HUMBERTO OYAMADA TAMAKI

**A MEDIÇÃO SETORIZADA COMO INSTRUMENTO DE
GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA EM SISTEMAS PREDIAIS –
ESTUDO DE CASO: PROGRAMA DE USO RACIONAL DA
ÁGUA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

São Paulo

2003

HUMBERTO OYAMADA TAMAKI

**A MEDIÇÃO SETORIZADA COMO INSTRUMENTO DE
GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA EM SISTEMAS PREDIAIS –
ESTUDO DE CASO: PROGRAMA DE USO RACIONAL DA
ÁGUA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil

Orientador:
Prof. Livre-Docente
Orestes Marraccini Gonçalves

São Paulo

2003

FICHA CATALOGRÁFICA

Tamaki, Humberto Oyamada

A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso : Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo / Humberto Oyamada Tamaki. -- São Paulo, 2003. 151 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Medição setorizada 2.Gestão da demanda de água 3.Água (Uso racional) 4.Sistemas prediais I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

“ O desenvolvimento mental é uma construção contínua,
comparável à de um grande edifício,
que se torna mais sólido a cada novo acréscimo.”

(Jean Piaget)

“A mais bela coragem é a confiança que devemos ter
na capacidade do nosso esforço.”

(Coelho Neto)

Aos meus pais,
Yaozo (*in memoriam*) e Satoko

Faço desta conquista o instrumento
de gratidão e reconhecimento por
tudo quanto recebi de vocês

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos, em seus mais amplos sentidos, a todas as pessoas que colaboraram para a realização deste trabalho e, em especial:

Ao Professor Orestes pela orientação no desenvolvimento desta pesquisa e pela iniciativa da criação do Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo, que possibilitou a realização de meus trabalhos acadêmicos e profissionais;

Ao Professor Massola pela confiança depositada em minha pessoa e pelo apoio às atividades de meu trabalho;

Aos Professores Racine e Marina pela leitura cuidadosa do trabalho e pelas críticas construtivas elaboradas;

À Universidade de São Paulo, sobretudo à Reitoria e ao Laboratório de Sistemas Prediais do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica, que possibilitaram a continuação de meu aperfeiçoamento pessoal e profissional;

Aos colegas de trabalho do PURA-USP;

À Gisele, co-responsável por esta realização, por toda sua permanente contribuição para a pesquisa e comprometimento com a proposta, com a qual desejo compartilhar esta conquista.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
3 SISTEMAS DE SUPRIMENTO DE ÁGUA FRIA E DE EQUIPAMENTO SANITÁRIO	6
3.1 Conceito de enfoque sistêmico e desempenho	6
3.1.1 Enfoque sistêmico	7
3.1.2 Desempenho	9
3.2 Sistema de suprimento de água fria	12
3.3 Sistema de equipamento sanitário	16
4 HIDRÔMETROS E TELEMEDICAÇÃO	21
4.1 Hidrômetros	21
4.1.1 Medidores de água e hidrômetros	21
4.1.2 Tipos de hidrômetros	24
4.1.3 Inserção dos hidrômetros no sistema de suprimento de água fria	32
4.1.3.1 Seleção dos hidrômetros	36
4.1.3.2 Manutenção e substituição dos hidrômetros	42
4.2 Sistemas de telemetria	42
4.2.1 Unidade de Medição e Leitura	48
4.2.2 Unidade de Interface de Medidores	49
4.2.3 Rede de Comunicação	51
4.2.4 Central de Gerenciamento	60
4.3 O emprego da telemetria de medidores de insumos prediais	60
5 MEDIÇÃO SETORIZADA E GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA	64
5.1 Medição setorizada	64
5.1.1 Nível de setorização	65

5.1.2 Planejamento e implantação da setorização	67
5.2 Gestão da demanda de água – Utilização dos dados de consumo.....	70
5.2.1 Instrumentos de gestão da demanda	71
5.2.2 Levantamento de dados	73
5.2.3 Parâmetros de controle.....	73
5.2.4 Procedimentos de intervenção	75
6 IMPLANTAÇÃO DA MEDIÇÃO SETORIZADA – ESTUDO DE	
CASO PURA-USP	77
6.1 Universidade de São Paulo	79
6.2 Programa de Uso Racional da Água da USP.....	81
6.3 Planejamento da medição setorizada	87
6.3.1 Nível de setorização – Determinação dos pontos de medição	90
6.4 Implantação da medição setorizada	91
6.4.1 Construção dos abrigos	92
6.4.2 Definição e instalação dos hidrômetros.....	93
6.4.3 Implantação do sistema de telemedição	94
6.4.3.1 Padrão <i>M-BUS</i>	99
6.4.3.2 Hidrômetros com relojoaria eletrônica.....	101
6.4.3.3 Rede de comunicação	102
6.4.3.3.1 Dutos e cabos	105
6.4.3.3.2 Interface de comunicação, amplificadores e regeneradores de sinal	106
6.4.3.3.3 Sistema de aterramento	109
6.4.3.4 Central de Gerenciamento da Telemedição.....	110
6.4.3.4.1 Programas de supervisão e gestão	112
7 GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO PURA-USP..	116
7.1 Gestão da demanda e seus instrumentos.....	116
7.2 Resultados obtidos.....	120
7.2.1 Exemplo A – EPUSP Engenharia Elétrica	120
7.2.2 Exemplo B – CCE	124
7.2.3 Exemplo C – FEA 2.....	126
7.3 Benefícios adicionais e perspectivas da medição setorizada	128

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
LISTA DE REFERÊNCIAS	133
ANEXO A – MEDIDORES DIFERENCIAIS E ESPECIAIS.....	140
ANEXO B – CLASSIFICAÇÃO METROLÓGICA DE HIDRÔMETROS.	144
ANEXO C – ABRIGOS PARA INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETROS:	
ESQUEMAS E MATERIAIS	145
ANEXO D – PESOS RELATIVOS NOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO	149
ANEXO E – PLANTA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA ARMANDO DE	
SALLES OLIVEIRA – CUASO	150
ANEXO F – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA CUASO.....	151
GLOSSÁRIO	

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.1.1 – Possibilidade de classificação de subsistemas do edifício.....	9
Figura 3.2.1 – Exemplo de esquema de sistema de suprimento de água fria	16
Figura 3.3.1 – Equipamentos sanitários economizadores	18
Figura 4.1.1.1 – Classificação de medidores de água para condutos forçados ...	22
Figura 4.1.2.1 – Hidrômetro volumétrico de pistão rotativo: princípio de funcionamento	24
Figura 4.1.2.2 – Hidrômetro velocimétrico monojato: princípio de funcionamento	26
Figura 4.1.2.3 – Hidrômetro velocimétrico multijato	28
Figura 4.1.2.4 – Hidrômetro velocimétrico <i>Woltmann</i>	28
Figura 4.1.2.5 – Hidrômetro velocimétrico (<i>Scampy</i>): Curvas de perda de carga e de erros.....	31
Figura 4.1.3.1 – Esquema de instalação de um sistema de medição.....	33
Figura 4.2.1 – Distribuição dos medidores com leitura remota por continente .	44
Figura 4.2.2 – Distribuição dos medidores com leitura remota implantados no mundo entre os principais tipos de insumos prediais.....	45
Figura 4.2.3 – Distribuição dos medidores com leitura remota implantados no mundo em 2001 por tipo de insumo predial	45
Figura 4.2.1.1 – Hidrômetro convencional com saída pulsada de sinal: (a) sensores ópticos e magnéticos, (b) detalhe da relojoaria, (c) hidrômetro.....	49
Figura 4.2.3.1 – Distribuição dos medidores com leitura remota implantados no mundo por tecnologia de comunicação	51
Figura 5.2.1.1 – Esquema de medição setorizada associada à telemedição	73
Figura 6.1 – Esquema da medição setorizada do Conjunto das Químicas.....	78
Figura 6.2.1 – Organograma do PURA-USP.....	83
Figura 6.4.1.1 – Abrigo de setorização	93
Figura 6.4.3.1 – Esquema da telemedição	99
Figura 6.4.3.2.1 – Modelos de hidrômetros eletrônicos empregados: <i>Scampy</i> (DN 20) e <i>Flypper</i> (DN 32)	102

Figura 6.4.3.3.2.1 – Interface/regenerador de sinal, interface de comunicação e amplificador de sinal (da esquerda para a direita)	108
Figura 6.4.3.3.3.1 – Haste, fio terra, cordoalha e fio do terrômetro utilizados na execução do sistema de aterramento	110
Figura 6.4.3.4.1 – Central de Gerenciamento da Telemedição	111
Figura 6.4.3.4.1.1 – Levantamento do perfil de consumo de um edifício	113
Figura 6.4.3.4.1.2 – Listagem dos dados de totalização do consumo e vazão instantânea	114
Figura 7.1.1 – Consumos mensais das Unidades das Fases 1 e 2	119
Figura 7.2.1.1 – Planta da Engenharia Elétrica	121
Figura 7.2.1.2 – Localização e detalhe do vazamento	122
Figura 7.2.1.3 – Gráfico da curva de vazões do hidrômetro da Engenharia Elétrica	123
Figura 7.2.2.1 – Planta do CCE	124
Figura 7.2.2.2 – Gráfico da curva de vazões do hidrômetro do CCE	125
Figura 7.2.3.1 – Planta e esquema da medição setorizada da FEA	126
Figura 7.2.3.2 – Gráfico da curva de vazões do hidrômetro do bloco FEA2....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2.1 – Vantagens e desvantagens de alguns sistemas de abastecimento	14
Tabela 3.3.1 – Exemplos de equipamentos economizadores	17
Tabela 4.2.3.1 – Características principais das tecnologias de comunicação	57
Tabela 4.3.1 – Aplicações da telemedição de hidrômetros	61
Tabela 6.4.3.1 – Rede de telemedição da USP	98
Tabela 6.4.3.2 – Elementos do sistema de telemedição	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>ABB</i>	-	<i>Asea Brown Boveri</i>
ABES	-	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>ADSL</i>	-	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
<i>AGBAR</i>	-	<i>Grupo Aguas de Barcelona</i>
<i>AMPS</i>	-	<i>Advanced Mobile Phone System</i>
<i>AMR</i>	-	<i>Automatic Meter Reading</i>
<i>AMRA</i>	-	<i>Automatic Meter Reading Association</i>
<i>AWWA</i>	-	<i>American Water Works Association</i>
BC	-	Barramento de Campo
CCE	-	Centro de Computação Eletrônica
<i>CDPD</i>	-	<i>Cellular Digital Packet Data</i>
CEAGESP	-	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
<i>CEN</i>	-	<i>Comité Européen de Normalisation</i>
<i>CIB</i>	-	<i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
<i>CIS</i>	-	<i>Customer Information System</i>
CODAGE	-	Coordenadoria de Administração Geral da USP
COESF	-	Coordenadoria do Espaço Físico
<i>CRM</i>	-	<i>Customer Relationship Management</i>
CUASO	-	Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira
DG	-	Distribuidor Geral
<i>DIN</i>	-	<i>Deutsches Institut für Normung e.V.</i>
DN	-	Diâmetro Nominal
DTA	-	Documento Técnico de Apoio
DTe	-	Divisão de Telecomunicações
<i>EIA</i>	-	<i>Electronic Industries Alliance</i>
EP	-	Escola Politécnica
FCF	-	Faculdade de Ciências Farmacêuticas
FEA	-	Faculdade de Economia Administração e Contabilidade

