrômetro, tipo de transmissão, tipo do dispositivo totalizador, característica do mostrador, bitolas, dimensões, materiais constituintes, etc. No entanto, a vazão se tornou a principal referência, de modo que o Regulamento Técnico Metrológico aprovado pela Portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO nº 246 de 17.10.2000 apud PNCDA (2004b), estabelece que os hidrômetros devem ser fabricados

para uma das seguintes vazões nominais, em m^3/h : 0,6 - 0,75 - 1,0 - 1,5 - 2,5 - 3,5 - 5,0 - 6,0 - 10,0 - 15,0.

Sabe-se que o aparelho durante seu uso na medição do consumo é submetido a diferentes valores de vazão, em função das características de uso nos pontos de consumo. Este fator está intimamente ligado aos erros de medição desses hidrômetros. Esses erros podem ser graficamente demonstrados através de testes em bancada e fórmulas matemáticas, resultando na curva de erros, conforme apresentado na Figura 2.1.

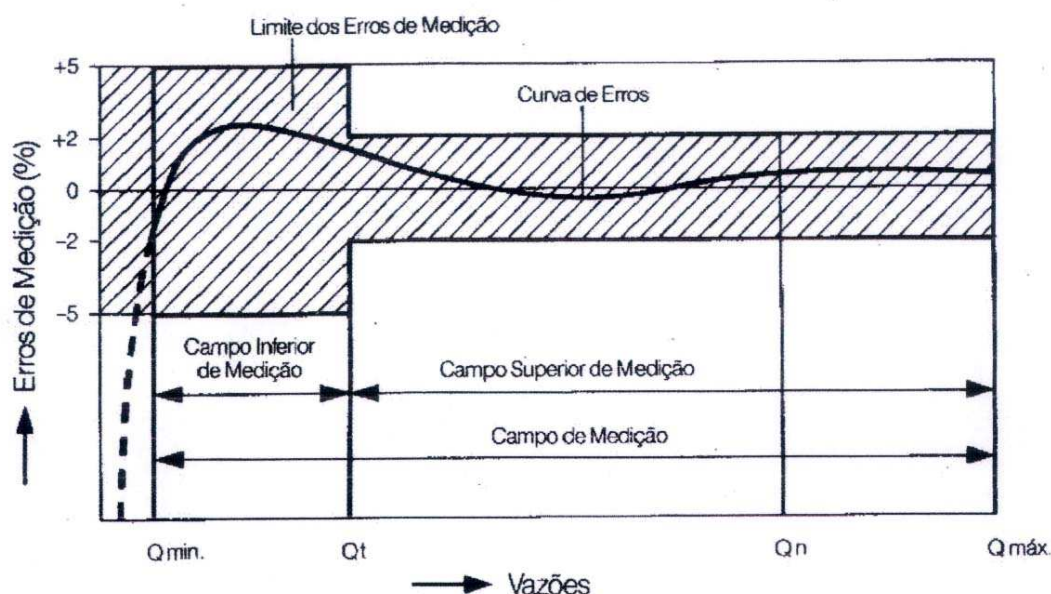


Figura 2.1 - Curva de erros dos hidrômetros.

Fonte: PNCDA, 2004b, p.20.

Sobre a curva de erros, foram adicionados os valores limites de erros admissíveis de acordo com a Portaria do INMETRO nº 246/00 apud PNCDA (2004b), conforme os diferentes valores de vazões características. A Portaria define cinco vazões características (em m^3/h):

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

- . Vazão de transição (Q_t) - aquela acima da qual o medidor deve funcionar nas condições usuais de utilização. Seus limites de erros máximos admissíveis na medição do volume estão entre +2% e -2%;
- . Vazão mínima (Q_{min}) - menor vazão, na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos admissíveis. Os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume, na faixa de vazões que vai da Q_{min} inclusive, até a Q_t , exclusive, estão entre +5% e -5%;
- . Vazão de início de movimento - aquela a partir da qual o hidrômetro começa a dar indicação de volume, ou seja, quando a hélice do medidor sai da inércia e inicia o movimento. Não está associada a nenhuma condição exigível quanto ao valor do erro.

Outra característica importante dos hidrômetros, estabelecida pela Portaria do INMETRO nº 246/00 e pela Norma Brasileira - NBR NM 212/99 apud PNCDA (2004b), é a classe metrológica, a qual varia de "A" a "C" e relaciona os erros de medição com as vazões, exigindo valores de Q_{min} e Q_t menores no sentido de "A" para "C" (ver Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Vazões características de hidrômetros segundo sua Classe Metrológica e Vazão Nominal.

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

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

Fonte: NBR 212/99 apud PNCDA, 2004b, p.23.

"De maneira geral, os hidrômetros, objeto da Portaria 246/00, apresentam erros de medição mais elevados quando medem sob vazões muito pequenas comparativamente à sua vazão nominal" (PNCDA, 2004b, p.19).

2.3 AS FORMAS DE ABASTECIMENTO PREDIAL

A forma de abastecimento predial do tipo direta é aquela em que os aparelhos e peças são alimentados diretamente pelo sistema de distribuição pública, enquanto que, na forma indireta, os pontos de consumo são abastecidos a partir de um reservatório domiciliar. Na forma mista alguns pontos são abastecidos de maneira direta e outros indireta, representando o caso mais comum no Brasil e o que mais sujeita o hidrômetro a grandes variações de vazão.

Os reservatórios dos imóveis são abastecidos por meio de torneiras-bóia, as quais controlam a entrada de água de acordo com o nível dos mesmos. Ao se utilizar alguns pontos de consumo, ligados ao sistema, percebe-se um pequeno rebaixamento do nível de água do reservatório, principalmente naqueles que possuem uma grande área superficial, fazendo com que a torneira-bóia abra apenas parcialmente até que se restabeleça o nível d'água. Nota-se também a ocorrência deste fenômeno na fase final de enchimento do reservatório. Quando ocorre algum destes casos, e, simultaneamente, não existe consumo de água nos pontos ligados de forma direta e nem vazamentos no ramal predial, poderão passar pelo hidrômetro vazões inferiores às mínimas de especificação do aparelho, causando então a submedição, ou seja, o volume registrado por ele é menor do que o real. Uma maneira de solucionar este problema seria o desenvolvimento e a utilização de uma torneira-bóia que não permitisse a abertura parcial do bocal, de forma que funcionasse ou totalmente fechada ou totalmente aberta. Outro equipamento que procura atenuar o problema da submedição dos hidrômetros é a válvula de bloqueio tipo *Unmeasured Flow Reducer* - UFR da A.R.I. *Flow Control Accessories*, ou similar, a qual é instalada a montante do hidrômetro e permite que o fluxo de água que passa pelo aparelho seja em bateladas, com o objetivo de sensibilizar o equipamento medidor. No entanto, é essencial a realização de estudos para um maior conhecimento sobre a submedição ocorrida nos hidrômetros, até para que haja aceitação e utilização em larga escala destes aparelhos que visam melhorar a confiabilidade da micromedição de água potável.

Como já enunciado anteriormente, as perdas comerciais causadas por submedição nos hidrômetros constituiu o objeto principal de estudo desta pesquisa, devido ao fato de serem uma grande preocupação dos prestadores de serviços em saneamento.

A forma de avaliação foi por comparação das medições efetuadas em equipamentos utilizados em Uberlândia-MG com as de sistemas mais sensíveis, principalmente a baixas vazões.

2.4 AS CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO DE ÁGUA

A Tabela 2.5 permite concluir que as vazões que passam pelos medidores, em grande parte do tempo são muito baixas, inferiores às vazões mínimas (Q_{min}) de especificação dos hidrômetros normalmente utilizados no Brasil.

Tabela 2.5 - Valor de vazão abaixo da qual os hidrômetros operam em 50% e 90% do tempo, em função da classe de consumo.

Classes de volume consumido Por mês (m ³ /mês)		Vazão (L/h) abaixo da qual o Hidrômetro funciona	
		50% do tempo	90% do tempo
C1	Até 5	0	20
C2	5 a 10	5	40
C3	10 a 20	7	75
C4	20 a 30	12	100
C5	30 a 45	18	140
C6	45 a 65	30	200
C7	65 a 90	60	250

Fonte: Montenegro, 1987 apud PNCD, 2004b, p.42.

No entanto, para que esta análise tenha influência significativa sobre o volume totalizado pelo hidrômetro durante o período de medição, geralmente de um mês, a porcentagem total de escoamento nestes períodos de submedição deve ser relativamente grande.

Há uma tendência de redução do consumo de água com a utilização de aparelhos sanitários economizadores. Isso implica em vazões reduzidas principalmente quando utilizados isoladamente (aumentando a possibilidade delas serem inferiores à vazão de transição dos hidrômetros, o que tende a aumentar ainda mais a submedição). Alguns exemplos destes aparelhos são: registros com fechamento automático para lavatórios e mictórios, dispositivo limitador de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros, além de vasos sanitários e caixas de descarga com volume de consumo reduzido a 6 litros.

Conforme dado extraído do PNCDA (1999a), o consumo de água potável em residências, durante a noite, é baixo (cerca de 0,10 l/hab./h, segundo estudo para a Região Metropolitana de São Paulo), o que justifica a idéia de que as baixas vazões estão presentes também no período noturno.

O PNCDA (2004c) apresenta um trabalho elaborado sob a supervisão técnica do Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo - LAO e em parceria com o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André - SEMASA no qual compara hidrômetros unijatos da classe "C" com os da classe "B", simultaneamente em campo, chegando-se à conclusão de que o hidrômetro classe "C" mediu um volume 12% superior ao registrado pelo aparelho classe "B". Este dado direciona e fundamenta ainda mais a presente pesquisa, dado que a diferença de medição apresentada pelos medidores foi bastante significativa.

Uma micromedição eficiente, além de constituir um importante dado para se chegar a um confiável índice de perda, proporciona outras vantagens às companhias de saneamento e usuários, tais como:

- . maior sensibilidade na detecção de vazamentos não visíveis internos às edificações;
- . fornecimento de informações mais precisas para a previsão de demandas futuras de água para sistemas de abastecimento;
- . obtenção de tarifas justas e confiáveis, a fim de refletir o consumo de água pelos usuários, o mais próximo possível do real, importantes para induzir comportamentos de conservação do recurso natural, diminuindo os desperdícios.

2.5 DIMENSIONAMENTO DOS HIDRÔMETROS

Para a correta escolha do aparelho medidor de água é necessário verificar as condições às quais ele será submetido. Dentre elas se enquadram temperatura, pressão, qualidade da água, além das condições de instalação do equipamento e as vazões de consumo. Esta última característica interfere em muito na qualidade da medição efetuada e é essencial que esteja dentro das faixas e condições de trabalho do aparelho. Se a vazão de consumo exceder a máxima do medidor, podem ocorrer grandes avarias no hidrômetro, que vão desde desgastes, que acarretarão em prejuízos à medição, até a danificação total do aparelho. Já no caso dessa vazão ser muito baixa, é possível acontecer perdas aparentes por

submedição. Com isso é necessário, para dimensionar corretamente um hidrômetro, que sejam determinadas as vazões de consumo com as quais o aparelho irá trabalhar. Para isso existe a maneira indireta de levantamento, na qual essas vazões são estimadas levando em conta o tipo, porte e características das instalações prediais e ocupacionais, além da maneira direta, por meio do levantamento do perfil de consumo a partir da instalação de registradores contínuos, conhecidos como "*data logger*". A definição da classe metrológica do hidrômetro é muito importante, pois está intimamente ligada às perdas por submedição.

No entanto, de forma a facilitar a aquisição de dados para a tomada de decisão quanto ao dimensionamento dos hidrômetros, generalizou-se nas companhias de saneamento, inclusive na aqui analisada, a utilização do volume consumido em um período, geralmente de um mês, para realizar este cálculo. Para isso são adotados parâmetros simplificados, que caracterizam a utilização do prédio analisado, conforme mostrado na Tabela 2.6, que tem como objetivo estimar o consumo em função de sua tipologia ocupacional e construtiva.

Tabela 2.6 - Estimativa de consumo predial.

Prédios	Consumo (Litro/dia)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas (internatos)	150 per capita
Escolas (semi-internatos)	100 per capita
Escolas (externatos)	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurante e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderia	30 por kg de roupa seca
Mercados	5 por m ² de área
Matadouros (animais de grande porte)	300 por cabeça abatida
Matadouros (animais de pequeno porte)	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Postos de serviço para automóvel	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²
Orfanatos, asilos, berçários	150 per capita
Ambulatório	25 per capita
Creche	50 per capita
Oficina de costura	50 per capita

Fonte: DMAE, 1982.

Sabe-se que esse método não apresenta o real funcionamento do medidor, estimando as vazões a que o aparelho será submetido. Apresenta grande imprecisão, podendo ocasionar problemas, devendo assim ser usado com muito cuidado. O DMAE de Uberlândia já estuda novos padrões para efetuar o dimensionamento e o redimensionamento da vazão dos seus hidrômetros.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são descritos os dados territoriais e populacionais de Uberlândia, sendo caracterizado o sistema público de abastecimento e medição de água da cidade, além da apresentação dos materiais e métodos utilizados na pesquisa.

3.1 DADOS GERAIS SOBRE O MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA-MG

3.1.1 Caracterização do território

O município de Uberlândia se encontra localizado na Região Nordeste do Triângulo Mineiro, dentro do Estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil. Faz divisa com os municípios de Araguari, Indianópolis, Monte Alegre de Minas, Prata, Tupaciguara, Uberaba e Veríssimo. Conforme dados da Secretaria Municipal de Planejamento a área urbana do município é de 219 km² e as coordenadas geográficas de referência são: latitude 18° 56′ 38″ Sul (Equador) e longitude 48° 18′ 39″ Oeste (GNT). O município possui relevo levemente ondulado, com altitude média de 863 metros. O cerrado é a vegetação predominante. Encontra-se entre os rios Tijuco e Araguari, afluentes do rio Paranaíba.

O clima predominante é classificado como tropical de altitude, que apresenta temperaturas amenas e precipitações pluviométricas repartidas em duas estações, uma úmida e outra seca. Os registros de temperatura e precipitação mensal feitos na cidade permitem identificar que os meses geralmente mais quentes são setembro e outubro, enquanto que os mais frios são junho e julho e que as chuvas iniciam em outubro e novembro, tornando-se escassas a partir de março e abril.

3.1.2 Caracterização demográfica e social da população

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE apud Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano - SEDUR (2005), a população urbana uberlandense passou de 358.165 pessoas em 1991 para 556.133 pessoas em 2004, tendo um aumento de aproximadamente 55% neste período (ver Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Evolução da população em Uberlândia-MG – anos: 1991-1996-2000-2001-2002-2003-2004.

Censo / Anos	População Urbana
1991	358.165
1996*	431.744
2000**	488.982
2001***	505.167
2002***	521.888
2003***	539.162
2004***	556.133

Fonte: IBGE apud SEDUR, 2005.

Nota: * Contagem populacional / IBGE/1996.

** Censo demográfico / IBGE/2000.

*** Estimativa populacional

Conforme dados do Censo demográfico, IBGE (2000), o número de pessoas residentes na cidade há mais de 10 anos e que recebiam rendimento, era de 267.211 habitantes, sendo o valor médio mensal desses rendimentos de R\$ 730,47. O número de pessoas em relação às faixas de rendimento pode ser observado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Número de pessoas e faixas de rendimento – Uberlândia-MG – ano 2000.

Residentes há 10 anos ou mais	Número de pessoas
Com rendimento nominal mensal – até 1 salário mínimo	49.920
Com rendimento nominal mensal – mais de 1 e até 2 salários mínimos	74.502
Com rendimento nominal mensal – mais de 2 e até 3 salários mínimos	40.324
Com rendimento nominal mensal – mais de 3 e até 5 salários mínimos	42.010
Com rendimento nominal mensal – mais de 5 e até 10 salários mínimos	36.225
Com rendimento nominal mensal – mais de 10 e até 20 salários mínimos	15.390
Com rendimento nominal mensal – mais de 20 salários mínimos	8.839
Sem rendimento nominal mensal	149.170

Fonte: IBGE, 2000.

A maioria das pessoas residentes em Uberlândia-MG há 10 anos ou mais, segundo dados do IBGE (2000), possuía de 4 a 7 anos de estudo, conforme mostrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Grau de instrução da população residente em Uberlândia-MG há 10 anos ou mais.