FFLCH	-	Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
FUNDUSP	-	Fundo de Construção da USP
GLP	-	Gás Liquefeito de Petróleo
HP	-	Hidropneumático
HU	-	Hospital Universitário
<i>IBM-PC</i>	-	<i>International Business Machines – Personal Computer</i>
ICB	-	Instituto de Ciências Biomédicas
<i>IEC</i>	-	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IPEN	-	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPT	-	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IQ	-	Instituto de Química
<i>ISDN</i>	-	<i>Integrated System Digital Network</i>
<i>ISO</i>	-	<i>International Organization for Standardization</i>
<i>LAN</i>	-	<i>Local Area Network</i>
LIPURA	-	Laboratório Institucional do Programa de Uso Racional da Água
LSP	-	Laboratório de Sistemas Prediais
<i>M-BUS</i>	-	<i>Meter-Bus</i>
<i>MIU</i>	-	<i>Meter Interface Unit</i>
MS	-	Ministério da Saúde
NBR	-	Norma Brasileira
NM	-	Norma Mercosul
<i>OSI</i>	-	<i>Open Systems Interconnections</i>
PAAT	-	Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias
PCC	-	Departamento de Engenharia de Construção Civil
PCO	-	Prefeitura do Campus da Capital
PEX	-	Polietileno Reticulado de Alta Densidade
<i>PLC</i>	-	<i>Power Line Carrier</i>
PURA	-	Programa de Uso Racional da Água
PURA-USP	-	Programa de Uso Racional da Água da USP
PVC	-	Cloreto de Polivinila
<i>RAM</i>	-	<i>Random Access Memory</i>
RF	-	Radiofrequência

RI	-	Reservatório Inferior
RS	-	Reservatório Superior
SABESP	-	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	-	Companhia de Saneamento do Paraná
SD	-	Sistema Direto
SI	-	Sistema Indireto
SMC	-	Sistema Móvel Celular
<i>SQL</i>	-	<i>Structured Query Language</i>
<i>TCP/IP</i>	-	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
<i>UNESCO</i>	-	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNICAMP	-	Universidade de Campinas
<i>USEPA</i>	-	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
USP	-	Universidade de São Paulo
VDR	-	Volume de Descarga Reduzido
<i>WEM</i>	-	<i>Water Engineering & Management</i>

RESUMO

No presente trabalho é estudada a utilização da medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais. Para tanto, a caracterização dos medidores e a análise das interações dos elementos de medição com o sistema de suprimento de água fria e de equipamento sanitário são realizados a partir de um enfoque sistêmico e de desempenho. Considerando a coleta de melhores informações, qualitativamente e quantitativamente acerca do consumo, essencial para a gestão da demanda de água, e especialmente em um contexto de ações de conservação, neste trabalho levantou-se os sistemas de telemedição em suas diversas aplicações. Apresentou-se uma proposta de planejamento de implantação da medição setorizada e quais elementos que devem ser observados para a gestão da demanda. Para subsidiar as avaliações, realizou-se o estudo de caso da medição setorizada na Universidade de São Paulo, no qual foi possível verificar a importância da sua aplicação e os resultados extremamente positivos que justificaram sua implantação.

ABSTRACT

In this work it is studied the use of submetering as an instrument of water demand management in building systems. In such way, the characterization of the meters and the analysis of the interactions of its elements with the building hydraulical system are carried on a systemic approach and performance analysis of the proposal. Considering the collection of better information of water consumption essential for the water demand management, especially in a conservation context, it was searched out the systems and the technologies of remote metering that are deployed in many cases. A proposal for the planning of the submetering implantation was showed, as well as the elements that should be considered for the demand management. To make the evaluations, the case study of the submetering program in the University of São Paulo was accomplished, in which it was possible to verify the importance of its application and the extremely positive results that had justified its implantation.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o uso e a disponibilidade de água adequada às necessidades humanas tem levado ao desenvolvimento de trabalhos em diversos países, inclusive no Brasil. Os trabalhos realizados têm envolvido diferentes esferas da sociedade: entidades governamentais, universidades, instituições de pesquisa, prestadores de serviços públicos de abastecimento de água e de saneamento, fabricantes de materiais e equipamentos hidráulico-sanitários, organizações não governamentais da sociedade civil, entre outros. Apesar das várias publicações neste campo de pesquisas a partir dos anos 80, seu desenvolvimento está numa fase incipiente, considerando-se o potencial de pesquisa e as necessidades crescentes de respostas aos problemas relativos ao suprimento de água.

A água constitui um elemento essencial à vida, devendo chegar com qualidade e quantidade adequadas para atender às suas necessidades. O homem, além de utilizar a água para o desempenho de suas atividades enquanto ser vivo – higiene pessoal e ambiental, lavagem de utensílios, cocção, entre outros – faz uso da água como elemento de desenvolvimento econômico em, por exemplo, processos industriais de transformação e fabricação, como solvente, refrigerante e insumo incorporado.

De acordo com dados do *International Hydrological Programme* (UNESCO, 1999) sobre recursos hídricos, o volume total de água no planeta é calculado em torno de 1 bilhão e 400 milhões de quilômetros cúbicos. Porém, 97,5% dessa água é salgada e está basicamente nos mares e oceanos. A água doce, que só representa 2,5% do total, está em sua maior parte nas calotas polares. A água doce, disponível em lagos, rios e lençóis subterrâneos pouco profundos, de fácil acesso e renovável, representa apenas 0,3% da água doce disponível.

O crescimento populacional constante, o desenvolvimento das atividades humanas (com distribuições quase sempre não homogêneas espacialmente) e a disposição de água irregular contribuem para o aumento de pressão sobre os mananciais existentes.

A escassez de água no planeta, portanto, torna-se uma evidente preocupação mundial. Hoje, está ficando cada vez mais difícil encontrar água de qualidade devido à poluição de rios, represas e do solo, decorrente da própria ocupação e atividade humana, como o caso de lançamento de esgoto.

Este panorama tem levado a uma gradual mudança de paradigma: o modelo baseado na gestão da oferta da água tem sido substituído pelo modelo da gestão da demanda, mais coerente com as idéias de desenvolvimento sustentável conforme indica a Agenda 21 (CIB, 2000).

Neste cenário desenvolve-se o uso racional da água, com toda uma cultura multidisciplinar acerca da questão água e diversos envolvidos – a sociedade, as entidades do meio técnico, profissionais, etc. – visando à redução da demanda de água através de seu uso eficiente. Para tanto, o uso racional da água prevê ações estruturadas de natureza técnica, administrativa, econômica e social/educacional (SILVA; CONEJO; GONÇALVES, 1998), preocupando-se com a utilização da água desde o nível macro (gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas) até o nível micro (sistemas prediais).

Dentre os benefícios do uso eficiente da água, estão:

- Disponibilização de água para um maior número de usuários, utilizando-se a mesma estrutura de produção e distribuição já existentes;
- Redução dos custos associados ao abastecimento de água para os usuários;
- Redução dos custos associados ao fornecimento de água por parte das concessionárias – menor utilização de insumos, menor necessidade de ampliação dos sistemas existentes;
- Redução do impacto das estiagens sobre o abastecimento público;
- Redução da quantidade de esgoto gerado.

Um exemplo de programa estruturado de conservação da água é o Programa de Uso Racional da Água (PURA), criado através de um Convênio entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), adotado por esta última (YOSHIMOTO, 1997). O PURA é constituído de seis macroprogramas, conforme apresentado:

- Banco de dados de tecnologias, documentação técnica e estudos de casos;
- Laboratório Institucional do Programa de Uso Racional da Água – LIPURA;
- Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias – PAAT;
- Caracterização da demanda e impacto das ações de economia no setor habitacional;
- Documentação relacionada às leis, regulamentos e programas setoriais da qualidade;
- Programas específicos de economia de água em diferentes tipos de edifícios (não habitacionais).

Dentre os níveis de atuação do uso racional da água percebe-se a importância da abordagem no nível mais próximo aos usuários finais, aos sistemas prediais, uma vez que neste nível são grandes as possibilidades de intervenção e o potencial de resultados. Os programas de uso racional da água, ou mesmo ações isoladas, considerados sob o enfoque dos sistemas prediais, têm sido intensamente aplicados nos últimos anos.

As ações de uso racional em edifícios, segundo OLIVEIRA (1999), devem constituir-se das seguintes fases:

- Auditoria do consumo de água;
- Diagnóstico do consumo de água;
- Plano de intervenção;
- Avaliação do impacto da redução do consumo de água.

O domínio dos dados de consumo nesta conjuntura adquire importância fundamental pois através de sua análise são verificadas a situação do consumo de água, num primeiro instante, e a eficiência do programa de uso racional da água, nas etapas subsequentes. A importância dos dados de consumo como elementos que permitem a avaliação de um programa reside no fato de que a cada intervenção realizada é

possível verificar os resultados alcançados em termos absolutos (volume) e relativos (porcentagem), e criar indicadores de consumo apropriados como, por exemplo, consumo por área construída e consumo *per capita*. Com estes dados pode-se inferir o sucesso das ações adotadas.

Mesmo após as ações de intervenção realizadas, faz-se necessário o acompanhamento permanente do consumo de água, consistindo o domínio deste dado em um instrumento para a gestão da demanda de água.

Os aspectos físicos, como o leiaute das edificações, os sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário, devem ser levantados criteriosamente para que os indicadores de consumo sejam confiáveis. Conjuntos de edifícios de um mesmo proprietário possuem poucas ligações da concessionária pública fornecedora de água e, muitas vezes, apenas uma. Isto dificulta a caracterização do consumo de água individual de cada edifício, tanto em situação de consumo típico, como no caso de ocorrência de intervenções ou anomalias.

Por estas razões percebe-se a necessidade de uma abordagem sistêmica para a questão, indicando as condições ideais para que se estabeleça esta correspondência (entre o consumo e o sistema consumidor) e seja possível a utilização dos dados de consumo como instrumento de gestão.

Surge, então, a proposta de implantação de uma medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais.

2 OBJETIVOS

No presente trabalho tem-se por objetivo o estudo da implantação e dos resultados da medição setorizada do consumo de água em conjuntos com mais de um edifício, sendo esta setorização realizada de forma a permitir a gestão eficiente da demanda de água em sistemas prediais.

Propõe-se, também, que o trabalho constitua uma base de informações e sirva de subsídio para decisões em casos semelhantes de implantação da medição setorizada, maximizando seus benefícios.

Os aspectos dos sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário e suas relações com a proposta de medição setorizada foram considerados sob uma abordagem sistêmica, tendo os medidores de água importância fundamental por suas características de funcionamento e possibilidades de telemedição.

Introduzida neste contexto, a implantação da medição setorizada na Universidade de São Paulo – USP é apresentada como estudo de caso, verificando-se suas diversas implicações.

3 SISTEMAS DE SUPRIMENTO DE ÁGUA FRIA E DE EQUIPAMENTO SANITÁRIO

3.1 Conceito de enfoque sistêmico e desempenho

Para se aplicar a medição setorizada em um conjunto de edifícios como instrumento de gestão da demanda de água, é imprescindível entender diversos aspectos das edificações – como físicos, funcionais e temporais – e suas relações com os sistemas prediais.

Deve-se, a princípio, compreender o conceito de medição setorizada (ou simplesmente setorização), definida por *Water Conservation Plan Guidelines* (U.S. Environmental Protection Agency, 1998) como a instalação de medidores em unidades que compõem um conjunto maior dotado de um medidor principal, para que se possa medir o consumo individualmente e não apenas do conjunto.

Desta forma, o medidor será mais uma parte de todo o sistema usualmente composto por redes, reservatórios, pontos de consumo, válvulas e bombas. Este novo conjunto tem como finalidades específicas proporcionar a utilização de água nas condições desejadas pelos usuários e fornecer a informação necessária para se realizar a gestão da demanda de água. Portanto, para se implantar uma medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água deve-se atentar para o cumprimento de duas condições:

- Os sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário devem funcionar adequadamente, atendendo às necessidades dos usuários;
- Os medidores instalados devem fornecer a maior variedade e quantidade de informações possíveis, permitindo uma melhor gestão da demanda de água.

O fato de a setorização interferir no funcionamento dos sistemas de suprimento de água fria e equipamento sanitário existentes e, reciprocamente, ser interferida por

eles, deve ser considerado para que estas condições sejam respeitadas. Esta afirmação pode ser verificada com simplicidade.

O elemento no qual se processa a interação entre as diversas partes do conjunto é a água. A água em seu trajeto pelos diversos pontos, desde o alimentador predial até um ponto de consumo, assume condições de energia diferentes variando sua carga – cinética, potencial gravitacional e de pressão. Dada uma condição de energia, o sistema regula-se automaticamente com parâmetros como velocidade e vazão definidos em decorrência das perdas de energia ocorridas em todas as partes do conjunto. Desta forma, uma parte influi no estado de equilíbrio de todo conjunto e este estado de equilíbrio atua diretamente sobre cada uma das partes, podendo afetar seu desempenho.

3.1.1 Enfoque sistêmico

As interações entre as diversas partes do edifício vão ao encontro do conceito de sistema. Segundo KAUFFMAN (1980), sistema é “um conjunto de partes que se interagem entre si para funcionarem como um todo”. Partindo desta premissa, pode-se afirmar que somente entendendo que os medidores e os sistemas existentes são parte de um sistema maior e conhecendo as interações existentes entre os diversos elementos é que os objetivos serão alcançados em um grau satisfatório.

Conforme GRAÇA; GONÇALVES (1997) afirmaram, no campo da Construção Civil, intensificou-se nos últimos vinte anos o tratamento das edificações como sistemas. A partir de um enfoque sistêmico e com a aplicação do conceito de desempenho, fez-se possível a apresentação de diretrizes para o adequado equacionamento das questões relativas à crescente complexidade dos sistemas prediais.

ACKOFF apud GRAÇA; GONÇALVES (1997) apresentou o conceito para a definição de sistema: “um sistema é um conjunto de dois ou mais elementos inter-

relacionados de algum modo sendo que os elementos de um conjunto e o conjunto de elementos que formam um sistema devem ter as três propriedades seguintes:

- As propriedades ou comportamentos de cada elemento do conjunto têm efeito sobre as propriedades do conjunto entendido como um todo;
- As propriedades e comportamento de cada elemento, e a maneira pela qual afetam o todo, dependem das propriedades e comportamento de pelo menos um outro elemento do conjunto;
- Cada possível subgrupo de elementos do conjunto tem as duas primeiras propriedades: cada subgrupo tem um efeito não independente sobre o todo.”

Nenhuma parte, portanto, tem efeito independente sobre o todo e cada parte é afetada por pelo menos uma outra parte, bem como o todo não pode ser decomposto em subconjuntos independentes pois um sistema é mais que a soma de suas partes.

O desenvolvimento destes conceitos causou uma mudança na forma de abordagem e solução dos problemas: passou-se de um enfoque reducionista (analítico), no qual se procurava subdividir o todo em partes indivisíveis e estudar à exaustão cada parte como forma de entender o funcionamento do todo, para o enfoque expansionista (sintético), no qual se aborda os diferentes subsistemas sem eliminar o vínculo funcional entre eles e o sistema em questão.

Esta conceituação deve ser estendida aos edifícios e seus subsistemas. A Figura 3.1.1.1 apresenta uma possível classificação dos subsistemas de um edifício, segundo a qual pode-se observar a inclusão dos sistemas de suprimento de água fria e equipamento sanitário como subsistemas do sistema de suprimento e disposição de água e este, por conseguinte, como subsistema do sistema de serviços de um edifício.

Fonte: Elaborado a partir de PCC-2465 SISTEMAS PREDIAIS I (2002)

* Incluindo possíveis subsistemas de aproveitamento das águas coletadas, o que contribui com as ações de uso racional da água.

Figura 3.1.1.1 – Possibilidade de classificação de subsistemas do edifício

É importante observar que se trata de uma possibilidade de classificação. Um mesmo subsistema pode ser classificado em categorias distintas, conforme o aspecto funcional considerado. Pode-se, por exemplo, classificar sistemas de suprimento de gás combustível como um subsistema do sistema de suprimento de insumos energéticos ou do sistema hidráulico predial, incluindo este último os subsistemas de água fria, água quente, água gelada, esgoto sanitário, águas pluviais, drenagem do subsolo, entre outros.

3.1.2 Desempenho

Segundo WYLY e GALOWIN apud GRAÇA; GONÇALVES (1997), “o conceito de desempenho centraliza-se na idéia que produtos, dispositivos, sistemas ou serviços podem ser descritos e seus desempenhos podem ser medidos em termos das exigências dos usuários...”. Ao analisar as necessidades dos usuários e conseqüentemente as funções para as quais o sistema é concebido, está sendo

adotada uma abordagem sistêmica. O conceito de desempenho de sistemas liga-se diretamente à compatibilização dos mesmos às exigências dos usuários.

Para abordar os sistemas segundo o conceito de desempenho é necessário:

- Caracterizar os usuários do sistema;
- Definir suas necessidades e exigências;
- Identificar as condições de exposição a que está submetido o sistema;
- Definir os requisitos de desempenho dos sistemas;
- Definir os critérios de desempenho do sistema;
- Estabelecer os métodos para a avaliação do desempenho do sistema.

Para o estudo da medição setorizada serão considerados os sistemas de suprimento de água fria (incluindo os subsistemas de abastecimento; medição e reservação; distribuição) e de equipamento sanitário. A seguir, aplica-se o conceito de desempenho a estes sistemas.

Devem ser considerados usuários dos sistemas:

- Os ocupantes do edifício (pessoal fixo, visitantes, pessoal de limpeza e manutenção);
- Os não ocupantes do edifício (administradores e concessionárias de serviço público);
- Os usuários não humanos (animais, plantas e equipamentos).

As necessidades e exigências dos usuários dependem essencialmente da natureza do edifício (função e atividade fim) e das características do usuário. Com relação ao uso da água em uma edificação tem-se atividades relacionadas a:

- Alimentação;
- Higiene e saúde pessoal;
- Higiene ambiental e de objetos;
- Lazer;
- Demais atividades (por exemplo: laboratorial, de processos).

A forma como a água é utilizada depende, basicamente das:

- Atividades dos usuários (função do edifício e função das características do usuário);
- Características do edifício (físicas e de ocupação);
- Características dos equipamentos utilizados.

As condições de exposição dos sistemas podem ser classificadas segundo a incidência de ações sobre os próprios sistemas ou sobre o meio ambiente:

- As ações sobre os sistemas decorrentes de sua utilização (danos por uso incorreto ou acidentes, golpe de aríete, cargas dinâmicas e estáticas e desgaste);
- As ações sobre os sistemas decorrentes do meio (temperatura, radiação solar, umidade, corrosão, degradação biológica, fogo e cargas estáticas e dinâmicas);
- As ações dos sistemas sobre o meio ambiente (ruídos, danos causados pela água, odores, umidade e proliferação de agentes patogênicos).