Residentes há 10 anos ou mais	Número de pessoas	Porcentagem (%)
Sem instrução e menos de 1 ano de estudo	20.480	4,94
De 1 a 3 anos de estudo	54.913	13,26
De 4 a 7 anos de estudo	148.329	35,82
De 8 a 10 anos de estudo	79.708	19,25
De 11 a 14 anos de estudo	83.465	20,15
15 anos ou mais de estudo	27.255	6,58

Fonte: IBGE, 2000.

3.2 DADOS E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL DA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG

3.2.1 Descrição do sistema

A cidade possui dois sistemas produtores distintos, ambos com mananciais pertencentes à mesma bacia hidrográfica e com captação superficial. Segundo dados do DMAE, para o período compreendido entre o fim do ano de 2006 e o início de 2007, a média de produção mensal de água potável da ETA Bom Jardim foi de 2.715.650 m³, enquanto que na ETA Sucupira de 2.805.867 m³ (DMAE, 2005b).

A malha de distribuição de água possui aproximadamente 2.700 km de rede e é composta por tubulações em PVC, ferro fundido e aço carbono, com diâmetros variando de 60 a 960mm. Aproximadamente 94,33% da tubulação representam a rede distribuidora, enquanto que o restante, 5,67% são compostos por adutoras e sub-adutoras. Existe interligação dos setores de abastecimento em grande parte do sistema, o que dificulta a definição, o isolamento e o controle das zonas de pressão. O cadastro das tubulações está sendo aprimorado. Segundo informações obtidas junto ao DMAE, a relação do comprimento da rede de água potável instalada com o número de ligações de água é estimada em 19,8m/lig. Este coeficiente é considerado elevado, em comparação com outros centros urbanos de porte semelhante. Todavia, é explicado pela grande quantidade de rede instalada nos dois lados do passeio. Esta prática é positiva, pois preserva o pavimento das vias carroçáveis e diminui o risco de vazamentos nos ramais prediais por

estarem livres do tráfego pesado (SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS, 2004).

Existem vários tipos de ligações prediais: abraçadeiras em PVC e ramais em PAD, colares de tomada em FoFo e ramais em PVC roscável, além de ramais em aço galvanizado conectados à rede por rosca e niple. A forma de ligação predial utilizada atualmente corresponde ao primeiro tipo citado.

Existem três tipos de abrigos para o medidor de água em diâmetros de $\frac{3}{4}$ ": caixa de aço subterrânea, caixa de aço instalada na parede e abrigo em aço com forma triangular também instalado na parede. O abrigo triangular é o modelo atualmente utilizado (ver croqui de instalação no Anexo A). Existem estudos sobre a substituição desse padrão para outro que seja mais seguro contra fraudes no sistema de medição.

A cidade dispõe de dezoito reservatórios distribuídos em onze centros de reservação e com capacidade para armazenamento de 82.120m^3 de água. Seis desses reservatórios são elevados, construídos em concreto, com capacidade de reservação variando de 500 a 1.750m^3 . Onze são apoiados, construídos em aço, com capacidade variando de 4.370 a 6.000m^3 . Um é semi-enterrado, construído em concreto, com capacidade para 10.500m^3 (SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS, 2004).

O DMAE dispõe de uma Central de Controle de Processos - CCP, responsável pela logística de distribuição da água potável. A central busca controlar o abastecimento e as pressões na rede, estabelecendo tomadas de decisões quanto à abertura e fechamento dos registros, o acionamento ou desligamento das bombas, a quantidade de produção de água potável, além dos níveis dos reservatórios. Uma parte do sistema se encontra automatizada.

O monitoramento da pressão na malha de distribuição de água potável é realizado pelos Pontos de Controle de Qualidade - PCQ's. Esses pontos são ramais da rede de distribuição que permitem facilmente o acoplamento de manômetros para o registro das pressões atuantes na rede. Atualmente existem 50 pontos instalados na cidade e o controle ocorre duas vezes ao dia. Existe também o monitoramento realizado pelo setor de manutenção de água, em pontos específicos, quando necessário para solucionar reclamações de usuários

com relação à falta ou excesso de pressão na rede. No caso das grandes linhas adutoras o controle das pressões é realizado pelas estações pitométricas ou por meio de manômetros. Ambos estão instalados nas saídas e chegadas dos reservatórios.

A macromedição é realizada por medidores eletromagnéticos, os quais estão instalados nas tubulações de saída das ETA's.

3.2.2 Indicadores do sistema de abastecimento de água

3.2.2.1 Índice de atendimento de água potável

Conforme dados extraídos do Plano Diretor de Gestão Estratégica do DMAE, as informações referentes ao atendimento de água potável nos domicílios de Uberlândia-MG, em relação à data de referência, estão mostradas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Situação dos domicílios em Uberlândia.

Descrição	Quantidade
Domicílios particulares permanentes – total	144.461
Domicílios particulares permanentes – forma de abastecimento de água: rede geral	141.113
Domicílios particulares permanentes – forma de abastecimento de água: poço ou nascente	2.548
Domicílios particulares permanentes – outras formas de abastecimento de água	800

Fonte: IBGE, 2000 apud SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS, 2004.

Dessa maneira, conclui-se que, na época de obtenção dos dados, a porcentagem de domicílios servidos por rede de água em Uberlândia era de 97,7%.

3.2.2.2 Volumes produzidos, micromedidos e perdas

Através de pesquisa realizada junto ao Departamento Municipal de Água e Esgoto em questão, os volumes produzidos e micromedidos, em relação aos períodos de referência compreendidos entre junho de 2005 e maio de 2006, são mostrados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Total de volume de água potável produzido e volume micromedido por período.

Mês de Referência	Volume Produzido (m ³)	Volume Micromedido (m ³)
Junho/2005	4.883.225	3.291.070
Julho/2005	5.086.013	3.506.669
Agosto/2005	5.828.305	3.970.219
Setembro/2005	5.481.351	4.051.427
Outubro/2005	5.938.167	3.911.657
Novembro/2005	5.094.752	3.679.832
Dezembro/2005	5.012.851	3.395.857
Janeiro/2006	5.001.328	3.524.645
Fevereiro/2006	4.993.331	3.529.010
Março/2006	4.991.399	3.397.712
Abril/2006	5.099.634	3.578.449
Maio / 2006	5.521.517	3.606.341

Fonte: DMAE, 2006.

Para uma melhor visualização da diferença entre o volume mensalmente produzido e o micromedido, em Uberlândia-MG, no período avaliado, é mostrado na Figura 3.1 um gráfico de barras com estes dados.

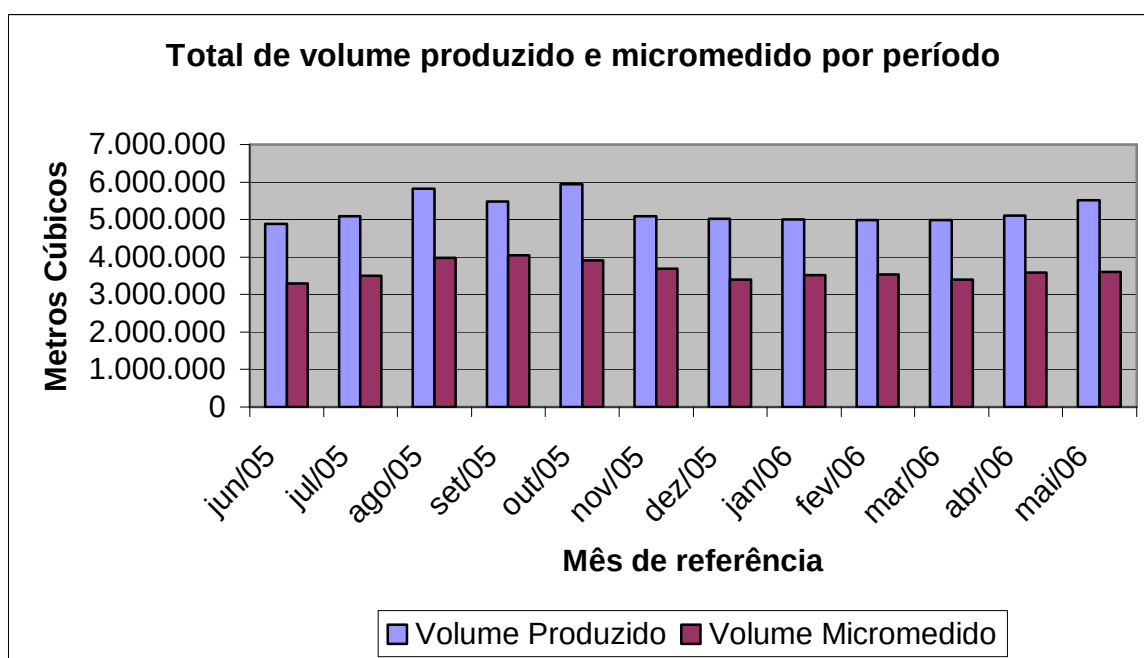


Figura 3.1 - Gráfico de barras representando o total de volume produzido e micromedido por período, em Uberlândia-MG.

Fonte: DMAE, 2006.

A partir da análise das informações, pode-se chegar a valores que representam a perda de água potável após a produção até a micromedição. Extrapolando ainda mais estes dados e considerando a ocorrência de uma perda na produção de água tratada de 5% (valor

sugestivo para cálculo do consumo de água nas ETA's para regiões nas quais este índice é desconhecido), chega-se ao suposto valor da perda entre a captação de água até a micromedição, referente ao sistema analisado (ver Tabela 3.6). É importante mencionar que não foi avaliada a confiabilidade destes dados.

Tabela 3.6 - Estimativa de volume de água captado e perdas.

Mês de Referência	Estimativa do Volume Captado (m ³)	Perda após a Produção e até a Micromedição (m ³)	(%)	Estimativa de Perda da Captação até a Micromedição (m ³)	(%)
Junho/2005	5.127.386	1.592.155	32,60	1.836.316	35,81
Julho/2005	5.340.314	1.579.344	31,05	1.833.645	34,34
Agosto/2005	6.119.720	1.858.086	31,88	2.149.501	35,12
Setembro/2005	5.755.418	1.429.924	26,09	1.703.991	29,61
Outubro/2005	6.235.075	2.026.510	34,13	2.323.418	37,26
Novembro/2005	5.349.489	1.414.920	27,77	1.669.657	31,21
Dezembro/2005	5.263.493	1.616.994	32,26	1.867.636	35,48
Janeiro/2006	5.251.394	1.476.683	29,53	1.726.749	32,88
Fevereiro/2006	5.242.997	1.464.321	29,33	1.713.987	32,67
Março/2006	5.240.969	1.593.687	31,93	1.843.257	35,17
Abril/2006	5.354.615	1.521.185	29,83	1.776.166	33,17
Maio/2006	5.797.592	1.915.176	34,69	2.191.251	37,80
Média (%):			30,92	Média (%):	34,21

Importantes ações estão em fase de implantação com o objetivo de determinar com maior confiabilidade o índice de perdas. Dentre estas atividades podem ser destacadas: aprimoramento do cadastro da rede de água potável, setorização, telemetria, substituições regulares de hidrômetros e aferição dos novos aparelhos medidores em bancada apropriada. O Plano Diretor de Gestão Estratégica do DMAE (SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS, 2004), tem como meta a redução do índice de perdas para 25%, prevista para 31 de dezembro de 2034.

3.2.2.3 Qualidade da água

De acordo com os dados disponíveis, a água produzida atende as condições exigidas pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde. O controle de qualidade na produção é realizado nas ETA's e existe também o monitoramento na rede de distribuição, por meio dos PCQ's, que servem para retirar amostras da água servida à população, em diversos locais da cidade.

3.2.2.4 Número de ligações, economias e consumo

A partir de consulta ao cadastro comercial do Departamento de Água e Esgoto em questão, foram verificados, para a data base de novembro do ano de 2005, dados referentes ao número de ligações de água, quantidade de economias e o consumo, em relação às três categorias utilizadas pela Autarquia. Estes números estão apresentados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Número de ligações de água, economias e estimativas de consumo por categoria, referentes ao mês de novembro de 2005.

Categorias	Nº de Ligações	%	Nº de Economias	%	Consumo (m³)	%
Residenciais	129.345	92,88	186.465	86,11	2.296.481	84,31
Comerciais	9.739	6,99	29.837	13,77	407.824	10,42
Industriais	164	0,12	225	0,1	206.301	5,27
T O T A L	139.248		216.528		3.911.657	

Fonte: DMAE, 2005b.

Este dado conclui e fundamenta a importância e a significância da categoria residencial, na qual, para aquela data base de referência representou: 92,88% do total de ligações, 86,11% do montante de economias e 84,31% do consumo de água.

Segundo informações do DMAE, o consumo médio de água por cada ligação, para o ano de 2004, foi de 27,71 m³.

Conforme registro extraído do Banco de Dados Integrados da Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano, referente ao ano de 2004, o número de habitantes por economias residenciais era de 2,95.

Sabe-se que o valor da tarifa é uma importante variável que influencia o consumo, portanto, para um melhor entendimento do universo em que se encontra esta pesquisa, são mostradas na Tabela 3.8 as tarifas cobradas de acordo com as categorias e consumo.

Tabela 3.8 - Tarifa de água potável - DMAE, referente ao mês de fevereiro de 2006.

I – Categoria Residencial	R\$
De 0 a 10 m ³ – tarifa mínima residencial	3,69
De 11 a 20 m ³ – preço por m ³ excedente	0,42
De 21 a 30 m ³ – preço por m ³ excedente	0,48
De 31 a 40 m ³ – preço por m ³ excedente	0,67
De 41 a 50 m ³ – preço por m ³ excedente	1,15
Acima de 50 m ³ – preço por m ³ excedente	1,44
II – Categoria Comercial	R\$
De 0 a 10 m ³ – tarifa mínima comercial	4,62
De 11 a 20 m ³ – preço por m ³ excedente	0,50
De 21 a 30 m ³ – preço por m ³ excedente	0,58
De 31 a 40 m ³ – preço por m ³ excedente	0,82
De 41 a 50 m ³ – preço por m ³ excedente	1,38
Acima de 50 m ³ – preço por m ³ excedente	1,71
III – Categoria Industrial	R\$
De 0 a 30 m ³ – tarifa mínima industrial	17,81
De 31 a 3.000 m ³ – preço por m ³ excedente	1,21
De 3.001 a 10.000 m ³ – preço por m ³ excedente	1,27
De 10.001 a 35.000 m ³ – preço por m ³ excedente	1,33
De 35.001 a 50.000 m ³ – preço por m ³ excedente	1,38
Acima de 50.000 m ³ – preço por m ³ excedente	1,71

Fonte: DMAE, 2006.

Obs.: Valor cobrado somente pelo consumo de água potável. Para a formação da fatura mensal incidem-se demais taxas além de 80% do valor cobrado pela água potável referente aos serviços de esgotamento sanitário.

A tarifa de água e esgoto cobrada na cidade analisada, comparada com cidades de porte semelhante, se encontra defasada. De acordo com Freitas apud FERNANDES (2006), um usuário que consome 20 m³ de água por mês na cidade de Uberlândia-MG paga R\$ 17,52, enquanto que em Uberaba-MG, pela mesma quantidade, o custo é de R\$ 35,17 e em Juiz de Fora-MG o valor é de R\$ 33,56.

Na Tabela 3.9 consta a distribuição das faixas de consumo relacionadas com a quantidade de faturas emitidas pelo DMAE nos meses de janeiro e fevereiro de 2006.

Tabela 3.9 - Quantidade de faturas nas diversas faixas de consumo.

Faixa de consumo (m³)	Quantidade de faturas emitidas em: 20/01/2006	Quantidade de faturas emitidas em: 20/02/2006
0 a 10	36.472	39.107
11 a 20	46.872	47.245
21 a 30	29.105	27.399
31 a 40	13.313	12.516
41 a 50	5.919	5.594
51 a 70	4.253	4.127
71 a 100	1.818	1.829
101 a 200	1.306	1.329
201 a 300	330	346
301 a 500	186	241
501 a 1.000	151	149
Acima de 1.001	65	81
TOTAL	139.790	139.963

Fonte: DMAE, 2005b.

Obs.: relaciona todos os tipos de economias (residencial, comercial e industrial)

Pode-se observar que esse relatório possui representativa variação mensal, pois muitas faturas encontram-se com valores próximos aos limites das faixas de consumo consideradas, sendo que, ora participam de um determinado intervalo e ora de outro. Sabe-se também que a temperatura, a umidade relativa do ar, ou até mesmo o índice pluviométrico, interferem nos volumes de água consumidos.