Já os requisitos de desempenho podem ser classificados segundo a utilização dos sistemas ou segundo suas condições de exposição:

- Os requisitos referentes à utilização:
 - Sistema de suprimento de água fria – qualidade, quantidade, disponibilidade, adequabilidade e controle da água;
 - Sistema de equipamento sanitário – qualidade, quantidade, acessibilidade, flexibilidade, controle, adaptabilidade ao usuário, forma e cor, proteção ao sistema de coleta de esgoto sanitário, capacidade de suporte e segurança contra extravasão;
- Os requisitos referentes às condições de exposição: ruído, vibrações, odores, temperatura, resistência mecânica, desgaste, corrosão, fissuramento, danos devido ao uso, irradiação, ataque biológico, limpeza, manutenção e reposição, operação, etc.

Os critérios de desempenho devem ser elaborados conforme o requisito de desempenho em questão, de forma que o cumprimento de um parâmetro limite ou mínimo leve ao atendimento do requisito. Por exemplo, o critério velocidade máxima

da água em um conduto forçado tem por objetivo atender ao requisito ruído, entre outros.

Os métodos de avaliação de desempenho do sistema a serem empregados devem estar fundamentados nos preceitos da qualidade, podendo estar inseridos, por exemplo, num programa de gestão dos sistemas prediais (PCC-5778 GESTÃO DE SISTEMAS PREDIAIS: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO, 1999). A avaliação de desempenho de um subsistema seria, neste exemplo, a segunda das etapas do programa de gestão, a saber:

- Levantamento de dados;
- Avaliação;
- Elaboração de cenário desejado;
- Planejamento;
- Implantação;
- Controle do processo.

Resumidamente, pode-se afirmar que o usuário deseja que os sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário permitam o uso adequado da água para as várias atividades exercidas na edificação. Para que este objetivo seja alcançado, é imprescindível a compreensão do caráter sistêmico dos sistemas, dos conceitos de desempenho e qualidade que devem nortear as ações a serem realizadas.

3.2 Sistema de suprimento de água fria

Para o propósito da análise da implantação da medição setorizada do consumo de água como forma de gestão da demanda, pode-se conduzir o estudo enfocando o sistema de suprimento de água fria e de equipamento sanitário. Não serão abordadas a captação de água para o sistema de suprimento e a coleta de esgoto sanitário, por estas abordagens extrapolarem os limites da proposta de estudo.

Conforme exposto anteriormente e considerando a forma de captação da água através da rede pública, caso predominante em nosso estudo de caso, o sistema de suprimento de água fria pode ser caracterizado pelos seguintes subsistemas:

- **Abastecimento**

“O abastecimento de água é feito por meio de uma ligação predial, que compreende:

- Ramal predial, propriamente dito, ou ramal externo: É o trecho compreendido entre a rede pública e o aparelho medidor (hidrômetro).
- Alimentador predial ou ramal interno de alimentação: É o trecho compreendido entre o hidrômetro e a primeira derivação, ou até a primeira válvula de flutuador (‘válvula de bóia’) na entrada de um reservatório.” (ILHA; GONÇALVES, 1994).

O sistema de abastecimento pode ser classificado, conforme o tipo de alimentação dos pontos de consumo, em sistema direto e sistema indireto. Na Tabela 3.2.1 são apresentadas as vantagens e desvantagens de algumas de suas possibilidades.

No sistema direto (SD) os pontos de consumo estão ligados diretamente ao alimentador predial por meio da distribuição, estando sujeitos às condições de operação da rede pública. O sistema direto pode ser sem bombeamento (SB) ou com bombeamento (CB) – solução empregada quando o distribuidor público não fornece água com a pressão suficiente para esta atingir as cotas mais elevadas de um edifício ou atender aos requisitos para o funcionamento adequado dos equipamentos.

O sistema indireto (SI) é aquele no qual o sistema de distribuição é alimentado através de um conjunto composto pelos sistemas de abastecimento e reservação. O sistema indireto tem sua rede de distribuição pressurizada por gravidade ou por sistema hidropneumático, no qual um tanque de pressão é utilizado. No sistema indireto por gravidade, o reservatório situado a uma cota superior (RS) é alimentado diretamente pelo sistema de abastecimento, com ou sem bombeamento, ou por um reservatório inferior (RI) com bombeamento. Já o sistema indireto hidropneumático

(HP) pode ser com ou sem bombeamento, utilizando-se ou não de um reservatório inferior.

Tabela 3.2.1 – Vantagens e desvantagens de alguns sistemas de abastecimento

<i>Classificação</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>SI</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Maior confiabilidade do sistema; - Economia de energia elétrica; - Amortecimento dos picos de vazão: possibilitando a utilização de equipamentos que demandem vazões elevadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de contaminação da água; - Maior custo de execução; - Maior área de construção.
<i>SD</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dispensa reservatórios; - Menor custo estrutural; - Melhor qualidade da água; - Liberação de áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inoperância diante falta de energia elétrica; - Manutenção periódica exigida; - Gastos elevados com insumos energéticos (bomba sempre operante).
	<ul style="list-style-type: none"> - Economia de energia elétrica; - Dispensa reservatórios; - Menor custo estrutural; - Melhor qualidade da água; - Liberação de áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependente de confiabilidade da rede pública (disponibilidade, vazões e pressões); - Necessita de dispositivo anti-retorno; - Possibilidade de contaminação da rede.

Observando-se a prática de operação e manutenção dos sistemas urbanos de distribuição de água das concessionárias públicas e dos sistemas prediais de suprimento de água fria, que permitem interrupções do suprimento de água incompatíveis com a confiabilidade esperada, são preferidos sistemas menos sujeitos às falhas. Desta forma, verifica-se a predominância de utilização dos sistemas indiretos com reservatório superior ou de sistemas mistos, com alimentação direta a alguns pontos de menor responsabilidade (mas que necessitam de maior pressão). Cabe, ainda, ressaltar que alguns aspectos legais das entidades normativas, da administração pública e das concessionárias de serviço público de água levam à adoção do sistema com reservação.

• Medição e Reservação

O sistema de medição, a ser abordado em maior profundidade no Capítulo 4, é composto pelo medidor (hidrômetro) e complementos (cavalete, válvula, abrigo,

etc.), tendo por finalidade medir a quantidade de água consumida. O sistema de reservação é empregado com o intuito de aumentar a confiabilidade do fornecimento de água aos diversos usos e de amortecer os picos de vazão de água demandada pelos equipamentos. Conforme a necessidade, os sistemas de tratamento e pressurização de água podem estar presentes.

- **Distribuição**

O sistema de distribuição é constituído pelos elementos compreendidos entre o reservatório e os pontos de consumo, sendo basicamente composto pelo barrilete, colunas, ramais e sub-ramais de distribuição. O sistema de recalque, quando existente, também é considerado um subsistema da distribuição. Ao final dos sub-ramais estão os pontos de consumo onde são acoplados diversos equipamentos como: torneiras, bacias sanitárias, chuveiros, filtros, máquinas de lavar, etc. A sua concepção deve considerar o atendimento aos requisitos de desempenho proporcionados aos pontos de utilização conforme descrevem ILHA; GONÇALVES (1994):

“O dimensionamento do sistema de distribuição de água fria é feito tendo por base o princípio da conservação da energia. Considera-se escoamento permanente em conduto forçado, onde se faz um balanceamento entre o diâmetro da tubulação, a vazão de projeto esperada e as pressões necessárias para o funcionamento adequado dos aparelhos e equipamentos sanitários, tendo em vista a carga disponível.

Assim, é necessário que fiquem bem definidos os seguintes parâmetros hidráulicos: vazão, velocidade, pressão e perda de carga.”

A Figura 3.2.1 representa uma possibilidade de um sistema de suprimento de água fria.

Fonte: PCC-2465 SISTEMAS PREDIAIS I (2002)

Figura 3.2.1 – Exemplo de esquema de sistema de suprimento de água fria

Os componentes usuais dos sistemas de abastecimento e de distribuição são os tubos e conexões e as válvulas (de gaveta, de pressão, de retenção, torneiras de bóia e redutoras de pressão), em seus diferentes tipos, materiais e dimensões. Os tubos e conexões mais empregados são constituídos de cloreto de polivinila (PVC), aço carbono galvanizado e cobre. Outros materiais de uso mais recente ainda têm emprego reduzido quando comparados com os tradicionais em virtude de seus maiores preços. Eles são utilizados em sistemas que potencializem a exploração de suas características, tornando-se viáveis quando analisado o desempenho ao longo de todo o tempo de utilização como, por exemplo, o polietileno reticulado de alta densidade para tubulações flexíveis (PEX).

3.3 Sistema de equipamento sanitário

Para cada atividade relacionada ao uso da água, o usuário necessita de um equipamento com características apropriadas. O sistema de equipamento é composto,

portanto, por equipamentos instalados na interface entre o sistema de suprimento de água e o usuário, escolhidos e instalados de modo a atender às necessidades deste, que podem ser uma ou mais, dependendo da atividade a ser desenvolvida: acessibilidade, flexibilidade, controle, adaptabilidade ao usuário, forma, etc.

Com o aumento da preocupação com o uso racional da água e com o desenvolvimento tecnológico, vêm sendo desenvolvidos equipamentos economizadores – dispositivos que buscam a redução do consumo de água, mas sem a perda de eficiência ou comprometimento do desempenho. Ao contrário, os dispositivos empregados visam aumentar o controle e a facilidade de uso, de modo a ampliar o atendimento às necessidades dos usuários e cumprindo suas finalidades de uso sem incorrer em desperdícios.

A Tabela 3.3.1 apresenta alguns modelos de equipamentos sanitários economizadores, assim como suas características e normas que devem atender, utilizados em ambientes variados (sanitários, vestiários, copas, etc.). A Figura 3.3.1, por sua vez, apresenta fotos de quatro destes equipamentos em seus modelos economizadores: torneira hidromecânica de fechamento automático, torneira eletrônica, bacia sanitária VDR e mictório com válvula hidromecânica de fechamento automático.

Tabela 3.3.1 – Exemplos de equipamentos economizadores

<i>Equipamento</i>	<i>Características</i>
Torneira de fechamento automático de mesa	Com arejador, bitola DN 15 (½”), pressão de serviço 20 a 400 kPa, corpo e botão de acionamento em latão cromado, tempo de fechamento até 15 s, em conformidade com NBR 13713/1996.
Válvula de descarga	Acabamento “Pública”, bitola DN 32 (1¼”) ou DN 40 (1½”).
	Acabamento anti-vandalismo, bitola DN 32 (1¼”) ou DN 40 (1½”).
Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada Modelo VDR (6 litros)	Em conformidade com NBR 6452/1997, NBR 9060/1997 e complementares.
Válvula de descarga de fechamento automático para mictório	Bitola DN 15 (½”), pressão de serviço 20 a 400 kPa, corpo e botão de acionamento em latão cromado, tempo de fechamento até 10 s, em conformidade com NBR 13713/1996.

Tabela 3.3.1 – Exemplo de equipamentos economizadores (continuação)

<i>Equipamento</i>	<i>Características</i>
Restritor de vazão para chuveiro	Vazão máxima 8 L/min.
Torneira de parede para pia de cozinha	Acionamento por alavanca, bica móvel, arejador articulado, bitola DN 15 (½”), pressão de serviço 20 a 400 kPa, corpo em latão cromado, em conformidade com NBR 10281/2001.
Torneira de mesa para pia de cozinha	Acionamento por alavanca, bica móvel, arejador articulado, bitola DN 15 (½”), pressão de serviço 20 a 400 kPa, corpo em latão cromado, em conformidade com NBR 10281/2001.
Torneira para uso geral com arejador	Corpo em latão cromado, bitola ½”, em conformidade com NBR 10281/2001 e complementares.

Figura 3.3.1 – Equipamentos sanitários economizadores

Os equipamentos sanitários economizadores mais empregados são, portanto, as bacias sanitárias de volume de descarga reduzido (VDR – de 6,8 L por descarga – com caixa acoplada ou para válvula de descarga), torneiras e válvulas hidromecânicas de fechamento automático (sendo as válvulas empregadas em mictórios, chuveiros e duchas), torneiras e válvulas eletrônicas (para torneiras e mictórios), arejadores econômicos e restritores de vazão.

A economia de água proporcionada pelo emprego dos equipamentos economizadores depende da economia gerada por ciclo de uso e da frequência de utilização dos mesmos. O impacto de economia da instalação de equipamentos economizadores está relacionado com a participação do consumo destes no consumo global de uma residência, edificação ou conjunto de edifícios. A análise da distribuição de consumo por atividade pode indicar o potencial de economia a ser atingido com a adoção de equipamentos economizadores que reflita nas contas de água.

Quanto ao desenvolvimento dos equipamentos economizadores, pode-se observar que ações estruturantes têm sido realizadas no país e no exterior. Entidades normativas, do setor público, produtivo e de pesquisa têm fornecido parâmetros, desenvolvido produtos e verificado resultados.

OLIVEIRA (1999) relatou os Programas e estudos de caso realizados em todo o mundo, nos quais o impacto da utilização de equipamentos economizadores constituiu o foco da pesquisa. Os estudos realizados, concentrados na década de 90, indicaram o sucesso dos equipamentos em termos de economia de água, mas ainda aguardam melhores soluções as questões como o desconforto dos usuários com a limitação da vazão nos chuveiros, a necessidade de duplo acionamento nas bacias sanitárias VDR e as obstruções na rede de esgoto.

Da mesma forma, poucos são os estudos dos efeitos do uso de equipamentos economizadores nos sistemas hidráulicos prediais, com maior destaque à questão da variação de temperatura da água em duchas (decorrente da instalação de restritor de vazão e conseqüente maior sensibilidade às variações de pressões nos ramais de água

fria e quente) e a possível ocorrência de golpes de aríete (causados por válvulas de fechamento automático com defeito). Alterações em projetos do sistema sanitário predial de água e esgoto, racionalizados em função da previsão de instalação de equipamentos economizadores, também aguardam maiores estudos.

A base normativa internacional referente aos equipamentos economizadores ainda encontra-se em formação ou em processo de intensa revisão, conforme têm permitido os avanços resultantes de pesquisa, estudos de caso e outras contribuições.

Considerando-se ambientes não residenciais, como indústrias e laboratórios, não devem ser esquecidos os chamados equipamentos especiais, que incluem os sistemas de ar condicionado, de refrigeração e de destilação de água, além de outros tantos destinados a processos específicos para os quais se utiliza a água. O consumo de água destes equipamentos, quase sempre muito elevado, justifica estudo específicos para a redução do consumo deste insumo.

4 HIDRÔMETROS E TELEMEDICAÇÃO

4.1 Hidrômetros

4.1.1 Medidores de água e hidrômetros

As considerações anteriormente levantadas sobre o caráter sistêmico dos sistemas de suprimento de água e de equipamento sanitário, os conceitos de desempenho, os elementos que compõem os sistemas e a proposta da setorização, visam permitir um melhor entendimento sobre as necessidades e condições do sistema de medição e, conseqüentemente, sobre as propriedades que os medidores devem possuir para atendê-las.

Entre os elementos do sistema de medição de água existentes optou-se por restringir o estudo aos medidores, seu elemento principal, adotando-se o medidor de água portátil em condutos forçados por corresponder às condições do estudo.

Os medidores para essas condições classificam-se, segundo COELHO (1983), em três grupos: os diferenciais, os especiais e os mecânicos, conforme a Figura 4.1.1.1.

Fonte: Elaborado a partir de COELHO (1983)

Figura 4.1.1.1 – Classificação de medidores de água para condutos forçados

Os medidores diferenciais são aqueles que se valem do princípio de *Bernoulli*, da conservação de energia entre suas componentes cinética, potencial e de pressão. Com a verificação do diferencial de pressão em uma dada circunstância (entre duas seções, por exemplo) e o conhecimento da componente de energia potencial, pode-se determinar a velocidade da água e calcular a vazão. São exemplos de medidores diferenciais a placa de orifício, o tubo *Venturi* e o tubo de *Pitot* (ANEXO A).

Entre os medidores especiais mais comuns estão os medidores ultra-sônicos e os eletromagnéticos (ANEXO A).

O medidor ultra-sônico tem seu funcionamento baseado no princípio da variação da velocidade de propagação do som em um meio em movimento, no caso, a água. O medidor possui dois conjuntos emissores-receptores de ultra-som situados junto à parede externa do tubo, em seções transversais diferentes. Desta forma, pode-se

estabelecer dois sentidos para a emissão dos pulsos, a favor ou contra o fluxo. Em um intervalo de tempo (Δt), estabelece-se uma série de pulsações em um dos sentidos (emissor1-receptor2 ou emissor2-receptor1), sendo o comando para a emissão de um novo pulso da série disparado pelo recebimento de um pulso pelo receptor. Ao final deste Δt , um contador fornece o número de ciclos no sentido em questão e um novo intervalo de tempo de mesma duração é estabelecido com o sentido de pulsação invertido. Com a diferença entre as frequências de pulsos dos dois sentidos, calcula-se a velocidade da água, sua vazão e o volume escoado em um determinado tempo.

As principais vantagens desses medidores são a inexistência de partes em contato com o fluido (o que permite a medição com baixa perda de carga e com água a temperaturas mais altas) e a precisão da medição para tubos de grande diâmetro. Entre as desvantagens estão o custo do medidor e a necessidade de alimentação externa de energia.

O medidor de vazão eletromagnético tem por princípio de funcionamento a lei da indução de *Faraday* que afirma que a indução de tensão em um condutor em movimento através de um campo magnético é proporcional à velocidade que este condutor atravessa o campo. O medidor, então, é composto por duas espiras paralelas dispostas de forma a gerar um campo magnético ortogonal ao eixo do tubo medidor e por dois eletrodos de medição de tensão dispostos perpendicularmente a ambos. Com o fluido (condutor) em movimento através do campo magnético, uma diferença de potencial no mesmo surge e pode ser medida pelos eletrodos, sendo a magnitude desta tensão proporcional à velocidade do fluido.

Os medidores mecânicos são aqueles nos quais o princípio de funcionamento baseia-se no movimento de algum mecanismo sob ação hidrodinâmica.

Os medidores mais largamente empregados em micromedição são os mecânicos – mais conhecidos como hidrômetros – em virtude de características como: capacidade de integração das funções de medição, totalização e armazenamento de dados em dimensões reduzidas; facilidade de emprego, pois sistemas complementares como

conversor de vazão para volume, totalizador do volume consumido, armazenador de dados, alimentador de energia, entre outros, são dispensáveis; robustez dos medidores face às diversas condições de exposição e de uso; simplicidade de manutenção; e custos reduzidos em relação aos demais medidores.

4.1.2 Tipos de hidrômetros

Os hidrômetros são classificados em volumétricos ou velocimétricos. A seguir são apresentados detalhes dos medidores e figuras ilustrando o seu princípio de funcionamento (SOCAM, 2002).

- **Hidrômetros volumétricos**

Os medidores volumétricos mais utilizados são do tipo pistão rotativo. ALVES (1999) descreve o funcionamento do medidor de pistão rotativo, conforme a Figura 4.1.2.1: “No medidor de pistão rotativo, um cilindro gira excentricamente dentro de uma câmara, também cilíndrica, deslocando volumes bem definidos de água a cada rotação de um eixo central. São medidores compactos, sendo normalmente fabricados em bitolas menores (de 3/8” a 1”), muito embora ainda se encontrem medidores de 2” e até 3”, principalmente nos EUA, onde seu uso é generalizado”.

Fonte: Elaborado a partir de SOCAM (2003)

Figura 4.1.2.1 – Hidrômetro volumétrico de pistão rotativo: princípio de funcionamento

O referido autor também descreve o funcionamento básico do medidor tipo disco nutante: “Esses medidores possuem uma câmara com formato de setor esférico, com duas aberturas laterais separadas por uma parede divisória. O seu interior é constituído por um disco que se movimenta com a passagem de água. O registro no medidor é realizado pela transmissão ao mecanismo de transmissão, do movimento circular do pino localizado na parte central do disco”.