3.2.3 Dados e informações gerais sobre sistema de medição de água potável na cidade de Uberlândia-MG

3.2.3.1 Procedimentos adotados pelo DMAE

A seção de hidrometria do DMAE de Uberlândia é responsável pela manutenção e conservação dos aparelhos medidores de água. Essa seção conta basicamente com os seguintes serviços: aferição dos hidrômetros, substituição dos mesmos, redimensionamento dos medidores, colocação de lacre, limpeza geral do aparelho e do filtro, pintura da carcaça e troca da relojoaria.

Os medidores são adquiridos de duas maneiras, sendo:

- . pelos usuários - utilizados em ligações novas ou por substituição de aparelho avariado por mal uso; estes são adquiridos pelo cliente em lojas especializadas da cidade;

- . pelo DMAE - em casos de desgastes naturais dos aparelhos; estes são adquiridos pelo Departamento através de licitação pública;

Atualmente ainda não está implantado o teste para recebimento dos hidrômetros através de verificação da aferição em bancada apropriada, no entanto, segundo informações obtidas junto a funcionários da seção responsável, este procedimento será implantado em breve. O Departamento já conta com uma bancada de calibração que atende a hidrômetros do tipo unijato e multijato, com vazões nominais de 0,75 a 15 m³/h e diâmetros nominais de 15 a 50 mm. A bancada possui três tanques de aço inox, calibrados com escala de volume, a fim de atender as vazões solicitadas. Seu sistema de indicação de vazão se processa por rotâmetros. Possui capacidade para testar, em série, 14 aparelhos unijatos de 3/4'' e 10 medidores multijatos de 3/4''. Atualmente é utilizada para avaliar hidrômetros que apresentem dúvidas quanto à correta medição do volume de água, a exemplo de aparelhos que registram consumos exagerados ou mínimos sem justificativa aparente. Segundo informações obtidas, os testes em bancada de aferição são realizados de acordo com a Portaria n° 246 do INMETRO.

O procedimento de manutenção é iniciado pela abertura da solicitação de serviço, a qual é gerada basicamente pelos agentes comerciais (leituristas) e usuários do sistema. Posteriormente as informações são avaliadas pelos técnicos responsáveis, os quais executam os procedimentos necessários para a solução dos problemas.

Quando da substituição dos aparelhos é observado o seu correto dimensionamento em relação ao histórico de consumo real no imóvel analisado, sendo, nos casos pertinentes, realizado o redimensionamento de forma a instalar um aparelho com a vazão que seja mais bem adequada às realidades daquele consumidor.

Os problemas mais freqüentes são hidrômetros com visor embaçado, engrenagem travada, ponteiros soltos e falta de lacre.

3.2.3.2 Características do parque de hidrômetros instalados

O DMAE adota a medição do consumo de água potável, por meio de hidrômetros, para todos os usuários, além de exigir que os reservatórios prediais tenham capacidade útil de reserva correspondente ao consumo mínimo do prédio em 24 horas. Os aparelhos com vazão máxima de até $3\text{m}^3/\text{h}$, recentemente instalados, são do tipo velocimétrico, classe B, unijato e multijato.

As características do parque de hidrômetros foram obtidas a partir dos números de identificação dos hidrômetros instalados e em atividade, os quais foram retirados do banco de dados do sistema de informática. Estes dados foram analisados segundo o parâmetro $X_1X_2X_3X_4X_n$, em que X_1 identifica a capacidade ou vazão máxima do medidor, X_2 e X_3 representam o ano de fabricação da carcaça do aparelho medidor, X_4 identifica o fabricante do aparelho e X_n refere-se ao número de série do equipamento. As letras que correspondem às vazões máximas dos hidrômetros, equivalente a X_1 , estão apresentadas na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Relação entre o primeiro caractere do código identificador do hidrômetro e sua vazão máxima de trabalho.

Código identificador (X_1)	Vazão máxima em m^3/h
A	3
B	5
C	7
D	7 ou 10
E	20
F	30
Y	1,5

Fonte: DMAE, 2005a.

O segundo e o terceiro caracteres, equivalentes a X_2 e X_3 , identificam o ano de fabricação do aparelho, como por exemplo:

96 - ano de fabricação 1996;

99 - ano de fabricação 1999;

02 - ano de fabricação 2002.

Com o advento da troca de 'kits', ou seja, da relojoaria do medidor mantendo a carcaça, este dado passou a não demonstrar fielmente a exata idade do conjunto total do aparelho e sim apenas ao da carcaça, ficando então fora da avaliação.

O quarto caractere referente à X_4 , corresponde ao fabricante do aparelho, sendo que sua parametrização segue os dados mostrados na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Relação entre o quarto caractere do código identificador do hidrômetro e o nome do seu fabricante.

Código identificador (X_4)	Nome do fabricante do aparelho
F	FAE
L	LAO
O	KBM
N	Nansen / ABB / Elster
R	Nansen (antigo)
S	Schlumberger
T	Tecnobras
M	Turbimax (antigo)
X	Turbimax

Fonte: DMAE, 2005a.

O restante dos caracteres (X_n) representa o número de série do medidor e não possui valia para esta caracterização do aparelho. Os códigos identificadores que se encontram fora deste padrão foram retirados da análise, sendo considerados inválidos para esta pesquisa. Finalmente, como resultado desta análise, chegou-se às estatísticas mostradas na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 - Porcentagem de hidrômetros instalados em Uberlândia segundo sua vazão máxima - referência março / 2006.

Código identificador (X_1)	$Q_{\max}$ do hidrômetro (m^3/h)	Porcentagem (%)
Inválido	Não identificada	21,16
A	3	65,60
B	5	0,50
C	7	0,02
D	7 ou 10	0,25
E	20	0,08
F	30	0,06
Y	1,5	12,31

Fonte: DMAE, 2006.

* obs. estes dados se referem aos aparelhos que possuem código identificador dentro dos parâmetros analisados.

Como o hidrômetro de vazão máxima igual a $3 m^3/h$ foi o mais representativo na amostra observada para a cidade de Uberlândia, foi feita uma pesquisa a partir dos mesmos dados anteriores, ou seja, analisando-se o código inscrito na carcaça dos medidores, de forma a obter a representatividade de cada fabricante conforme as condições observadas (ver Tabela 3.13).

Tabela 3.13 - Representatividade dos fabricantes de hidrômetros com vazão máxima de $3\text{m}^3/\text{h}$ instalados na cidade de Uberlândia e que possuem código identificador com modelo padronizado - referência março / 2006.

Código identificador	Nome do fabricante	Porcentagem (%)	Nome atual do grupo após fusões	Porcentagem (%)
F	FAE	0,30	FAE	0,30
L	LAO	28,97	LAO	28,97
O	KBM	0,04	KBM	0,04
R	Nansen antigo	0,22	Nansen	50,95
N	Nansen/ ABB /Elster	50,73		
S	Schlumberger	1,73	Actaris	15,41
T	Tecnobrás	13,68		
M	Turbimax antigo	0,03	Sensus	4,32
X	Turbimax	4,29		

Fonte: DMAE, 2006.

* obs. estes dados se referem aos aparelhos que possuem código identificador dentro dos parâmetros analisados.

Atualmente não existe um cadastro que ofereça informações sobre a classe metrológica usualmente utilizada para os hidrômetros. Contudo, na opinião dos técnicos do Departamento, a classe predominante é a B, inclusive devido aos procedimentos adotados pela hidrometria, na qual regularmente efetua a substituição dos aparelhos com classe metrológica A por equipamentos com classe B, além de permitirem apenas a instalação de aparelhos com classe B. Hidrômetros com classe metrológica C não são e nunca foram instalados na cidade.

Observando então os dados anteriormente apresentados e os catálogos dos fornecedores de hidrômetros, chega-se a conclusão de que, o hidrômetro mais comumente utilizado na cidade de Uberlândia-MG, apresenta as seguintes características:

$Q_{\text{max}} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$;

$Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$;

$Q_{\text{min}} = 30 \text{ l/h}$;

$Q_t = 120 \text{ l/h}$;

Velocimétrico;

Monojato / Multijato;

Classe B;

Q de Início de funcionamento = 7,5 a 18 l/h.

3.3 PESQUISA DE CAMPO

O trabalho experimental foi executado por meio da instalação de um aparelho medidor mais sensível, em série com o hidrômetro normalmente utilizado na cidade de Uberlândia. Os valores medidos em ambos os equipamentos foram comparados, para determinar a porcentagem de água não medida pelo sistema atualmente utilizado. Tendo em vista que o consumo de água residencial sofre influência de vários fatores de ordem técnica e subjetiva, com relação aos dados coletados, foram procuradas informações que propiciassem a análise das variáveis mais representativas, passando por uma avaliação técnica, financeira e quantitativa, de forma a direcionar a pesquisa para um resultado mais representativo. Esta fase de verificação dos dados coletados a fim de estabelecer a metodologia a ser seguida no trabalho de campo, está mostrada na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Condições e critérios estabelecidos para o trabalho de campo.

<i>Condições e critérios estabelecidos para a Pesquisa de campo</i>	<i>Justificativa de escolha</i>
Categoria do tipo residencial	Grande representatividade quanto ao número de ligações e economias existentes, bem como ao volume de água potável consumida por esta categoria na cidade
Construção do tipo térrea e assobradada	Limitar a coluna d'água entre os aparelhos hidráulicos e o reservatório superior
Hidrômetro com vazão nominal de 1,5 m ³ /h e vazão máxima de 3,0m ³ /h	A representatividade destes dentro da amostra analisada
Ausência de vazamentos no imóvel a ser avaliado	Evitar que perdas devido a vazamentos interfiram no processo de medição
Cavalete predial tipo padrão DMAE triangular e ou caixa de aço instalados na parede, ambos com tubulação de 3/4"	Ambos propiciam a instalação dos aparelhos em série, conforme padrão adotado na pesquisa de campo
Pressão na rede de abastecimento de água dentro dos limites recomendados pelas normas brasileiras	Dificuldade de restrição a pequenos intervalos de variação de pressão devido a sua oscilação ao longo das 24 horas do dia
Setor que observe pouco histórico de falta de água, ou seja, que possua abastecimento permanente	Evitar problemas com pressões negativas e ar dentro das tubulações, causados pelo desabastecimento e abastecimento de água
Forma de abastecimento de água no imóvel do tipo mista	Garantir grande oscilação de vazão, ou seja, ora o hidrômetro trabalha com baixa vazão e ora opera com alta vazão - situação crítica e comum
Inexistência de reservatório inferior na edificação	Nos prédios em que ocorre a existência de reservatório inferior e superior, o problema de submedição é amenizado, já que o esvaziamento da caixa d'água inferior (a qual é ligada ao hidrômetro) se dá por bombeamento assim que o reservatório superior atinge um determinado nível

Portanto, as informações contidas neste quadro, caracterizam mais precisamente, o objeto de estudo deste trabalho.

3.3.1 Verificação do dimensionamento da vazão do hidrômetro

Para verificar se a vazão do hidrômetro utilizado na pesquisa, estava bem dimensionada às possíveis variações de demanda nas quais os aparelhos estariam submetidos, foi utilizado o modelo por vazão estimada, com simulação em residências unifamiliares e forma de abastecimento do tipo misto, considerando os seguintes aparelhos ligados diretamente ao sistema público de abastecimento: uma torneira de jardim e uma torneira de tanque. A NBR 5626/98 estabelece a metodologia para a estimativa da vazão dessas peças (ver Tabela 3.15).

Tabela 3.15 - Peso relativo dos aparelhos.

Peça ou aparelho	Peso relativo
Torneira de jardim	0,4
Torneira de tanque	0,7
ΣP	1,1

Fonte: NBR 5626, 1998.

Com a utilização do processo estabelecido pela NBR 5626/98 e processando os dados demonstrados anteriormente na fórmula que estabelece a vazão que considera a simultaneidade provável de utilização de peças, dada pela expressão $Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P}$, estima-se que o valor de vazão que estes aparelhos solicitarão durante suas utilizações, esteja na ordem de 1.133 l/h.

Além da NBR 5626/98, foi utilizada a referência obtida por Montenegro (1986) apud PNCD (2004b), a qual estabelece uma vazão de 300 l/h como típica de uma torneira-bóia controlando a alimentação do reservatório, conforme estudos realizados na Região Metropolitana de São Paulo.

Somando a parcela referente ao abastecimento direto (1.133 l/h) com a referente ao abastecimento indireto (300 l/h), chega-se a um valor de vazão total de solicitação do hidrômetro da ordem de 1.433 l/h. É mencionado no documento elaborado pelo PNCD

(2004b), que os valores associados à Tabela 3.15, condizem com uma pressão de referência de 100 KPa. Sabe-se que, na rede de distribuição de água, as pressões podem variar de 0,1 a 0,5 MPa, sendo que, para essa alta pressão, a bibliografia citada anteriormente aconselha multiplicar a vazão estimada por um fator de correção de 1,45. Portanto, para se evitar que os hidrômetros percebam vazões superiores às máximas recomendadas, o que pode ocasionar danos aos equipamentos, o aparelho com vazão nominal de $1,5\text{m}^3/\text{h}$ e máxima de $3,0\text{m}^3/\text{h}$ é o recomendado.

3.3.2 Materiais utilizados

O croqui de montagem do cavalete experimental se encontra no Anexo B. Os materiais utilizados foram os seguintes: fita veda-rosca, anel de borracha $\frac{3}{4}''$, registro de gaveta $\frac{3}{4}''$, niple $\frac{3}{4}''$, cotovelo $\frac{3}{4}''$, tubo gabarito roscável $\frac{3}{4}''$, hidrômetro comum, hidrômetro especial e tubete / porca de virola $\frac{3}{4}''$. A Figura 3.2 mostra um cavalete experimental instalado em campo.



Figura 3.2 - Cavalete experimental instalado em campo.

O medidor especial comparado ao hidrômetro usual instalado na cidade de Uberlândia foi escolhido a partir da análise de algumas variáveis importantes, dentre elas: a facilidade de manuseio, de manutenção, de instalação, de operação, sua resistência, custo, facilidade de aquisição, viabilidade de instalação, dimensões e *performances*. Diante das opções disponíveis no mercado e dos critérios citados, foi escolhido o hidrômetro utilizado na pesquisa com as seguintes características:

- . taquimétrico;
- . multijato;
- . utilizado para água fria;
- . classe metrológica C para funcionamento na horizontal;
- . marca Elster;
- . vazão nominal de 1,5 m³/h
- . em conformidade com as especificações das normas NM 212, ISO 4064, ABNT 8193, 8194, 8195 e portaria 246 do INMETRO;
- . pressão máxima de trabalho de 1,6 MPa (16 bar);
- . temperatura máxima de trabalho 40°C;
- . menor divisão 0,05 litro;
- . baixa perda de carga;
- . extensa faixa de medição;
- . baixa vazão de início de movimento;
- . resistência contra corrosão;
- . aprovado pelo INMETRO.

Dados do fabricante quanto aos pesos e medidas do aparelho escolhido, bem como da sua *performance*, podem ser observados na Tabela 3.16.

Tabela 3.16 - Dados do fabricante referente ao hidrômetro taquimétrico, multijato, classe C, marca Elster, com vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Descrição	Unidade	Valor
Diâmetro nominal (DN)	mm	20
Comprimento sem conexões	mm	190
Comprimento com conexões	mm	284
Altura com protetor de visor aberto em 90°	mm	120
Peso sem conexões	g	1,80
Peso com conexões	g	2,20
Vazão nominal (Q_n)	M^3/h	1,5
Vazão máxima (Q_{max})	M^3/h	3
Vazão de transição (Q_t)	l/h	22,5
Vazão mínima (Q_{min})	l/h	15
Vazão de início de movimento	l/h	4 a 6

Fonte: ELSTER, 2006.

Conforme citado, o hidrômetro mais comumente utilizado na cidade de Uberlândia-MG possui as seguintes características: Q_{max} igual a $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$, Q_n igual a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, Q_{min} igual a 30 l/h , Q_t igual a 120 l/h e vazão de início de funcionamento da ordem de $7,5$ a 18 l/h . Nota-se, portanto, que o aparelho escolhido (Tabela 3.16), possui vazão de transição, mínima e de início de movimento, bem inferior a do hidrômetro classe B normalmente utilizado. Outro importante fator para a escolha deste aparelho medidor para a realização da pesquisa, é a possibilidade de ser utilizado em larga escala pelo DMAE, podendo este trabalho servir como uma fonte de dados para a análise das vantagens e desvantagens desta utilização.

Quatro aparelhos especiais foram utilizados para a realização do trabalho. Estes equipamentos tiveram a aferição verificada na bancada de calibração do DMAE da cidade de Uberlândia, conforme as recomendações da Portaria nº 246 do INMETRO, resultando nas curvas de erros mostradas no Anexo C.

Não foram encontradas nas bibliografias consultadas, regras que obrigassem a utilização de trechos retos especiais a montante e nem a jusante dos hidrômetros avaliados.

3.3.3 Metodologia empregada

A primeira etapa para a escolha do local a ser efetuado o trabalho de campo foi a garantia de que este se encontrava dentro das condições estabelecidas para a pesquisa, além de

propiciar segurança e eficiência ao sistema. Para isso, fez-se necessária uma inspeção e avaliação no imóvel, analisando dentre outros itens, os seguintes:

- . certificação de que a ocupação era realmente para fins residenciais;
- . certificação quanto a possibilidade de instalação do aparelho medidor mais sensível, garantindo segurança e eficácia ao sistema;
- . verificação das características construtivas do imóvel, com o objetivo de avaliar se o mesmo se encontrava conforme os critérios estabelecidos na Tabela 3.14;
- . inspeção visual nas instalações hidráulicas do imóvel, a fim de constatar vazamentos e outras formas de abastecimento;
- . teste e inspeção no hidrômetro usualmente utilizado para verificação se o mesmo se encontrava dentro de condições aceitáveis de funcionamento;
- . verificação, utilizando os dados coletados nos PCQ's, de que o setor da rede de abastecimento em que se localizava o imóvel se encontrava dentro da faixa de pressão proposta (0,1 a 0,5 MPa, além das tolerâncias admitidas na NBR 12218);
- . anuência do morador do imóvel, concordando com a realização do trabalho.

Satisfeitos estes requisitos, o imóvel foi selecionado para a realização do trabalho.

Os procedimentos adotados quando da montagem do cavalete para a pesquisa de campo foram:

- 1 - fechar o registro de gaveta localizado no cavalete;
- 2 - instalar no cavalete o hidrômetro mais sensível em série com o usualmente utilizado, observando a segurança e a eficácia do sistema;
- 3 - abrir o registro de gaveta localizado no cavalete;
- 4 - verificar o aparecimento de umidade e vazamentos nas peças. Em caso positivo, estancar o vazamento apropriadamente;
- 5 - aguardar até que os dois aparelhos paralisassem seu relógio contador;
- 6 - anotar data e horário;
- 7 - anotar as leituras de ambos os aparelhos;
- 8 - adotar as devidas medidas a fim de manter a integridade da instalação e a segurança ao transeunte, quando fosse o caso;

9 - informar o morador do imóvel sobre os procedimentos em caso de vazamentos ou anomalias no sistema.

A partir desse momento a coleta de dados era iniciada e os hidrômetros estavam sujeitos às mesmas demandas de vazões e intempéries. As medições ocorriam em períodos completos de uma semana, tendo em vista os diferentes hábitos de consumo observados de segunda a sexta-feira e nos finais de semana. Os procedimentos não habituais ocorridos durante os ensaios, foram avaliados, de forma a garantir que os mesmos não prejudicassem os resultados.

3.3.4 Determinação do tamanho da amostra a ser pesquisada

Em virtude da grande quantidade de ligações de água na cidade de Uberlândia, foi necessária a determinação de uma amostragem, a fim de trazer viabilidade e operacionalidade ao trabalho. O tipo de amostragem realizada foi aleatória simples. Conforme Barbetta (2003) foram utilizadas as Equações 3.1 e 3.2 para o cálculo do tamanho mínimo da amostra:

$$n_0 = 1 / E_0^2 \quad (3.1)$$

$$n = (N \times n_0) / (N + n_0) \quad (3.2)$$

Sendo que:

N - tamanho (número de elementos) da população;

n - tamanho (número de elementos) da amostra;

n_0 - uma primeira aproximação para o tamanho da amostra;

E_0 - erro amostral tolerável.

A variável N considerada foi de 91.905 elementos, ou seja, valor correspondente ao número de hidrômetros em operação e com vazão máxima de 3 m³/h instalados na cidade de Uberlândia. Esta quantidade foi obtida a partir do cadastro dos códigos de identificação dos medidores. O erro amostral tolerável foi de 20%. Essa ordem de grandeza foi determinada considerando o prazo de execução da pesquisa de campo e os recursos disponíveis. Portanto:

$$n_0 = 1 / 0,2^2 = 1 / 0,04 = 25$$

$$n = (91.905 \times 25) / (91.905 + 25) = 2.297.625 / 91.930 = 25 \text{ elementos}$$

Conclui-se, então, que para as condições anteriormente avaliadas, o tamanho mínimo da amostra foi de 25 unidades.

3.3.5 Ensaios realizados

A coleta de dados foi realizada em 25 residências aleatórias, sendo que em cada uma delas foram analisadas três comparações de volumes registrados em ambos os aparelhos, referentes a períodos completos de uma semana. A Tabela 3.17 mostra a distribuição das amostras em relação aos bairros da cidade de Uberlândia-MG.

Tabela 3.17 - Quantidade de imóveis que participaram da pesquisa de campo por bairro.

Bairro	Quantidade de imóveis que participaram da pesquisa de campo
Centro	01
Chácaras Panorama	01
Granada	01
Jardim Canaã	01
Jardim das Palmeiras	03
Lídice	01
Luizote de Freitas	08
Marta Helena	02
Mansour	01
Planalto	02
Santa Luzia	01
Santa Mônica	01
Tubalina	02
TOTAL	25

Na Figura 3.3 é apresentado o mapa da cidade, sendo possível uma melhor visualização dessa distribuição.

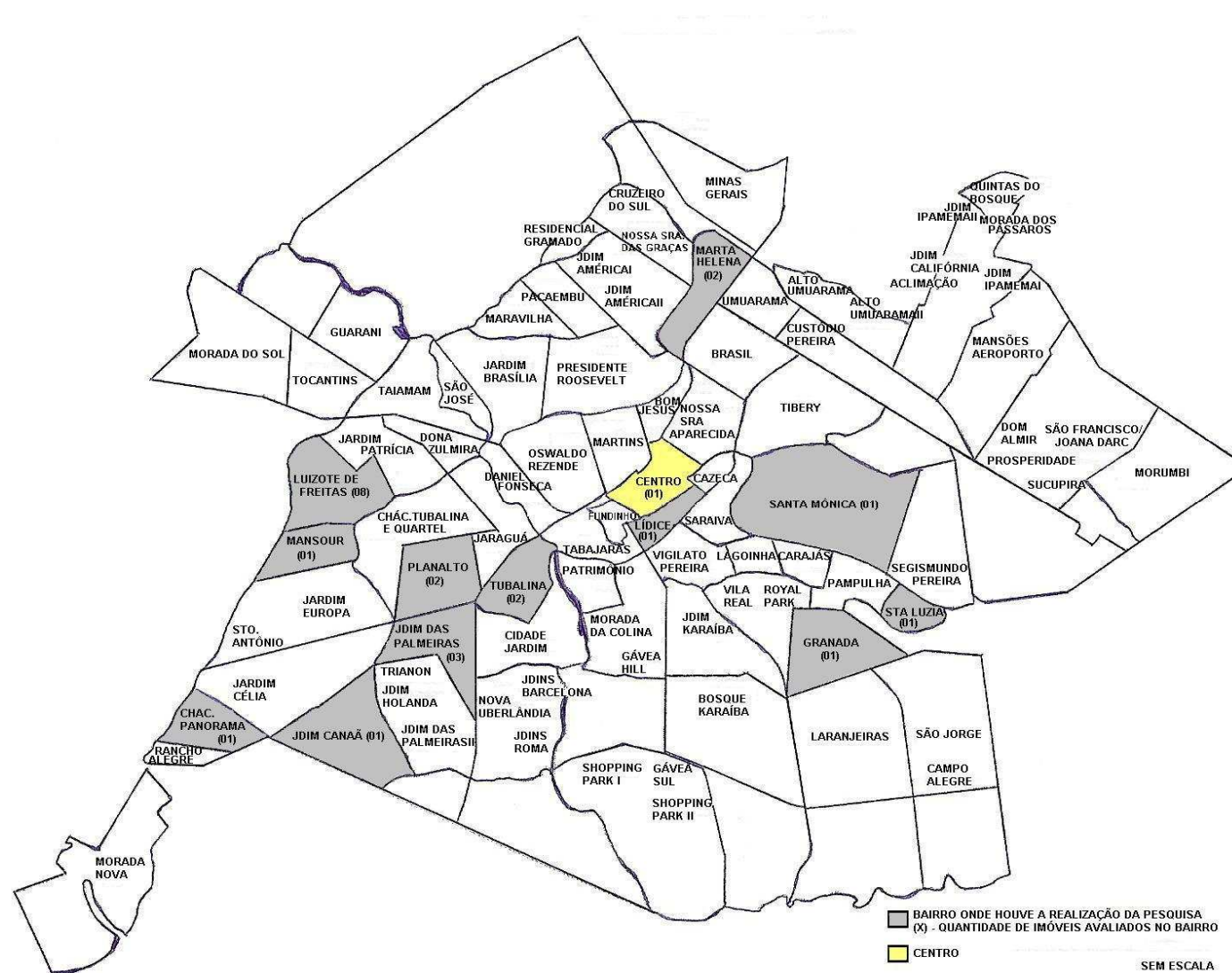


Figura 3.3 - Mapa com a distribuição das amostras realizadas no trabalho de campo relacionadas aos bairros da cidade de Uberlândia-MG.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E **D**ISSCUSSÃO

Os dados do trabalho de campo foram tabulados com as seguintes informações: endereço do local, média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado, códigos identificadores dos hidrômetros utilizados e informações coletadas. Estas últimas referem-se a: data e horário das leituras iniciais / finais, valor das leituras iniciais / finais, volumes medidos em ambos os aparelhos dentro do período avaliado, diferença do volume medido pelos equipamentos e porcentagem medida a mais ou a menos pelo hidrômetro especial em relação à leitura comumente realizada. Além dessas informações será apresentada, também, a média das porcentagens de diferença de medição referente às amostras realizadas no imóvel (ver Tabelas 4.1 a 4.25).

Tabela 4.1 - Controle de leituras em períodos semanais – local 01: Rua Tobias Inácio, 656 – bairro: Lídice.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N501478				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,45 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	03/07/06	15:25	0,8116	10/07/06	15:25	5,4721	4,6605
Hidrômetro classe B	03/07/06	15:25	0,1357	10/07/06	15:25	4,6178	4,4821
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1784
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							3,98
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	11/07/06	12:00	7,2201	18/07/06	12:00	12,8487	5,6286
Hidrômetro classe B	11/07/06	12:00	6,3882	18/07/06	12:00	11,6811	5,2929
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3357
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							6,34
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	18/07/06	12:00	12,8487	25/07/06	12:00	18,8842	6,0355
Hidrômetro classe B	18/07/06	12:00	11,6811	25/07/06	12:00	17,4250	5,7439
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2916
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							5,08
Média aritmética: 5,13%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 5,13% em volume							

Tabela 4.2 - Controle de leituras em períodos semanais – local 02: Av. Abadio Bonifácio da Silva, 793 – bairro: Granada.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N502575				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,16 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	19/07/06	16:30	1,3850	26/07/06	16:30	9,9439	8,5589
Hidrômetro classe B	19/07/06	16:30	0,1813	26/07/06	16:30	8,1535	7,9722
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,5867
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,36
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	26/07/06	16:30	9,9439	02/08/06	16:30	19,8961	9,9522
Hidrômetro classe B	26/07/06	16:30	8,1535	02/08/06	16:30	17,4634	9,3099
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6423
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							6,90
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	02/08/06	16:30	19,8961	09/08/06	16:30	29,1755	9,2794
Hidrômetro classe B	02/08/06	16:30	17,4634	09/08/06	16:30	26,0650	8,6016
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6778
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,88
Média aritmética: 7,38%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 7,38% em volume							

Tabela 4.3 - Controle de leituras em períodos semanais – local 03: Rua do Radialista, 1213 – bairro: Planalto.

Código identificador do hidrômetro classe B – A97T114486				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,22 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	10/08/06	18:45	29,2015	17/08/06	18:45	35,4159	6,2144
Hidrômetro classe B	10/08/06	18:45	2422,7738	17/08/06	18:45	2427,7546	4,9808
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,2336
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							24,77
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	17/08/06	18:45	35,4159	24/08/06	18:45	42,3192	6,9033
Hidrômetro classe B	17/08/06	18:45	2427,7546	24/08/06	18:45	2433,2588	5,5042
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,3991
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							25,42
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/08/06	18:45	42,3192	31/08/06	18:45	48,7072	6,3880
Hidrômetro classe B	24/08/06	18:45	2433,2588	31/08/06	18:45	2438,5996	5,3408
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,0472
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							19,61
Média aritmética: 23,27%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 23,27% em volume							

Tabela 4.4 - Controle de leituras em períodos semanais – local 04: Rua Agenor Paes, 55 – bairro: Centro.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N502160				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,43 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/08/06	14:30	43,7320	31/08/06	14:30	47,3337	3,6017
Hidrômetro classe B	24/08/06	14:30	12,8313	31/08/06	14:30	15,7948	2,9635
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6382
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							21,54
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	31/08/06	14:30	47,3337	07/09/06	14:30	51,1334	3,7997
Hidrômetro classe B	31/08/06	14:30	15,7948	07/09/06	14:30	18,8031	3,0083
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7914
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							26,31
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura Inicial	Horário da Leitura Inicial	Leitura Inicial (m³)	Data da Leitura Final	Horário da Leitura Final	Leitura Final (m³)	Consumo do Período (m³)
Hidrômetro classe C	07/09/06	14:30	51,1334	14/09/06	14:30	55,5193	4,3859
Hidrômetro classe B	07/09/06	14:30	18,8031	14/09/06	14:30	22,6371	3,8340
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,5519
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							14,39
Média aritmética: 20,75%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 20,75% em volume							

Tabela 4.5 - Controle de leituras em períodos semanais – local 05: Rua Geraldino Carneiro, 154 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro do classe B – A00X120189				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,45 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	23/09/06	11:10	56,1424	30/09/06	11:10	59,4581	3,3157
Hidrômetro classe B	23/09/06	11:10	769,3492	30/09/06	11:10	772,4429	3,0937
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2220
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,18
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	30/09/06	11:10	59,4581	07/10/06	11:10	63,2567	3,7986
Hidrômetro classe B	30/09/06	11:10	772,4429	07/10/06	11:10	775,9345	3,4916
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3070
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							8,79
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	07/10/06	11:10	63,2567	14/10/06	11:10	68,2015	4,9448
Hidrômetro classe B	07/10/06	11:10	775,9345	14/10/06	11:10	780,4565	4,5220
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,4228
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							9,35
Média aritmética: 8,44%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 8,44% em volume							

Tabela 4.6 - Controle de leituras em períodos semanais – local 06: Rua das Pombas, 408 – bairro: Jardim das Palmeiras.

Código identificador do hidrômetro classe B – A01L415069				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,29 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	13/11/06	18:25	71,25375	20/11/06	18:25	91,4082	20,15445
Hidrômetro classe B	13/11/06	18:25	4278,05825	20/11/06	18:25	4294,6824	16,62415
Diferença de medição no período avaliado (m³):							3,5303
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							21,24
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Amostra 1	20/11/06	18:25	91,4082	27/11/06	18:25	107,7919	16,3837
Hidrômetro classe B	20/11/06	18:25	4294,6824	27/11/06	18:25	4307,5167	12,8343
Diferença de medição no período avaliado (m³):							3,5494
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							27,66
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	27/11/06	18:25	107,7919	04/12/06	18:25	130,6189	22,8270
Hidrômetro classe B	27/11/06	18:25	4307,5167	04/12/06	18:25	4325,8776	18,3609
Diferença de medição no período avaliado (m³):							4,4661
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							24,32
Média aritmética: 24,41%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 24,41% em volume							

Tabela 4.7 - Controle de leituras em períodos semanais – local 07: Rua das Pombas, 266 – bairro: Jardim das Palmeiras.