Como características principais dos hidrômetros volumétricos pode-se citar a grande eficiência de medição em vazões extremamente baixas e a ampla faixa da medição. A alta precisão destes hidrômetros é justificada pela sua própria concepção: cada revolução do pistão rotativo ou do disco nutante permite a passagem de um volume fixo de água, sofrendo o movimento somente pequena influência das condições do fluxo (velocidade e pressão). Caso as forças de atrito para movimentação dos dispositivos não sejam vencidas, o fluxo de água não ocorre, inexistindo perda de medição. Entre os aspectos negativos destes medidores estão: a susceptibilidade a travamentos dos mecanismos quando a água não se apresenta isenta de sólidos em suspensão e os custos dos medidores. Atualmente, o medidor tipo disco nutante encontra-se em desuso, sendo os medidores volumétricos representados quase exclusivamente pelo tipo pistão rotativo.

- **Hidrômetros velocimétricos**

Hidrômetros velocimétricos são aqueles em que a medição do volume de água é realizada pela contagem do número de revoluções de uma turbina, através do estabelecimento de uma relação entre a revolução da turbina e o volume escoado correspondente. Este princípio de funcionamento, ilustrado na Figura 4.1.2.2, justifica o fato dos medidores velocimétricos serem conhecidos também como medidores inferenciais. A movimentação da turbina ocorre sob ação hidrodinâmica do fluxo de água sobre as pás da mesma. Desta forma, a movimentação da turbina – e conseqüentemente, a computação do volume escoado – inicia-se somente quando as forças de atrito sejam vencidas pelas forças de empuxo do fluxo de água.

Fonte: Elaborado a partir de SOCAM (2003)

Figura 4.1.2.2 – Hidrômetro velocimétrico monojato: princípio de funcionamento

Os hidrômetros velocimétricos, além de apresentarem as vantagens gerais dos medidores mecânicos já citadas, têm como características positivas adicionais a maior tolerância a sólidos em suspensão e menores custos de fabricação que os hidrômetros volumétricos. A principal desvantagem é a menor precisão em baixas vazões em relação a um hidrômetro volumétrico de capacidade equivalente.

Em virtude dos hidrômetros velocimétricos serem os mais utilizados no Brasil (superior a 95%) e apresentarem maior disponibilidade em termos de modelos, capacidades e fabricantes, eles foram os adotados para a proposta de medição setorizada.

Basicamente, um hidrômetro velocimétrico convencional é composto por quatro partes principais:

- Câmara de medida (na qual se processa a movimentação da turbina);
- Trem redutor (que recebe o movimento da turbina e por meio de engrenagens promove a redução do movimento de forma a possibilitar o registro da informação);
- Relojoaria (responsável pela totalização e registro da informação);
- Carcaça (corpo do hidrômetro que encerra as três primeiras partes).

O trem redutor tradicional, característico da transmissão mecânica na qual o movimento da turbina está acoplado a um conjunto de engrenagens, encontra-se em desuso, sendo substituído pela transmissão magnética. Nesta transmissão, um ou mais ímãs fixados sobre as pás da turbina geram pulsos magnéticos, com a rotação da

turbina, que excitam um sensor ou movimentam um mecanismo totalizador presente na relojoaria. As principais vantagens da transmissão magnética e do fato da relojoaria estar simplesmente posicionada sobre a carcaça são: a relojoaria ser removível para manutenção, apresentar giro livre proporcionando posição privilegiada para leitura e ser extremamente estanque e seca, permitindo a utilização de sistemas eletrônicos de totalização, registro e transmissão de dados.

A relojoaria classifica-se de acordo com o meio que envolve o dispositivo totalizador:

- Imerso em meio próprio – é aquele em que o dispositivo totalizador está imerso em líquido apropriado e isolado da água. Esta solução tem por objetivo aumentar a sensibilidade do medidor em baixas vazões – através da redução do atrito na transmissão – e evitar o embaçamento da cúpula protetora;
- Úmido – semelhante ao anterior, utiliza a água que escoia pelo hidrômetro como meio de imersão do dispositivo totalizador ao invés de outro líquido, tendo a desvantagem da possível acumulação de resíduos trazidos pela água;
- Seco – no qual há um elemento de vedação (placa separadora) entre a câmara de medição e o registrador;
- Extra-seco – é aquele em que a relojoaria encontra-se totalmente separada da carcaça, hermeticamente fechada, sendo a transmissão sempre do tipo magnética.

Os medidores velocimétricos são classificados em três grandes grupos em função da forma de incidência do jato de água sobre a turbina, na câmara de medição. Para o caso da incidência de um único jato na direção perpendicular em relação ao eixo da turbina e no plano da mesma, classifica-se o hidrômetro como monojato. Para o caso da incidência de múltiplos jatos também na mesma direção, classifica-se o hidrômetro como multijato (Figura 4.1.2.3). O terceiro grupo é composto pelos hidrômetros velocimétricos tipo *Woltmann*, aqueles em que a direção do fluxo de água é ortogonal ao plano da turbina, coincidindo com o eixo da mesma (Figura 4.1.2.4).

Fonte: Elaborado a partir de SOCAM (2003)

Figura 4.1.2.3 – Hidrômetro velocimétrico multijato

Fonte: Elaborado a partir de SOCAM (2003)

Figura 4.1.2.4 – Hidrômetro velocimétrico *Woltmann*

O hidrômetro monojato tem como câmara de medição a própria carcaça, característica que possibilita a adoção de todo um mecanismo mais simples, leve e compacto. Em virtude da simplicidade e leveza, o hidrômetro monojato apresenta maior sensibilidade para pequenas vazões e menor custo de fabricação, além de tolerar água com uma maior quantidade de sólidos em suspensão.

Mas em decorrência da excentricidade da incidência do jato, os esforços resultantes podem provocar problemas de desgaste prematuro nos mancais da turbina, reduzindo a vida útil do medidor. Outros inconvenientes são a manutenção dificultada pelo fato da carcaça interferir no desempenho de medição do hidrômetro e a necessidade de um maior trecho de tubulação reta a montante do medidor.

O hidrômetro monojato é geralmente empregado em ligações de pequeno porte – de 20 mm (3/4”) e vazão máxima característica de 1,5 ou 3,0 m³/h – geralmente domiciliares e que atendam a uma única família.

O hidrômetro multijato tem a câmara de medição localizada no interior da carcaça. A câmara de medição recebe o fluxo de água através de orifícios ou fendas – equidistantes entre si, situados em um plano inferior da câmara – e o elimina por outros orifícios situados em um plano superior da câmara, igualmente distribuídos, após a incidência dos jatos sobre as pás da turbina. Com esta concepção, a distribuição dos esforços sobre a turbina é simétrica, permitindo o funcionamento equilibrado e com maior precisão ao longo de toda a faixa de medição, favorecendo a durabilidade das condições metrológicas do hidrômetro.

A maior complexidade deste modelo em relação ao monojato leva os custos de aquisição a patamares mais elevados, embora sua manutenção seja facilitada. O hidrômetro multijato é normalmente encontrado em diâmetros nominais variando de 20 a 50 mm (3/4” a 2”), para vazões máximas características de 1,5 a 30 m³/h. Constitui-se no modelo mais tradicional e empregado no país.

O medidor tipo *Woltmann* – nome adotado em homenagem ao engenheiro que o concebeu – é por definição o medidor velocimétrico cuja direção de incidência do fluxo de água sobre a turbina é axial. Esta concepção dispensa a utilização de câmara de medição por sua forma de construção, pois a água não passa através de orifícios ou fendas para incidir tangencialmente às pás da turbina (como nos casos dos hidrômetros monojato e multijato), mas aproveitando-se de praticamente toda a seção transversal.

As principais características resultantes são: a baixa perda de carga, funcionamento equilibrado (simetria radial na distribuição dos esforços sobre os mancais) e durabilidade quando submetido a regimes de vazões elevadas por longos períodos. O medidor *Woltmann* divide-se em dois tipos, turbina vertical ou horizontal,

apresentando este último menor perda de carga e maior tolerância quanto à montagem inclinada (em relação ao eixo longitudinal do hidrômetro).

O hidrômetro *Woltmann* é utilizado em ligações de grande porte – de 50 mm até 300 mm (2” a 12”), para vazões máximas de 300 a 15000 m³/d – principalmente em usuários industriais e comerciais e em macromedição. Para esta última aplicação, e em diâmetros superiores a 100 mm, estão sendo preferidos os medidores eletromagnéticos em detrimento dos *Woltmann*.

Os hidrômetros velocimétricos apresentam curvas características de funcionamento, próprias de cada tipo e modelo de medidor, que representam seu comportamento hidráulico (perda de carga em função da vazão) e capacidade de medição (expressa em erro percentual, em função da vazão). As curvas características são compostas, então, pela curva de perda de carga e pela curva de erros, conforme exemplifica a Figura 4.1.2.5.

Estes e outros termos que descrevem os hidrômetros e caracterizam seu funcionamento estão definidos no GLOSSÁRIO.

Com relação ao critério de desempenho dos hidrômetros, especialmente em regime de baixas vazões, estipulou-se classes metrológicas segundo as quais valores limites de vazão mínima e de transição devem ser atendidos. As classes A, B e C, em ordem crescente de exigência metrológica, definem estes limites para as diversas vazões nominais. O ANEXO B apresenta as tabelas de classificação metrológica de hidrômetros velocimétricos.

A classificação metrológica de um hidrômetro é realizada em função da capacidade de medição. Para hidrômetros velocimétricos com vazões nominais até 15 m³/h, emprega-se a NBR NM 212/1999 que indica a classificação metrológica em função da vazão nominal e dos valores de vazão mínima e de transição. Já para valores acima de 15 m³/h e até 1500 m³/h, emprega-se a NBR 14005/1997 que adota o diâmetro nominal em substituição à vazão nominal. Por exemplo, para um

hidrômetro multijato, Q_n 10 m³/h (DN 40), com vazão mínima de 160 L/h e vazão de transição de 1000 L/h, sua classificação metrológica é classe A. Para outro, DN 100 (Q_n 60 m³/h), com vazão mínima igual a 3 m³/h e vazão de transição de 10 m³/h, a classificação metrológica também é A.