Código identificador do hidrômetro classe B – 1976779				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,29 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	13/11/06	18:35	76,69585	20/11/06	18:35	82,38975	5,6939
Hidrômetro classe B	13/11/06	18:35	973,52195	20/11/06	18:35	978,8719	5,34995
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,34395
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							6,43
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	20/11/06	18:35	82,38975	27/11/06	18:35	87,4029	5,0132
Hidrômetro classe B	20/11/06	18:35	978,8719	27/11/06	18:35	983,6068	4,7349
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2782
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							5,88
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	27/11/06	18:35	87,4029	04/12/06	18:35	93,2770	5,8741
Hidrômetro classe B	27/11/06	18:35	983,6068	04/12/06	18:35	989,06855	5,46175
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,41235
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,55
Média aritmética: 6,62%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 6,62% em volume							

Tabela 4.8 - Controle de leituras em períodos semanais – local 08: Rua João Cândido Pereira, 94 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – T171683				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,43 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	05/12/06	18:40	135,2616	12/12/06	18:40	142,6663	7,4047
Hidrômetro classe B	05/12/06	18:40	9881,1882	12/12/06	18:40	9888,3915	7,2033
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2014
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							2,80
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	12/12/06	18:40	142,6663	19/12/06	18:40	151,6932	9,0269
Hidrômetro classe B	12/12/06	18:40	9888,3915	19/12/06	18:40	9897,0945	8,7030
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3239
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							3,72
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	19/12/06	18:40	151,6932	26/12/06	18:40	159,4425	7,7493
Hidrômetro classe B	19/12/06	18:40	9897,0945	26/12/06	18:40	9904,5325	7,4380
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3113
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							4,19
Média aritmética: 3,57%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 3,57% em volume							

Tabela 4.9 - Controle de leituras em períodos semanais – local 09: Rua do Marceneiro, 268 – bairro: Planalto.

Código identificador do hidrômetro classe B – A91L662198				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,27 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	12/12/06	18:25	95,9442	19/12/06	18:25	100,5699	4,6257
Hidrômetro classe B	12/12/06	18:25	962,1091	19/12/06	18:25	966,1186	4,0095
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6162
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							15,37
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	19/12/06	18:25	100,5699	26/12/06	18:25	105,0008	4,4309
Hidrômetro classe B	19/12/06	18:25	966,1186	26/12/06	18:25	969,8416	3,7230
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7079
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							19,01
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	26/12/06	18:25	105,0008	02/01/07	18:25	110,3151	5,3143
Hidrômetro classe B	26/12/06	18:25	969,8416	02/01/07	18:25	974,3719	4,5303
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7840
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							17,31
Média aritmética: 17,23%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 17,23% em volume							

Tabela 4.10 - Controle de leituras em períodos semanais – local 10: Rua Cafarnaum, 83 – bairro: Jardim Canaã.

Código identificador do hidrômetro classe B – A95N063674				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731805			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,50 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	14/12/06	18:25	1,7491	21/12/06	18:25	6,1160	4,3669
Hidrômetro classe B	14/12/06	18:25	2013,0825	21/12/06	18:25	2016,6584	3,5759
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7910
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							22,12
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	21/12/06	18:25	6,1160	28/12/06	18:25	9,8093	3,6933
Hidrômetro classe B	21/12/06	18:25	2016,6584	28/12/06	18:25	2019,5449	2,8865
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,8068
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							27,95
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	28/12/06	18:25	9,8093	04/01/07	18:25	14,0648	4,2555
Hidrômetro classe B	28/12/06	18:25	2019,5449	04/01/07	18:25	2022,9622	3,4173
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,8382
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							24,53
Média aritmética: 24,87%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 24,87% em volume							

Tabela 4.11 - Controle de leituras em períodos semanais – local 11: Rua dos Tucanos, 579 – bairro: Jardim das Palmeiras.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N501985				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731804			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,34 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	19/12/06	17:45	1,56925	26/12/06	17:45	3,1503	1,5811
Hidrômetro classe B	19/12/06	17:45	25,62225	26/12/06	17:45	27,0500	1,4278
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1533
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							10,74
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	26/12/06	17:45	3,1503	02/01/06	17:45	5,5904	2,4401
Hidrômetro classe B	26/12/06	17:45	27,0500	02/01/06	17:45	29,2614	2,2114
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2287
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							10,34
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	02/01/07	17:45	5,5904	09/01/07	17:45	7,1263	1,5359
Hidrômetro classe B	02/01/07	17:45	29,2614	09/01/07	17:45	30,6236	1,3622
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1737
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							12,75
Média aritmética: 11,28%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 11,28% em volume							

Tabela 4.12 - Controle de leituras em períodos semanais – local 12: Rua Fádua Barcha Gustin, 346 – bairro: Tubalina.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N506165				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,18 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	01/02/07	19:50	160,7555	08/02/07	19:50	162,0155	1,2600
Hidrômetro classe B	01/02/07	19:50	0,2272	08/02/07	19:50	1,3951	1,1679
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,0921
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,89
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	08/02/07	19:50	162,0155	15/02/07	19:50	164,0426	2,0271
Hidrômetro classe B	08/02/07	19:50	1,3951	15/02/07	19:50	3,2645	1,8694
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1577
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							8,44
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	15/02/07	19:50	164,0426	22/02/07	19:50	165,4543	1,4117
Hidrômetro classe B	15/02/07	19:50	3,2645	22/02/07	19:50	4,5815	1,3170
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,0947
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,19
Média aritmética: 7,84%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 7,84% em volume							

Tabela 4.13 - Controle de leituras em períodos semanais – local 13: Rua Fádua Barcha Gustin, 344 – bairro: Tubalina.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N809141				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731804			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,18 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	01/02/07	20:00	7,3182	08/02/07	20:00	12,9239	5,6057
Hidrômetro classe B	01/02/07	20:00	98,9518	08/02/07	20:00	103,9744	5,0226
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,5831
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							11,61
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	08/02/07	20:00	12,9239	15/02/07	20:00	18,5971	5,6732
Hidrômetro classe B	08/02/07	20:00	103,9744	15/02/07	20:00	109,0119	5,0375
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6357
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							12,62
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	15/02/07	20:00	18,5971	22/02/07	20:00	25,8252	7,2281
Hidrômetro classe B	15/02/07	20:00	109,0119	22/02/07	20:00	115,3179	6,3060
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,9221
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							14,62
Média aritmética: 12,95%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 12,95% em volume							

Tabela 4.14 - Controle de leituras em períodos semanais – local 14: Rua Elizabete Souza Carvalho, 17 – bairro: Santa Luzia.

Código identificador do hidrômetro classe B – A91T156577				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731805			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,51 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	03/02/07	09:35	16,1206	10/02/07	09:35	23,3261	7,2055
Hidrômetro classe B	03/02/07	09:35	3342,5822	10/02/07	09:35	3348,3339	5,7517
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,4538
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							25,28
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	10/02/07	09:35	23,3261	17/02/07	09:35	30,7171	7,3910
Hidrômetro classe B	10/02/07	09:35	3348,3339	17/02/07	09:35	3354,1863	5,8524
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,5386
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							26,29
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	17/02/07	09:35	30,7171	24/02/07	09:35	37,4395	6,7224
Hidrômetro classe B	17/02/07	09:35	3354,1863	24/02/07	09:35	3359,6577	5,4714
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,2510
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							22,86
Média aritmética: 24,81%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 24,81% em volume							

Tabela 4.15 - Controle de leituras em períodos semanais – local 15: Rua Calil Abrão, 148 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – T171806				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,48 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	03/02/07	10:30	116,4369	10/02/07	10:30	120,4419	4,0050
Hidrômetro classe B	03/02/07	10:30	4821,5675	10/02/07	10:30	4825,3065	3,7390
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2660
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,11
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	10/02/07	10:30	120,4419	17/02/07	10:30	123,9380	3,4961
Hidrômetro classe B	10/02/07	10:30	4825,3065	17/02/07	10:30	4828,5135	3,2070
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2891
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							9,01
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	17/02/07	10:30	123,9380	24/02/07	10:30	128,4854	4,5474
Hidrômetro classe B	17/02/07	10:30	4828,5135	24/02/07	10:30	4832,7585	4,2450
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3024
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							7,12
Média aritmética: 7,75%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 7,75% em volume							

Tabela 4.16 - Controle de leituras em períodos semanais – local 16: Rua Santa Bárbara, 360 – bairro: Chácara Panorama.

Código identificador do hidrômetro classe B – A00L006122				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731805			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,10 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/02/07	10:20	37,4410	03/03/07	09:20	41,7087	4,2677
Hidrômetro classe B	24/02/07	10:20	1244,7995	03/03/07	09:20	1248,3096	3,5101
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7576
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							21,58
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	03/03/07	09:20	41,7087	10/03/07	09:20	50,8579	9,1492
Hidrômetro classe B	03/03/07	09:20	1248,3096	10/03/07	09:20	1256,0797	7,7701
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,3791
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							17,75
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	10/03/07	09:20	50,8579	17/03/07	09:20	59,8255	8,9676
Hidrômetro classe B	10/03/07	09:20	1256,0797	17/03/07	09:20	1263,5328	7,4531
Diferença de medição no período avaliado (m³):							1,5145
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							20,32
Média aritmética: 19,88%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 19,88% em volume							

Tabela 4.17 - Controle de leituras em períodos semanais – local 17: Rua Rio Congo, 260 – bairro: Mansour.

Código identificador do hidrômetro classe B – A88N115115				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,46 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/02/07	11:20	128,4883	03/03/07	10:20	131,8352	3,3469
Hidrômetro classe B	24/02/07	11:20	426,0578	03/03/07	10:20	429,0386	2,9808
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3661
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							12,28
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	03/03/07	10:20	131,8352	10/03/07	10:20	135,5810	3,7458
Hidrômetro classe B	03/03/07	10:20	429,0386	10/03/07	10:20	432,4516	3,4130
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3328
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							9,75
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	10/03/07	10:20	135,5810	17/03/07	10:20	139,1522	3,5712
Hidrômetro classe B	10/03/07	10:20	432,4516	17/03/07	10:20	435,7307	3,2791
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2921
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							8,91
Média aritmética: 10,31%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 10,31% em volume							

Tabela 4.18 - Controle de leituras em períodos semanais – local 18: Av. Arnaldo Contursi, 1800 – bairro: Marta Helena.

Código identificador do hidrômetro classe B – A96T151994				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,17 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	16/03/07	17:30	166,3843	23/03/07	17:30	170,0450	3,6607
Hidrômetro classe B	16/03/07	17:30	1656,1963	23/03/07	17:30	1659,2096	3,0133
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6474
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							21,48
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	23/03/07	17:30	170,0450	30/03/07	17:30	174,0880	4,0430
Hidrômetro classe B	23/03/07	17:30	1659,2096	30/03/07	17:30	1662,5730	3,3634
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6796
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							20,21
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	30/03/07	17:30	174,0880	06/04/07	17:30	178,2575	4,1695
Hidrômetro classe B	30/03/07	17:30	1662,5730	06/04/07	17:30	1666,1201	3,5471
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6224
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							17,55
Média aritmética: 19,75%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 19,75% em volume							

Tabela 4.19 - Controle de leituras em períodos semanais – local 19: Rua Geraldino Carneiro, 144 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – 129494				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731804			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,45 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	17/03/07	09:05	40,7809	24/03/07	09:05	42,1747	1,3938
Hidrômetro classe B	17/03/07	09:05	100,6560	24/03/07	09:05	101,8080	1,1520
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,2418
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							20,99
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/03/07	09:05	42,1747	31/03/07	09:05	44,1624	1,9877
Hidrômetro classe B	24/03/07	09:05	101,8080	31/03/07	09:05	103,4710	1,6630
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3247
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							19,52
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	31/03/07	09:05	44,1624	07/04/07	09:05	47,4367	3,2743
Hidrômetro classe B	31/03/07	09:05	103,4710	07/04/07	09:05	106,2410	2,7700
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,5043
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							18,21
Média aritmética: 19,57%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 19,57% em volume							

Tabela 4.20 - Controle de leituras em períodos semanais – local 20: Rua João Balbino, 633 – bairro: Santa Mônica.

Código identificador do hidrômetro classe B – 886602				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731805			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,27 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	17/03/07	11:30	59,8361	24/03/07	11:30	67,6076	7,7715
Hidrômetro classe B	17/03/07	11:30	6995,4955	24/03/07	11:30	7002,3035	6,8080
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,9635
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							14,15
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/03/07	11:30	67,6076	31/03/07	11:30	77,1233	9,5157
Hidrômetro classe B	24/03/07	11:30	7002,3035	31/03/07	11:30	7010,9660	8,6625
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,8532
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							9,85
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	31/03/07	11:30	77,1233	07/04/07	11:30	85,4615	8,3382
Hidrômetro classe B	31/03/07	11:30	7010,9660	07/04/07	11:30	7018,4450	7,4790
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,8592
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							11,49
Média aritmética: 11,83%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 11,83% em volume							

Tabela 4.21 - Controle de leituras em períodos semanais – local 21: Av. Com. Alexandrino Garcia, 185 – bairro: Marta Helena.

Código identificador do hidrômetro classe B – A94N100711				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,17 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	17/03/07	12:20	139,1552	24/03/07	12:20	146,2810	7,1258
Hidrômetro classe B	17/03/07	12:20	4203,9783	24/03/07	12:20	4210,4333	6,4550
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6708
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							10,39
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	24/03/07	12:20	146,2810	31/03/07	12:20	152,9678	6,6868
Hidrômetro classe B	24/03/07	12:20	4210,4333	31/03/07	12:20	4216,3253	5,8920
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7948
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							13,49
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	31/03/07	12:20	152,9678	07/04/07	12:20	159,6206	6,6528
Hidrômetro classe B	31/03/07	12:20	4216,3253	07/04/07	12:20	4222,2273	5,9020
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,7508
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							12,72
Média aritmética: 12,20%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 12,20% em volume							

Tabela 4.22 - Controle de leituras em períodos semanais – local 22: Rua Geraldino Carneiro, 164 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – N1734219				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731804			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,44 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	07/04/07	10:20	47,4820	14/04/07	10:20	52,2225	4,7405
Hidrômetro classe B	07/04/07	10:20	4676,8620	14/04/07	10:20	4680,9700	4,1080
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,6325
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							15,40
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	14/04/07	10:20	52,2225	21/04/07	10:20	56,0895	3,8670
Hidrômetro classe B	14/04/07	10:20	4680,9700	21/04/07	10:20	4684,2850	3,3150
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,5520
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							16,65
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	21/04/07	10:20	56,0895	28/04/07	10:20	60,1013	4,0118
Hidrômetro classe B	21/04/07	10:20	4684,2850	28/04/07	10:20	4687,7500	3,4650
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,5468
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							15,78
Média aritmética: 15,94%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 15,94% em volume							

Tabela 4.23 - Controle de leituras em períodos semanais – local 23: Rua Rio Corumbá, 660 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – A06N503669				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731803			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,44 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	07/04/07	11:15	178,2592	14/04/07	11:15	181,4027	3,1435
Hidrômetro classe B	07/04/07	11:15	0,1294	14/04/07	11:15	3,1502	3,0208
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1227
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							4,06
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	14/04/07	11:15	181,4027	21/04/07	11:15	184,1963	2,7936
Hidrômetro classe B	14/04/07	11:15	3,1502	21/04/07	11:15	5,8450	2,6948
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,0988
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							3,67
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	21/04/07	11:15	184,1963	28/04/07	11:15	186,2775	2,0812
Hidrômetro classe B	21/04/07	11:15	5,8450	28/04/07	11:15	7,8021	1,9571
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1241
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							6,34
Média aritmética: 4,69%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 4,69% em volume							

Tabela 4.24 - Controle de leituras em períodos semanais – local 24: Rua João Cândido Pereira, 88 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – T171668				Código identificador do hidrômetro classe C – A05N731805			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,44 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	07/04/07	13:30	85,4645	14/04/07	13:30	87,8165	2,3520
Hidrômetro classe B	07/04/07	13:30	5260,9545	14/04/07	13:30	5262,9300	1,9755
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3765
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							19,06
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	14/04/07	13:30	87,8165	21/04/07	13:30	90,5362	2,7197
Hidrômetro classe B	14/04/07	13:30	5262,9300	21/04/07	13:30	5265,2925	2,3625
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3572
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							15,12
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	21/04/07	13:30	90,5362	28/04/07	13:30	93,4868	2,9506
Hidrômetro classe B	21/04/07	13:30	5265,2925	28/04/07	13:30	5267,9300	2,6375
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,3131
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							11,87
Média aritmética: 15,35%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 15,35% em volume							

Tabela 4.25 - Controle de leituras em períodos semanais – local 25: Rua João Cândido Pereira, 50 – bairro: Luizote de Freitas.