Fonte: Elaborado a partir de HYDROMETER (2002)

Figura 4.1.2.5 – Hidrômetro velocimétrico (*Scampy*): Curvas de perda de carga e de erros

Um fator importante para o bom desempenho metrológico do hidrômetro é a posição de instalação do hidrômetro, pois trabalhando fora da condição ideal para a qual foi projetado, a precisão é afetada ou mesmo a durabilidade é comprometida. As tubulações para a instalação de hidrômetros podem ser horizontais, verticais ou inclinadas e a relojoaria pode estar posicionada para o alto ou para os lados (em relação ao eixo da tubulação). A posição usual de instalação é a em tubulação horizontal e com relojoaria voltada para cima, mas em função de aspectos construtivos, alguns hidrômetros podem ser instalados fora da posição padrão de forma a atender necessidades especiais. Estes hidrômetros, em função destas posições de instalação, podem assumir classes metrológicas diferentes, como B na posição horizontal e A na posição vertical.

Deve-se garantir, também, um trecho reto de tubulação a montante e a jusante do medidor a fim de que não haja distorção do perfil de velocidade do escoamento ou turbilhonamento. A não uniformidade do fluxo pode levar a uma incidência anormal dos jatos sobre as pás da turbina, comprometendo o funcionamento ideal do medidor. O trecho reto necessário tem o comprimento da ordem de 10 vezes o diâmetro nominal da tubulação.

Outro fator relevante quanto à durabilidade do hidrômetro e ao seu bom desempenho metrológico é o regime de operação do medidor. Para regimes situados entre os valores da vazão mínima e a nominal, o hidrômetro apresenta bom funcionamento, sem comprometimento de sua vida útil, mesmo que permaneça operando próximo do valor de vazão nominal durante muito tempo. Para regimes acima da vazão nominal até a vazão máxima, somente ocorrências esporádicas e de curta duração são toleráveis (para evitar danos ao hidrômetro).

4.1.3 Inserção dos hidrômetros no sistema de suprimento de água fria

Conforme apresentado anteriormente, para a instalação e utilização de hidrômetros nos sistemas prediais deve-se verificar diversas interações existentes entre as partes,

que podem influenciar no desempenho dos medidores, do sistema de medição e do próprios sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário.

A Figura 4.1.3.1 apresenta um esquema básico de instalação de um sistema de medição, estando disponível no ANEXO C esquemas mais detalhados para hidrômetros de diversas capacidades.

Fonte: Elaborado a partir de PCC-2465 SISTEMAS PREDIAIS I (2002)

Figura 4.1.3.1 – Esquema de instalação de um sistema de medição

Dentro da proposta de utilização dos hidrômetros para uma medição setorizada da água nos sistemas prediais, os pontos para instalação dos mesmos podem estar localizados desde o ramal predial até um ramal do subsistema de distribuição que atenda a um exclusivo ponto de consumo. Neste universo de estudo, as condições oriundas de fora do sistema selecionado, como pressão da rede pública e qualidade da água, devem ser logo consideradas como condições de contorno (“meio ambiente”).

A pressão da rede pública, normalmente limitada a 500 kPa segundo a NBR 12218/1994 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), tem pouca influência direta sobre o desempenho do medidor, visto que esta pressão é substancialmente inferior a pressão máxima de trabalho do medidor (1000 kPa, pelo

menos). Entretanto, quanto maior for a pressão da rede, maiores são as possibilidades de ocorrência de vazamentos em tubulações e de mau funcionamento de válvulas e registros. Dependendo da intensidade do vazamento, o hidrômetro pode passar a operar constantemente acima de sua vazão nominal, resultando em danos ao mesmo.

Para o caso oposto, no qual o hidrômetro é instalado em uma condição de baixa pressão, deve-se atentar para a questão da perda de carga introduzida no sistema. O hidrômetro da Figura 4.1.2.5, por exemplo, introduz uma perda de carga de 25 kPa, a uma vazão de 1,5 m³/h, o que pode comprometer o funcionamento das peças de utilização instaladas a jusante. Muitos pontos têm apenas 20 ou 30 kPa de pressão estática disponível e, por consequência, apresentariam uma vazão significativamente menor. Uma forma de atenuar este problema, quando possível, é a adoção de hidrômetros de maior capacidade, que apresentem uma perda de carga menor para uma mesma vazão (embora com menor sensibilidade para baixas vazões).

Considerando a água de qualidade adequada aos padrões de potabilidade, poucos são os problemas causados aos hidrômetros pela sua composição: os hidrômetros podem apresentar problemas principalmente quanto aos sólidos em suspensão, que com o tempo acabam por diminuir a sensibilidade do medidor em regimes de baixas vazões ou mesmo por impedir o movimento de rotação da turbina. Outra ocorrência freqüente, quando há um reparo na rede pública de abastecimento, é a entrada de corpos estranhos na tubulação (terra, pedregulhos e folhas de vegetais) que entopem os filtros ou são retidos no próprio rotor, impedindo o seu funcionamento adequado ou mesmo comprometendo a alimentação do edifício. No entanto, estes casos são raros.

Deve ser considerada também a influência do subsistema de abastecimento de água existente (direto ou indireto) no desempenho do conjunto formado por este, pela medição (representada pelo hidrômetro) e pelos demais subsistemas que compõe os sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário.

No caso do alimentador predial conectado diretamente a um reservatório (SI), o regime de funcionamento do hidrômetro sofre pouca influência do consumo, uma vez que o reservatório promove o amortecimento dos picos de vazão porventura existentes no subsistema de distribuição. O regime de vazão, então, é determinado pela operação da torneira de bóia. A admissão de água no reservatório pela torneira de bóia é limitada pela perda de carga ocorrida em todo o trecho a montante.

Com o correto dimensionamento deste trecho, a máxima vazão de água, presente com a torneira de bóia totalmente aberta, permanece em torno da vazão nominal do hidrômetro, poucas vezes atingindo o valor de vazão máxima. Esta situação é a ideal pois com a variação das vazões situando-se dentro de determinados limites, a adoção de um hidrômetro adequado que opera praticamente o tempo todo dentro de suas condições ótimas é realizada com maior segurança. A variação da velocidade do fluxo que passa pelo hidrômetro também é gradual e ocorre num intervalo compatível com a inércia da turbina do medidor, levando a um melhor funcionamento deste.

Uma observação importante é quanto à forma dos reservatórios. Reservatórios que possuem grande área de superfície livre sofrem pequena variação do nível da água quando comparados aos de pequena área, para um mesmo volume de água consumido. Esta característica influi no regime de operação da torneira de bóia, que passa a operar um maior tempo com vazões muito baixas, determinando a necessidade de maiores cuidados na seleção do medidor de forma a evitar a submedição, ou seja, que o valor de volume de água medido seja inferior ao valor real.

No sistema de abastecimento direto (SD), a inexistência de reservatórios que possibilitem o amortecimento dos picos de vazão de água implica numa situação de grande flutuação das vazões em todo sistema de suprimento de água fria. Por exemplo, uma pequena vazão, como no caso de um filtro (inferior a 0,1 L/s) ou de uma torneira parcialmente aberta, pode ser subitamente incrementada com a utilização simultânea de duas válvulas de descarga (cerca de 1,7 L/s cada). Para que

o desempenho das peças de utilização não seja comprometido pelas perdas de carga, e uma grande vazão possa ser oferecida, ao menos o trecho equivalente ao alimentador predial (existente no sistema indireto) deve ter seu diâmetro aumentado.

Neste contexto, a escolha do hidrômetro deve ser extremamente cuidadosa, visto que ele deve suportar maiores vazões sem se danificar e ainda ter a sensibilidade mínima para registrar baixas vazões, muito mais freqüentes. Nem sempre estes requisitos podem ser atendidos, mas a imprecisão pode ser minimizada com a adoção de hidrômetros de classes metrológicas superiores, mais sensíveis (por exemplo, classe C). Além da grande variação de vazões, outro fenômeno que se observa é a sua ocorrência repentina, num curto intervalo de tempo, o que pode gerar maiores solicitações ao medidor.

Os cuidados requeridos no caso do sistema com abastecimento indireto são válidos também para o abastecimento misto. Este caso, no qual apenas alguns pontos estão conectados diretamente ao alimentador predial, representa a situação mais freqüente nas edificações brasileiras.

Outros aspectos não relacionados ao comportamento hidráulico dos sistemas e do hidrômetro também devem ser considerados. Elementos do sistema de medição, como o abrigo de hidrômetro e a sua própria localização devem ser tais que: permitam a aquisição dos dados de consumo (também *in loco*) e o acesso para manutenção e inspeções periódicas do medidor, minimizem as interferências com os diversos sistemas existentes e com as atividades exercidas no edifício, e ofereçam proteção adequada contra intempéries (radiação ultravioleta, água, choques térmicos e mecânicos, alta temperatura, etc.) e vandalismo (através de restrição de acesso às pessoas não autorizadas). O local deve ser também seco, ventilado e bem iluminado.

4.1.3.1 Seleção dos hidrômetros

A escolha do medidor adequado deve atentar para alguns fatores, conforme afirma ALVES (1999): “A escolha do hidrômetro deve ter em conta que as condições reais

de operação de medidor estejam, na medida do possível, dentro das faixas e condições de trabalho para as quais ele foi projetado. Devem ser levados em conta, principalmente, os seguintes fatores: qualidade da água; temperatura e pressão da água; condições de instalação; e vazões de consumo”. Os quatro primeiros fatores não representam sérias restrições à escolha do medidor, visto que normalmente a água de abastecimento é a potável, atendendo aos requisitos da portaria nº 36/1991 do Ministério da Saúde (SABESP, 2002), a pressão de serviço situa-se abaixo de 1000 kPa, a temperatura da água é inferior a 40 °C e os medidores podem ser instalados em abrigos facilmente executáveis, protegendo-os das intempéries. Desta forma, o fator determinante para a seleção do medidor é a vazão de consumo.

O dimensionamento do hidrômetro consiste na determinação da capacidade – vazão nominal – do aparelho que será inserido numa ligação específica. Este dimensionamento é baseado na busca pela melhor combinação entre as características metrológicas de um determinado hidrômetro e os parâmetros de vazão do sistema consumidor (as vazões máxima, típica de operação e mínima), ou seja, a compatibilização com as vazões de trabalho do ramal. ALVES (1999) propõe as seguintes metodologias:

- Dimensionamento por vazão estimada;
 - Dimensionamento por categoria de consumo, em função das tipologias ocupacional e construtiva;
 - Dimensionamento por levantamento direto do perfil de consumo;
 - Redimensionamento.
-
- **Dimensionamento por vazão estimada**

Para este dimensionamento é sugerida a aplicação da NBR 5626/98 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) para determinação da vazão em trechos do sistema de distribuição, no caso de edifícios residenciais e comerciais de pequeno porte. O cálculo da vazão estimada em uma seção prevê a simultaneidade de uso das peças de utilização que são alimentadas por este trecho, segundo a equação empírica (1):

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad (1)$$

Q = vazão em L/s;

$\sum P$ = somatória dos pesos relativos atribuídos a cada peça de utilização, definidos na norma NBR 5626/1998 (ANEXO D).