Código identificador do hidrômetro classe B – T171677				Código identificador do hidrômetro classe C – Inexistente			
Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado: 0,44 MPa (dado obtido junto ao DMAE, através dos PCQ's)							
Amostra 1							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	07/04/07	13:55	159,6254	14/04/07	13:55	163,5201	3,8947
Hidrômetro classe B	07/04/07	13:55	4749,4765	14/04/07	13:55	4753,2490	3,7725
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1222
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							3,24
Amostra 2							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	14/04/07	13:55	163,5201	21/04/07	13:55	167,0367	3,5166
Hidrômetro classe B	14/04/07	13:55	4753,2490	21/04/07	13:55	4756,6535	3,4045
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1121
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							3,29
Amostra 3							
Tipo do Hidrômetro	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Data da Leitura	Horário da Leitura	Leitura	Consumo do
	Inicial	Inicial	Inicial (m³)	Final	Final	Final (m³)	Período (m³)
Hidrômetro classe C	21/04/07	13:55	167,0367	28/04/07	13:55	170,4790	3,4423
Hidrômetro classe B	21/04/07	13:55	4756,6535	28/04/07	13:55	4759,9955	3,3420
Diferença de medição no período avaliado (m³):							0,1003
Porcentagem medida a mais pelo hidrômetro classe C (%):							3,00
Média aritmética: 3,18%							
Conclusão: o hidrômetro classe C mediu em média a mais que o hidrômetro classe B 3,18% em volume							

Analisando as Tabelas 4.1 a 4.25, é possível observar que o aparelho especial utilizado na pesquisa obteve, em todas as amostras, uma medição de volume superior a do hidrômetro comumente utilizado na cidade de Uberlândia-MG. As médias das diferenças de medição encontradas no trabalho de campo variaram de 3,18% a 24,87%.

A Tabela 4.26 discrimina a distribuição de frequências dos valores médios encontrados nas 25 amostras avaliadas.

Tabela 4.26 - Distribuição de frequências dos valores médios encontrados nas 25 amostras avaliadas.

Intervalo do valor médio da diferença de medição encontrada	Frequências	Porcentagem (%)
0 a +5%	3	12
+5% a +10%	6	24
+10 a +15%	5	20
+15 a +20%	6	24
+20 a +25%	5	20
Total	25	100

A partir desses valores foi feito um histograma de frequência, a fim de retratar com maior clareza a distribuição dos valores encontrados (ver Figura 4.1).

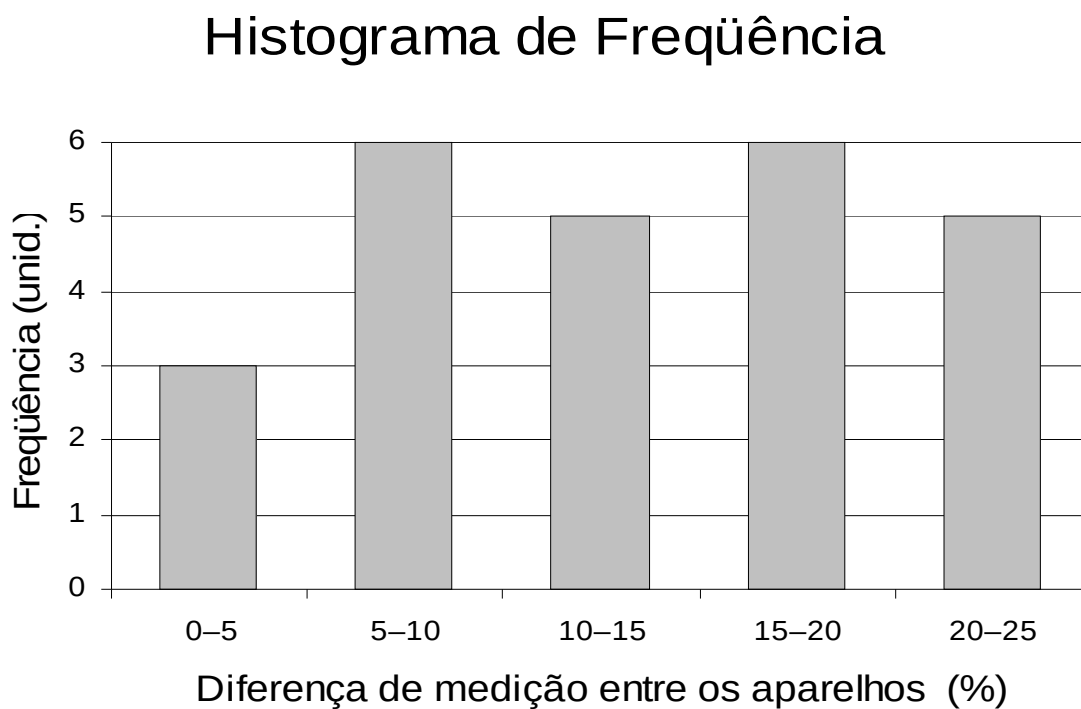


Figura 4.1 - Histograma de frequência.

Observando o histograma de frequência pode-se concluir que os resultados se apresentaram bem distribuídos ao longo das faixas consideradas.

A Tabela 4.27 mostra um resumo dos resultados obtidos, demonstrando também a média aritmética das amostras coletadas, os desvios em relação a essa média e os desvios quadráticos das amostras também em relação à média aritmética.

Tabela 4.27 - Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo, média aritmética de todas as amostras, desvios em relação à média aritmética e desvios quadráticos em relação à média aritmética.

Local	Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo (%) X	Média Aritmética (%) $\bar{X}$	Desvio em relação à média aritmética (%) $X - \bar{X}$	Desvios quadráticos em relação à média aritmética (% ²) $(X - \bar{X})^2$
01	5,13	13,56	-8,43	71,0649
02	7,38		-6,18	38,1924
03	23,27		+9,71	94,2841
04	20,75		+7,19	51,6961
05	8,44		-5,12	26,2144
06	24,41		+10,85	117,7225
07	6,62		-6,94	48,1636
08	3,57		-9,99	99,8001
09	17,23		+3,67	13,4689
10	24,87		+11,31	127,9161
11	11,28		-2,28	5,1984
12	7,84		-5,72	32,7184
13	12,95		-0,61	0,3721
14	24,81		+11,25	126,5625
15	7,75		-5,81	33,7561
16	19,88		+6,32	39,9424
17	10,31		-3,25	10,5625
18	19,75		+6,19	38,3161
19	19,57		-1,73	2,9929
20	11,83		-1,36	1,8496
21	12,20		+6,01	36,1201
22	15,94		+2,38	5,6644
23	4,69		-8,87	78,6769
24	15,35		+1,79	3,2041
25	3,18		-10,38	107,7444

Para um melhor entendimento dos dados anteriormente mostrados, foram calculados a variância e o desvio padrão das amostras analisadas.

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1} = \frac{1212,2040}{25 - 1}$$

$$S^2 = 50,5085\% \quad (\text{Variância})$$

$$S = 7,10693\% \quad (\text{Desvio Padrão})$$

Com base nestes resultados, pode-se avaliar que o desvio padrão encontrado é significativo, ou seja, os resultados apresentaram oscilações consideráveis de imóvel para imóvel. A seguir são discutidas algumas hipóteses, as quais podem estar relacionadas à ocorrência desse fato.

A Tabela 4.28 apresenta as diferenças de medições encontradas na pesquisa, relacionadas aos aparelhos especiais utilizados.

Tabela 4.28 - Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo relacionada ao hidrômetro classe C utilizado na coleta de dados.

Código identificador do hidrômetro classe C	Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo (%)	Variação
Inexistente	3,18	Min.: 3,18% Máx.: 20,75%
	5,13	
	6,62	
	7,75	
	8,44	
	10,31	
	12,20	
	17,23	
	20,75	
TOTAL:	09	
A05N731803	3,57	Min.: 3,57% Máx.: 24,41%
	4,69	
	7,38	
	7,84	
	19,75	
	23,37	
	24,41	
TOTAL:	07	
A05N731804	11,28	Min.: 11,28% Máx.: 19,57%
	12,95	
	15,94	
	19,57	
TOTAL:	04	
A05N731805	11,83	Min.: 11,83% Máx.: 24,87%
	15,35	
	19,88	
	24,81	
	24,87	
TOTAL:	05	

A análise dos dados apresentados mostra que os aparelhos especiais utilizados obtiveram resultados variados, de modo que não se apresentaram tendenciosos a uma única faixa de resultado.

Sabe-se que a pressão atuante na rede de distribuição de água influencia na totalização do volume micromedido pelo hidrômetro, visto que influencia as vazões que passam pelo aparelho. A Tabela 1D, no Anexo D, relaciona a média da pressão na rede de distribuição de água do setor de realização da coleta de dados com a média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo. Para uma melhor visualização dos resultados, é apresentado na Figura 4.2 o gráfico de dispersão com os dados.

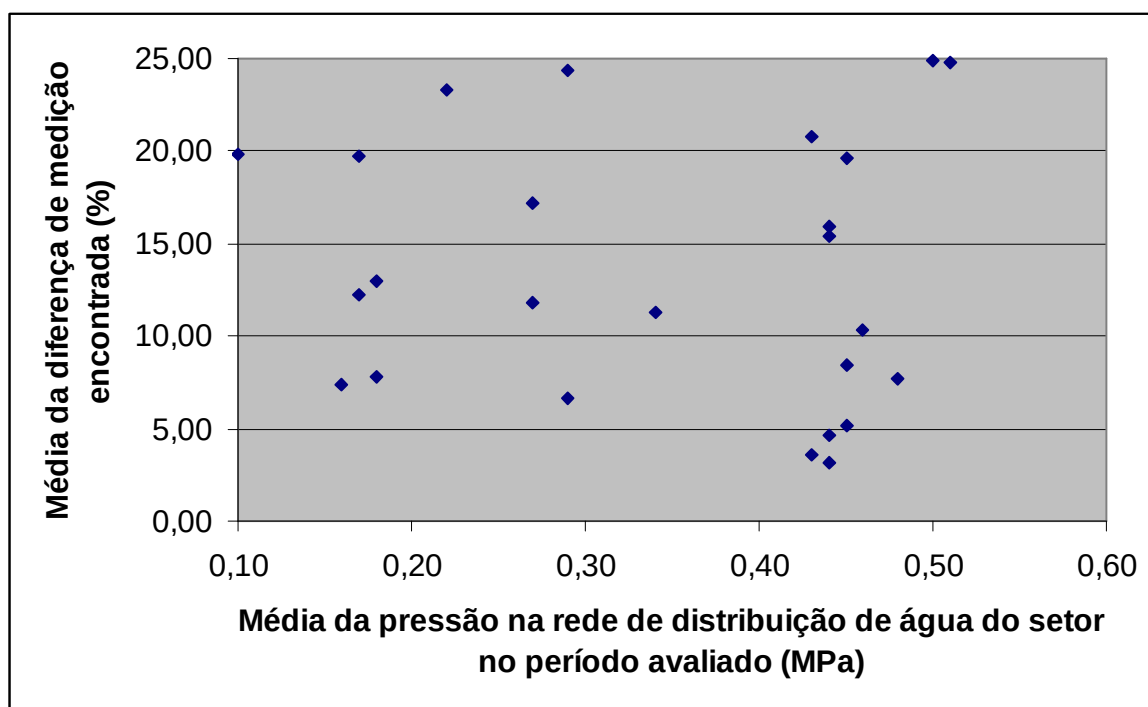


Figura 4.2 - Gráfico com dados da média da pressão na rede de distribuição de água do setor de realização da amostra e a média da diferença de medição encontrada.

Verifica-se que, sob mesmas pressões atuantes na rede, nem sempre as diferenças de medição se apresentaram semelhantes. Como exemplo para esta constatação, podem ser analisados os resultados de diferença de medição encontrados entre residências vizinhas, avaliadas no mesmo período de tempo, conforme Tabela 4.29.

Tabela 4.29 - Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo entre residências vizinhas, para um mesmo período de avaliação.

Endereço	Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo (%)	Período avaliado
Rua das Pombas, 266 Bairro Jardim da Palmeiras	6,62	13/11/2006 a 04/12/2006
Rua das Pombas, 408 Bairro Jardim das Palmeiras	24,41	13/11/2006 a 04/12/2006
Rua João Cândido Pereira, 50 Bairro Luizote de Freitas	3,18	07/04/2007 a 28/04/2007
Rua João Cândido Pereira, 88 Bairro Luizote de Freitas	15,35	07/04/2007 a 28/04/2007

Percebe-se que a diferença encontrada entre as residências vizinhas é bastante alta, 17,79% e 12,17%, mesmo sendo abastecidas pela mesma rede distribuição e para um mesmo período de avaliação. Os exemplos confirmam que a pressão não apresentou, para este trabalho, relação direta com a diferença de medição encontrada.

O consumo de água no período semanal de realização da pesquisa também foi avaliado, a fim de verificar se ele influenciou na diferença de medição encontrada entre os aparelhos. Na Tabela 2D, no Anexo D, é mostrado o consumo totalizado no período, pelo hidrômetro classe B e a diferença de medição entre os aparelhos. A Figura 4.3 ilustra estes resultados.

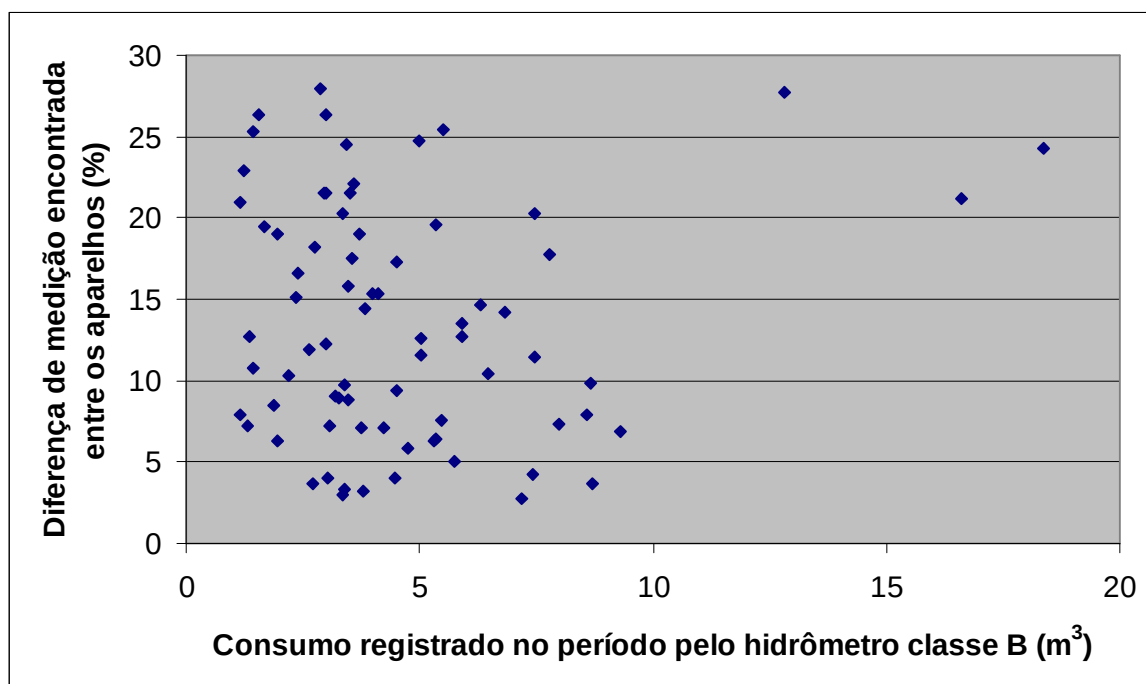


Figura 4.3 - Gráfico com dados dos consumos registrados pelos hidrômetros classe B e as diferenças de medições encontradas entre os aparelhos.

Analisando os dados apresentados percebe-se, em muitos casos, que para consumos semelhantes houve grande variação das diferenças de medição entre os aparelhos, a exemplo dos valores mostrados nas linhas 30 e 32 da Tabela 2D, que para consumos semanais da ordem de $3,4\text{m}^3$, foram registradas diferenças de medição não uniformes (3,29% e 24,53%). Portanto, não houve nesta pesquisa, relação direta entre os dados acima avaliados.

Com o objetivo de verificar se o alto valor do desvio padrão encontrado possui associação com a *performance* de medição dos hidrômetros classe B analisados na pesquisa de campo, foi verificada a aferição de alguns desses aparelhos, na banca de calibração do DMAE, de forma a avaliar como as indicações de erros variavam em relação às diferenças de medição encontradas no trabalho, conforme apresentado na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 - Resultado de aferição de hidrômetro relacionado à média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo.

Código identificador do hidrômetro	Média da diferença de medição encontrada no trabalho de campo (%)	Resultado da aferição para a Qmin (%)	Resultado da aferição para a Qt (%)	Resultado da aferição para a Qn (%)
A06N503669	4,69	+1,0	0	-0,3
A06N501478	5,13	-2,2	-1,8	-1,3
T171806	7,75	não funcionou	-1,8	+2,5
A88N115115	10,31	-3,0	-3,0	-1,3
A94N100711	12,20	não funcionou	+1,8	+2,4
A91L662198	17,23	não funcionou	não funcionou	-4,5
A00L006122	19,88	não funcionou	-2,6	-4,5
A01L415069	24,41	não funcionou	-2,5	-4,5

Os erros de medição dos hidrômetros variam de acordo com as vazões que passam pelos aparelhos. Os equipamentos instalados em campo estão sujeitos a grandes variações de vazão. Com isso, é possível que, para uma determinada vazão, um hidrômetro faça a medição de volume com um determinado erro e o segundo aparelho com outro. Caso o volume de água que passa pelos equipamentos durante essa faixa de trabalho seja representativa, os volumes medidos podem ser majorados ou minorados. Avaliando os dados anteriormente apresentados, percebe-se que nas menores diferenças de medição registradas no trabalho de campo, os aparelhos usualmente utilizados pelo DMAE apresentavam erros toleráveis ou majoritários para alguma faixa, enquanto que para as grandes diferenças de medição encontradas, os aparelhos avaliados apresentavam altos

erros negativos ou com engrenagem travada (sem medição de volume para aquela vazão). Daí, a *performance* dos aparelhos classe B utilizados na pesquisa, parece ser uma explicação para a grande variação entre os resultados obtidos em relação aos imóveis avaliados.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no trabalho de campo, apresentados no **Capítulo 4**, mostraram-se coerentes com o esperado, de maneira que o aparelho especial utilizado na pesquisa obteve, em todas as amostras, uma medição de volume superior à do hidrômetro comumente utilizado na cidade de Uberlândia-MG. No entanto, o desvio padrão encontrado foi significativo (7,10693%), ou seja, os resultados apresentaram oscilações consideráveis de imóvel para imóvel, apresentando médias de diferenças de medição variando de 3,18% a 24,87%. A *performance* dos aparelhos classe B utilizados na pesquisa, pareceu ser uma explicação para essa grande diferença entre os resultados obtidos em relação aos imóveis analisados. A média final da diferença de medição entre os equipamentos avaliados para as amostras realizadas foi de 13,56%, valor próximo ao obtido pela SEMASA e LAO, de 12%, conforme já citado anteriormente. Este parâmetro encontrado é muito importante para a obtenção de um índice de perdas mais confiável quando da comparação dos volumes macromedidos com os micromedidos.

A fim de avaliar a grandeza dessa diferença de medição, encontrada para o universo micromedido na cidade de Uberlândia, obteve-se o volume de água registrado pelos hidrômetros com vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ instalados em imóveis exclusivamente residenciais. A escolha dos parâmetros foi realizada com o objetivo de se obter uma aproximação, de acordo com os dados disponíveis, do que seria o volume consumido mensalmente nos imóveis focados pela presente pesquisa. Os dados são mostrados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Volumes micromedidos pelo DMAE.

Mês de Referência	Volume Total Micromedido (m³)	Volume Residencial Micromedido por hidômetros com vazão nominal de 1,5 m³/h (m³)	Porcentagem em relação ao Total (%)
Março / 2006	3.397.712	2.881.358	84,80
Abril / 2006	3.578.449	3.049.373	85,21
Maio / 2006	3.606.341	3.049.141	84,55
Junho / 2006	3.781.137	3.187.973	84,31
Julho / 2006	3.918.778	3.311.458	84,50
Agosto / 2006	4.110.171	3.487.789	84,86
Setembro / 2006	3.804.309	3.213.646	84,47
Outubro / 2006	3.590.642	3.024.892	84,24
Novembro / 2006	3.726.172	3.152.489	84,60
Dezembro / 2006	3.717.405	3.129.456	84,18
Janeiro / 2007	3.377.292	2.872.376	85,05
Fevereiro / 2007	3.492.849	2.965.405	84,90
Média	3.675.105	3.110.446	84,64

Fonte: DMAE, 2007.

A partir do valor médio do volume residencial micromedido por hidômetros com vazão nominal de 1,5 m³/s, foi possível avaliar a representatividade que a diferença de medição encontrada nesta pesquisa, significa para o DMAE. Com isso, multiplicando 13,56% por 3.110.446 m³, chega-se à conclusão de que, o valor médio aproximado do volume não medido mensalmente pelo DMAE, em comparação com o equipamento utilizado como balizador da pesquisa, seria de 421.776 m³, o que representa aproximadamente 11,48% do volume total médio mensal micromedido.

Este dado, além de ser uma importante informação para que o DMAE avalie o seu sistema de medição implantado, está relacionado com o cálculo do índice de perdas dos setores de abastecimento. Dessa maneira, ao utilizar os dados de micromedição coletados, o DMAE deverá considerar que, a parcela com características correspondentes às avaliadas no trabalho é inferior ao volume realmente consumido, em cerca de 13,56%, devido a erros de medição por imprecisão dos aparelhos medidores atualmente utilizados, devendo ser corrigido pelo coeficiente encontrado, com o objetivo de refinar o cálculo das perdas e considerar aquele volume como uma perda de água aparente do tipo não deliberada, causada por submedição dos hidômetros.

O valor desse coeficiente é dinâmico, haja vista as intensas ações realizadas pelo DMAE com o intuito de melhorar a micromedição realizada, possuindo, então, forte tendência de

redução. Algumas das ações de combate à submedição, realizada pelo DMAE, é a troca regular de hidrômetros e a aferição dos novos aparelhos em bancada apropriada.

O presente trabalho contribuiu, principalmente, de forma a quantificar a diferença de medição de volume ocorrida entre aparelhos medidores com sensibilidades distintas, avaliando a confiabilidade da micromedição realizada como fonte de dados para a obtenção dos índices de perdas. No entanto, existem inúmeras lacunas a serem preenchidas para o entendimento sobre a totalização dos erros de medição em função da vazão observada ao longo do tempo. Uma variável de grande importância para o entendimento desta questão, a qual, não foi determinada nesta pesquisa, é o levantamento dos histogramas de consumo das amostras por meio de registradores contínuos. A avaliação deve ser estendida também aos outros tipos de hidrômetros instalados na cidade, os quais não foram abrangidos por esta pesquisa, com o objetivo de se conhecer todo o universo de medição de volume de água efetuado pelo DMAE.

A eficiência da micromedição, além de estar relacionada com a determinação de um índice de perdas de água mais confiável, se encontra relacionada ao prejuízo financeiro das companhias de saneamento, sendo outro importante fator a ser avaliado em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.R.I. Flow Control Accessories. *Descrição Técnica do Produto UFR - Unmeasured Flow Reducer*. Israel, 2006. Catálogo comercial.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5626: Instalações Prediais de Água Fria*. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12218: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público*. Rio de Janeiro, 1994.

BARBETTA, P.A. *Estatística aplicada às Ciências Sociais*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. 340p.

BERRITTELLA, M. et al. *The economic impact of restricted water supply: A computable general equilibrium analysis*. Water Research. v. 41, n. 7, p. 1799, 2007.

BUSTAMANTE, F.D. El programa de reducción de pérdidas de empresas públicas de Medellín. In: Seminário Internacional sobre programas de redução e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água, 2002, Recife. *Artigos Técnicos*. Colômbia: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 2002. 22p.

CAMPA, J.J.A. *Control de las pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento*. Espanha: [ca.1990]. Disponível em: <<http://members.fortunecity.com/perdasdagua/links.html>>. Acesso em: 17 mar. 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. São Paulo: Programa de Uso Racional da Água, 1996. *Economia em casa*. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=&docid=DAE20C6250A162698325711B00508A40>. Acesso em: 20 mar. 2007.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (Uberlândia). *Código de Instalações Hidráulicas*. Uberlândia, 1982.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (Uberlândia). *Orientações gerais*. Uberlândia, 2005a. Relatório.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (Uberlândia). *Relatório Interno*. Uberlândia, 2005b. Relatório.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (Uberlândia). *Relatório Interno*. Uberlândia, 2006. Relatório.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (Uberlândia). *Relatório Interno*. Uberlândia, 2007. Relatório.

ELSTER. *Descrições Técnicas de Produtos*. Belo Horizonte, 2006. Catálogo comercial.

FERNANDES, A. Ampliar capacidade de reservatórios é meta do DMAE. *Correio de Uberlândia*, Uberlândia, 23 mar. 2006. Cidade, p.2.

GARCIA, M.A. Micromedição eficiente. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 33., 2003, Santo André. *Trabalhos Técnicos sobre Água*. Campinas: SANASA, 2003. 16p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo demográfico*. [S.l.], 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO. Portaria nº 246, de 17 de outubro de 2000. Aprova o regulamento técnico metrológico, estabelecendo as condições a que devem satisfazer os hidrômetros para água fria, de vazão nominal até quinze metros cúbicos por hora. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2005.

LIEMBERGER, R. Do you know how misleading the use of wrong performance indicators can be? In: Seminário Internacional sobre programas de redução e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água, 2002, Recife. *Artigos Técnicos*. Áustria: Bristol Water Services, [2002]. 17p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Aprova a norma de qualidade da água para consumo humano, estabelecendo os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2007.

PINHEIRO, L.J. Perdas comerciais - a fiscalização, os medidores e os clientes. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 33, 2003, Santo André. *Trabalhos Técnicos Institucional*. Santo André: SEMASA, 2003. 3p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. Brasil: Reportagens, 2004. *Empresas perdem 40% da água produzida*. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=112&lay=san>>. Acesso em: 18 mar. 2007.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Controle da pressão na rede*: Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999a. 43p. Documento Técnico de Apoio D1. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_D1.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial*: Secretaria de Política

Urbana. Brasília, [1997]. 50p. Documento Técnico de Apoio B1. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_B1.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água*: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004a. 80p. Documento Técnico de Apoio A2. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_A2.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Medidas de redução de perdas - elementos para planejamento*: Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999b. 31p. Documento Técnico de Apoio C3. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_C3.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Micromedição*: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004b. 171p. Documento Técnico de Apoio D3. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_D3.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Panorama dos sistemas públicos de abastecimento no país - casos selecionados de estratégias de combate ao desperdício de água*: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004c. 76p. Documento Técnico de Apoio C2. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_C2.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS. *Plano diretor de gestão estratégica*. Uberlândia, 2004. v.3. Arquivo do Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia.

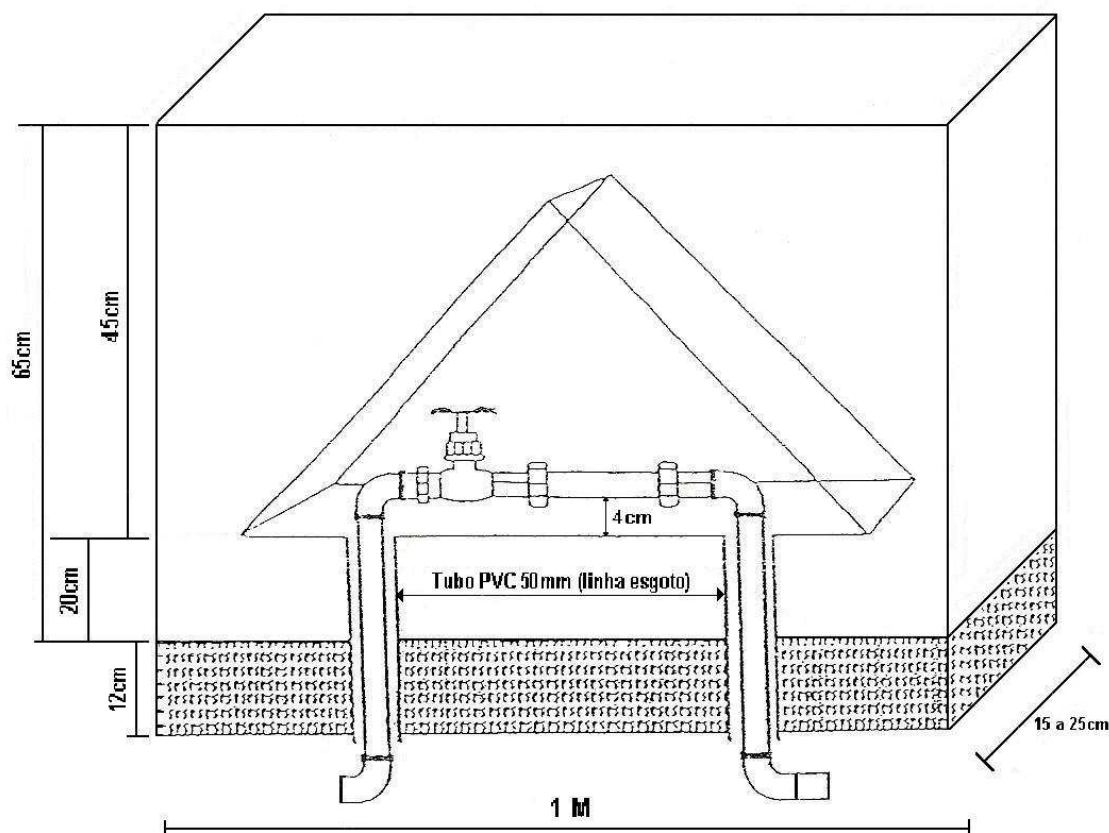
SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO - SEDUR (Uberlândia). *Banco de Dados Integrados*. Uberlândia, 2005. 3v.

ANEXO A

CROQUI DE INSTALAÇÃO DO ABRIGO PARA O MEDIDOR - DMAE UBERLÂNDIA-MG

Padrão de medição - Classes I, II, III

Instruções para instalação

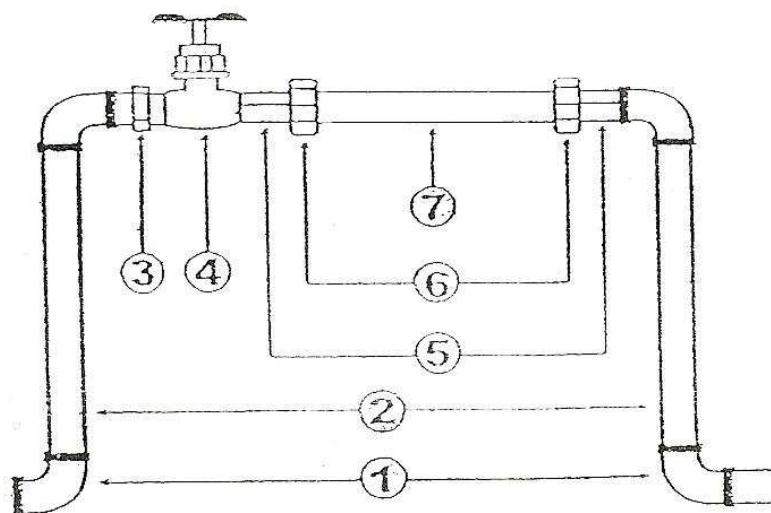


A INSTALAÇÃO DO PADRÃO DE MEDIÇÃO DEVERÁ SEGUIR AS SEGUINTE ESPECIFICAÇÕES:

1. Ser instalado na testada principal do imóvel (endereço do imóvel) em mureta, muro ou parede, na divisa do lote com o passeio, de modo que o leitorista e o encanador do DMAE tenham acesso direto ao hidrômetro. (Não podendo ser do lado de dentro do imóvel).
2. A instalação (conforme figura) deverá possuir base de concreto com altura de 12cm. O concreto fixará o tubo PVC 50mm na posição vertical, deixando livre os cotovelos de entrada e saída. A caixa deverá estar a 20cm do piso "acabado". O vão livre entre o fundo da caixa e o tubo gabarito deverá ser de 4cm. Obs.: não cortar o tijolo abaixo do gabarito para atingir os 4cm. O tubo gabarito terá o mesmo comprimento do hidrômetro e todas as conexões deverão ser galvanizadas.
3. Na transferência de hidrômetro é necessária a montagem de um novo padrão com um novo cavalete (aproveitar-se-á somente o hidrômetro com os tubetes e as porcas de virola).
4. Deixar o cotovelo de entrada livre (sem concreto e sem massa) para vistoria e execução do serviço, para que os funcionários do DMAE façam a ligação à rede sem danificar o "PADRÃO".
5. A tubulação de energia subterrânea (telefone, interfone ou energia) não pode cruzar com o ramal de água.
6. O tubo de PVC 50mm, não pode exceder dentro da caixa do triângulo.
7. Não há número de identificação no imóvel. O número deve ser de metal ou tinta não lavável (não pode ser escrito com giz, carvão, em papel ou pedaço de tijolo).
8. No pedido de ligação de mais de um hidrômetro, os hidrômetros terão que estar classificados. No caso de já haver um hidrômetro ligado e for feito um novo pedido de ligação dever-se-á classificar o hidrômetro antigo e o novo. Ex.: Casa1, casa2 / frente, fundo / comércio, apto.
9. Para que o padrão seja ligado à rede de distribuição, após a instalação, comunique-se com o DMAE (com a segunda via do requerente em mãos, ligue: 0800-940-7272).

Fonte: DMAE, 2006.

10. Nas ligações, transferências de padrão ou troca de ramal, a recomposição de paredes e passeios é única e exclusivamente de responsabilidade do usuário requerente.
11. A troca de ramal só será feita quando o padrão de água estiver montado na parte externa do imóvel, na divisa do lote com o passeio, instalado em muro ou mureta com tubos de PVC roscável e conexões galvanizadas.
12. Somente pessoas "DEVIDAMENTE HABILITADAS" pelo DMAE poderão instalar ou retirar o hidrômetro, bem como fazer a ligação do PADRÃO à rede de distribuição.
13. Peças utilizadas nas ligações de até 5m³: colar de tomada de 2 polegadas para ¾", adaptador com registro PEAD de 20mm (azul) / adaptador sem registro PEAD de 20mm (azul) e a mangueira de 20mm.
14. Nas ligações acima de 5m³, serão utilizados outros materiais (informar-se no setor de ligação do DMAE).



CAVALETE DMAE CLASSE "I, II, III"

CLASSE I – ATÉ 5M³CLASSE II – 10M³CLASSE III – 20M³**A – MATERIAIS**

DESCRIÇÃO	DIÂMETRO	DIÂMETRO	DIÂMETRO	QUANTIDADE
	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	
1. Cotovelo galvanizado	¾"	1"	1 ½"	4
2. Tubo PVC roscável L=50cm	¾"	1"	1 ½"	2
3. Niple galvanizado	¾"	1"	1 ½"	1
4. Registro gaveta	¾"	1"	1 ½"	1
5. Tubete da virola	¾"	1"	1 ½"	2
6. Porca da virola	1"	1 ¼"	2"	2
7. Tubo gabarito	1"	1 ¼"	2"	1

B – MONTAGEM

1. Rosquear os cotovelos (1) nas pernas (2)
2. Rosquear o niple (3) e o registro (4) na primeira perna
3. Colocar a porca (6) no tubete (5) e rosquear no registro (4)
4. Colocar a outra porca no outro tubete e rosquear no cotovelo (1)
5. Emendar as duas partes montadas com o tubo gabarito (7)

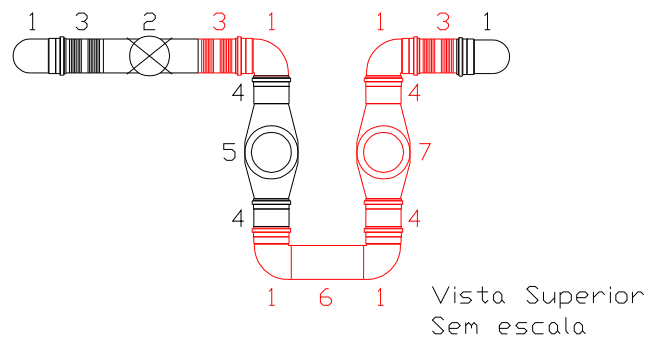
OBS: Usar fita de vedação em todas as rosca, exceto nas porcas (6) com tubo gabarito (7), pois nestas conexões são utilizados anéis de vedação (de borracha).

Fonte: DMAE, 2006.

ANEXO **B**

CROQUI DE MONTAGEM DO CAVALETE EXPERIMENTAL

Croqui de montagem do cavalete experimental padrão



Legenda:

- Material pertencente ao cavalete padrão DMAE
- Material utilizado na montagem do cavalete experimental padrão

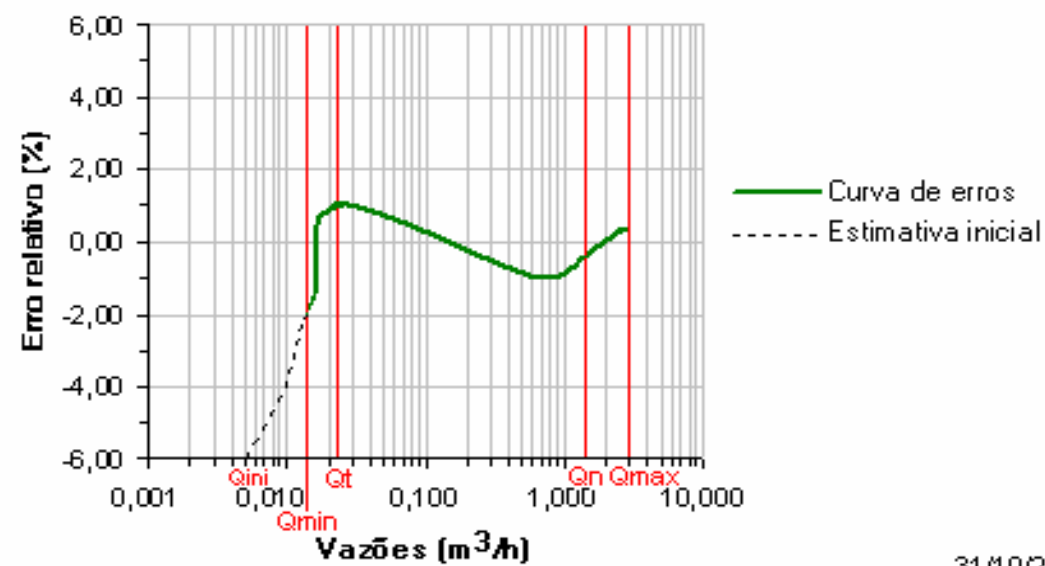
Lista de Materiais para instalação do cavalete experimental padrão

No	Material	Qtd.
1	Cotovelo 3/4"	04
2	Registro de gaveta 3/4"	00
3	Niple 3/4"	02
4	Tubete e porca de virola 3/4"	02
5	Hidrômetro classe B (DMAE) - 3/4"	00
6	Tubo gabarito roscável 3/4"	01
7	Hidrômetro classe C 3/4"	01

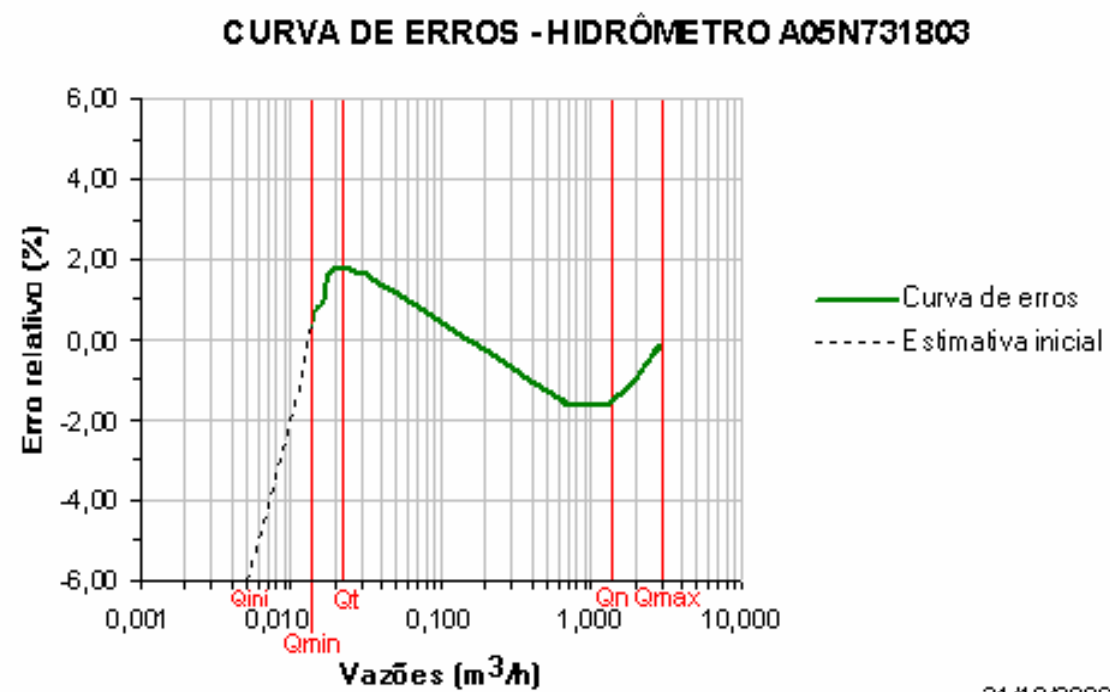
ANEXO C

CURVAS DE ERROS DOS HIDRÔMETROS

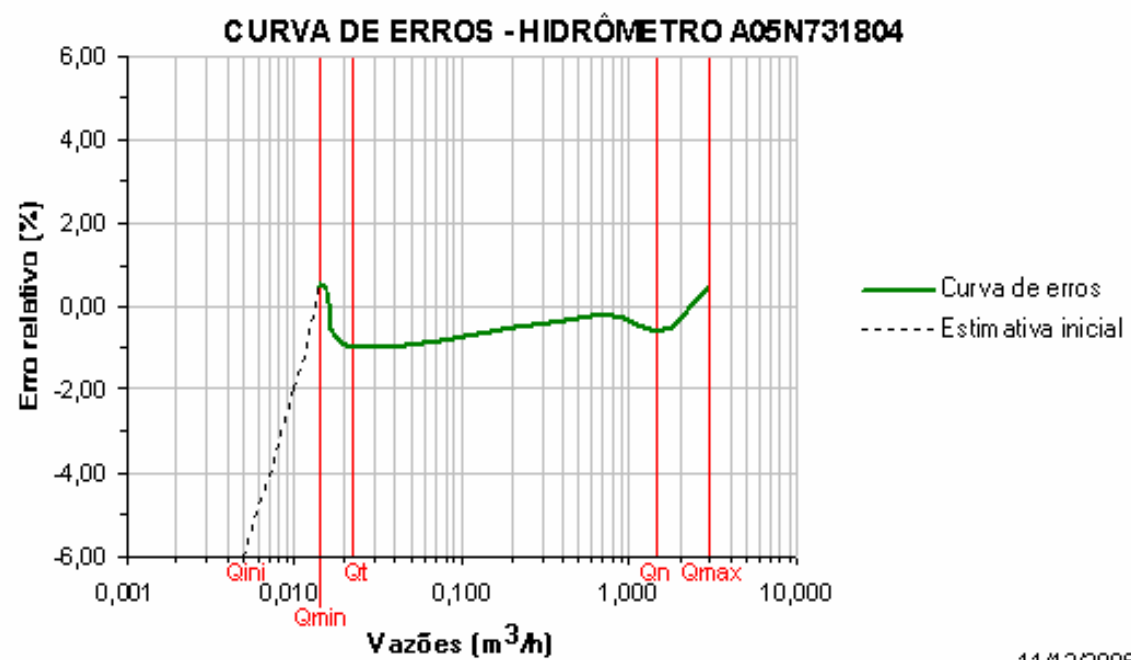
CURVA DE ERROS - HIDRÔMETRO SEMIDENTIFICADOR



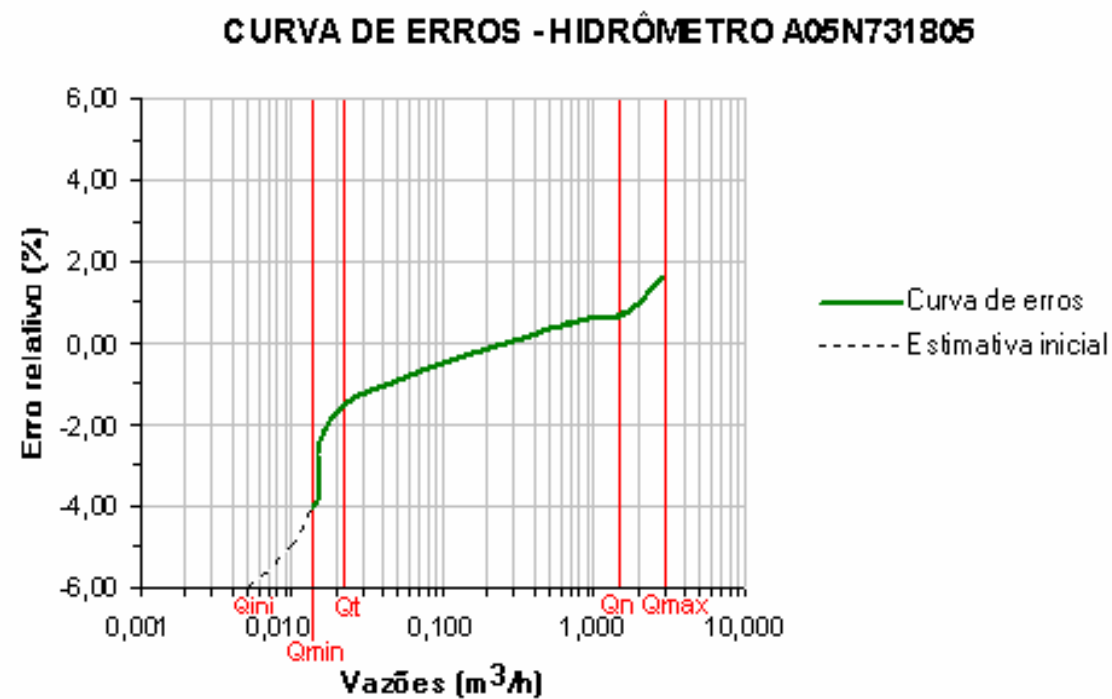
31/10/2006



31/10/2006



11/12/2006



11/12/2006

ANEXO **D**

TABELAS COM RESULTADOS OBTIDOS NO TRABALHO DE CAMPO

Tabela 1D - Média da pressão na rede de distribuição de água do setor de realização da coleta de dados e média da diferença de medição encontrada.

Média da pressão na rede de distribuição de água do setor no período avaliado (MPa)	Média da diferença de medição encontrada (%)
0,10	19,88
0,16	7,38
0,17	12,20
0,17	19,75
0,18	7,84
0,18	12,95
0,22	23,27
0,27	11,83
0,27	17,23
0,29	6,62
0,29	24,41
0,34	11,28
0,43	3,57
0,43	20,75
0,44	3,18
0,44	4,69
0,44	15,35
0,44	15,94
0,45	5,13
0,45	8,44
0,45	19,57
0,46	10,31
0,48	7,75
0,50	24,87
0,51	24,81

Tabela 2D - Consumo registrado no período avaliado pelo hidrômetro classe B e a diferença de medição encontrada entre os aparelhos.

Consumo registrado no período pelo hidrômetro classe B (m³)	Diferença de medição encontrada entre os aparelhos (%)
1,1520	20,99
1,1679	7,89
1,2510	22,86
1,3170	7,19
1,3622	12,75
1,4278	10,74
1,4538	25,28
1,5386	26,29
1,6630	19,52
1,8694	8,44
1,9571	6,34
1,9755	19,06
2,2114	10,34
2,3625	15,12
2,3948	16,65
2,6375	11,87
2,6948	3,67
2,7700	18,21
2,8865	27,95
2,9635	21,54
2,9808	12,28
3,0083	26,31
3,0133	21,48
3,0208	4,06
3,0937	7,18
3,2070	9,01
3,2791	8,91
3,3420	3,00
3,3634	20,21
3,4045	3,29
3,4130	9,75
3,4173	24,53
3,4650	15,78
3,4916	8,79
3,5101	21,58
3,5471	17,55
3,5759	22,12
3,7230	19,01
3,7390	7,11
3,7725	3,24
3,8340	14,39
4,0095	15,37
4,1080	15,40
4,2450	7,12
4,4821	3,98
4,5220	9,35
4,5303	17,31
4,7349	5,88
4,9808	24,77
5,0226	11,61
5,0375	12,62
5,2929	6,34
5,3408	19,61
5,34995	6,43
5,46175	7,55
5,5042	25,42
5,7439	5,08
5,8920	13,49
5,9020	12,72
6,3060	14,62
6,4550	10,39
6,8080	14,15
7,2033	2,80
7,4380	4,19
7,4531	20,32
7,4790	11,49
7,7701	17,75
7,9722	7,36
8,6016	7,88
8,6625	9,85
8,7030	3,72
9,3099	6,90
12,8343	27,66
16,62415	21,24
18,3609	24,32