Nesta equação está considerado o uso de água em sistemas destinados ao uso normal da água e dotados de equipamentos sanitários e peças de utilização usuais, não abrangendo os casos de uso intensivo de água. Para estes casos pode-se adotar a demanda máxima ou estabelecer padrões de uso específicos.

No caso do sistema com abastecimento direto, o valor obtido para a vazão estimada no alimentador predial pode ser diretamente utilizado para a escolha do hidrômetro, adotando-se um medidor de capacidade (vazão de sobrecarga) imediatamente acima desta vazão.

Para o caso do sistema com abastecimento misto, deve-se adotar este mesmo procedimento para os pontos de consumo ligados diretamente ao alimentador predial e somar uma vazão permanente correspondente à vazão de alimentação do reservatório pela torneira de bóia – 300 L/h para residências unifamiliares e 1000 L/h para condomínios residenciais, segundo ALVES (1999). O valor resultante determina a indicação do hidrômetro mais adequado.

Apesar da precisão deste método para a seleção do hidrômetro, visto que o parâmetro utilizado é a própria vazão, para sua aplicação há a necessidade de se dispor de dados sobre as peças de utilização ou equipamentos (tipo, quantidade e forma de abastecimento – direto ou indireto), a utilização (validade da equação empírica anteriormente citada: distribuição de uso, natureza da atividade dos usuários, etc.) e até os valores de pressão da rede.

Com relação à equação (1), esta foi obtida através da adoção de um dos métodos empíricos de determinação das demandas – vazões de projeto – em sistemas prediais

de suprimento de água. Conforme GONÇALVES (1997), através do Modelo da raiz quadrada, tem-se:

$$Q_p = q_r \times \sqrt{\sum n_i P_i}$$

q_r = vazão de referência;

P_i = “peso” atribuído ao aparelho sanitário do tipo i , função da sua vazão unitária (q_i) com relação à vazão q_r ;

n_i = número de aparelhos sanitários do tipo i .

A equação (1) considera, portanto, uma vazão de referência de 0,3 L/s.

Vale observar que, ainda segundo GONÇALVES (1997), a partir deste modelo e de modelos probabilísticos baseados em *Hunter*, foi desenvolvido “um modelo ‘aberto’ para determinação das demandas de água em sistemas prediais, e que pudesse representar as condições reais de cada situação de projeto. Assim, o modelo formulado é de caráter probabilístico, correlacionando as variáveis intervenientes, e que permite a introdução das variáveis de cada projeto, conforme apresentado na tese de doutorado e no trabalho *Vazões de Projeto em Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria – Modelo Probabilístico*, 1987”.

- **Dimensionamento por categoria de consumo, em função das tipologias ocupacional e construtiva**

Consiste na estimativa ou determinação do consumo mensal do edifício e na escolha do hidrômetro compatível. A estimativa é realizada em função das tipologias de uso e construtiva do edifício. Para um determinado edifício adota-se um indicador de consumo específico (encontrado em livros, tabelas e manuais de projetistas de sistemas hidráulicos prediais) e multiplica-se este valor unitário pelo quantitativo existente na edificação. Entrando-se com o valor de consumo mensal resultante em tabelas dos fabricantes de hidrômetros, encontra-se o medidor compatível.

Este dimensionamento pode induzir ao erro na escolha do hidrômetro especialmente nos casos em que há uma não uniformidade muito grande no regime de vazões.

Podem ser citados como exemplos, equipamento de grande vazão de água, de funcionamento intermitente ou esporádico e com abastecimento direto; ou uso simultâneo de várias peças de utilização.

Outro aspecto negativo deste método é a não consideração de todas as categorias de usuários e da variação de seus hábitos em função de aspectos culturais, clima, tarifas, etc.

- **Dimensionamento por levantamento direto do perfil de consumo**

Consiste na determinação dos valores de vazão realizada ao longo do tempo de forma ininterrupta ou com frequência de aquisição elevada. Este levantamento é realizado com a adoção de registradores de dados de vazão (também conhecidos como *data loggers*) inseridos diretamente no ramal predial.

Para a utilização deste dimensionamento, pressupõe-se a existência da edificação. No caso de um edifício ainda não concluído ou totalmente ocupado, pode-se realizar o dimensionamento a partir do levantamento em um edifício similar, o que pode introduzir algum erro na seleção do hidrômetro.

Empregado num sistema existente, este método fornece com segurança a escolha do hidrômetro, tendo apenas como aspectos negativos os custos para o levantamento (equipamentos específicos e caros alocados durante muito tempo para um único levantamento; pessoal para instalação e remoção do equipamento e tratamento dos dados) e a necessidade de um intervalo de tempo suficientemente grande e representativo do perfil de consumo (por exemplo, duas semanas em condições normais de atividade do usuário). Devido aos custos, este método é utilizado somente para grandes consumidores pois, em função de seus consumos elevados, possíveis erros de dimensionamento acarretam em maiores prejuízos. Portanto, a melhor escolha do hidrômetro e conseqüente determinação mais precisa e confiável do consumo justifica a adoção deste método.

- **Redimensionamento.**

Por fim, o redimensionamento consiste na escolha de um novo hidrômetro de capacidade diferente da do existente, tendo como parâmetro o próprio desempenho do hidrômetro instalado. O redimensionamento é realizado quando houve erro ou muita dificuldade na determinação do hidrômetro ideal, ou ainda, mudança nas características de demanda do sistema consumidor.

Os métodos acima descritos geralmente são utilizados em conjunto e/ou com a adoção de dados adicionais, especialmente nos casos em não é possível a aplicação do método mais adequado por completo. Como exemplo, no caso da instalação de medidores de setorização num edifício existente, pode-se utilizar o dimensionamento por categoria de consumo complementado com os dados de consumo de todo edifício e com os dados dos subsistemas existentes (diâmetros de redes e consumo de equipamentos) para a seleção do medidor.

Para a seleção do hidrômetro, além dos aspectos técnicos já levantados, deve-se atentar para a questão da qualidade e padronização do medidor. Os medidores devem atender às exigências das normas vigentes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997 e 1999), em especial:

- NBR 8009/1997 – Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal – Terminologia;
- NBR 8194/1997 – Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal – Padronização;
- NBR NM 212/1999 – Medidores velocimétricos de água potável fria até 15 m³/h;
- NBR 14005/1997 – Medidor velocimétrico para água fria, de 15 m³/h até 1500 m³/h de vazão nominal.

Na aquisição de medidores deve-se preferencialmente exigir certificado de calibração e adequação às normas para aceitação, haja visto a impossibilidade de se realizar os ensaios e verificações próprios, como ocorre no caso das concessionárias de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário.

Os aspectos comerciais como preço dos medidores, fornecimento de assistência técnica e garantia, dos diversos fabricantes, complementam a relação pontos relevantes para a seleção de hidrômetros.

4.1.3.2 Manutenção e substituição dos hidrômetros

Para que os medidores possam cumprir a função que lhes foi atribuída, deve-se prever uma rotina de manutenção preventiva e corretiva.

No contexto da implantação da medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água, realizada pelo usuário (entidade cuja atividade principal não está ligada à fabricação de hidrômetros, utilização de medidores de forma intensiva, como em concessionária ou prestadora de serviços especializados em medidores), as rotinas de manutenção podem se resumir a elaboração de:

- Procedimento de limpeza, inspeção periódica, solicitação de manutenção externa e substituição de medidores;
- Cadastro de todos os medidores com fichas de identificação individual completa, para registro do histórico de ocorrências e rotinas de manutenção;
- Cadastro de fornecedores de hidrômetros e serviços associados, com registro dos atendimentos realizados;
- Relação de atividades com atribuição de responsabilidades;
- Designação e treinamento de equipe para o cumprimento destas atividades.

4.2 Sistemas de telemedição

Neste estudo figura como instrumento da gestão da demanda de água, não só a medição setorizada, mas também a telemedição, que permite a obtenção mais rápida e segura dos dados (quando comparada às leituras realizadas *in loco*), assim como a criação de novos parâmetros de controle (como curvas de vazão mínima). A telemedição representa, portanto, uma nova possibilidade para a gestão, mas não necessariamente substitui a leitura tradicional, visto que para sistemas de menor

porte e consumo, a leitura realizada *in loco* pode constituir um meio eficiente e econômico de se obter os dados.

Segundo a *AUTOMATIC METER READING ASSOCIATION – AMRA* (2001), organização voltada às questões de padronização, normatização e desenvolvimento de práticas de utilização de novas tecnologias para medição, a telemedição é entendida como a tecnologia da automatização da medição e da transmissão de dados de fontes remotas para estações de recebimento, onde os dados sofrem processamento, análise, arquivamento e podem ser aplicados. Tecnologias de comunicação de telefonia, radiofrequência, rede de energia elétrica (conhecida como *power line carrier*) e satélite são as indicadas pela *AMRA* para a realização da leitura automática dos medidores, ou seja, para a coleta remota de dados de consumo de utilidades (água, energia elétrica e gás).

ROZAS (2002) afirma que o conceito de telemedição surgiu há muito tempo, no século XIX, mas somente recentemente, com o desenvolvimento tecnológico na área da eletrônica e da informática e com a redução dos custos dos equipamentos concomitantemente com o aumento de custos da leitura tradicional dos medidores, é que a telemedição efetivamente surgiu.

No início, o seu emprego foi direcionado às atividades industriais para a realização de medição e de controle de diversos processos, onde sensores e medidores forneciam dados como temperatura, massa, pressão e fluxo aos sistemas controladores. Com a sua difusão e desenvolvimento na área industrial, e com o surgimento de sistemas mais acessíveis, naturalmente a possibilidade de utilização da telemedição nos setores comercial e residencial tornou-se evidente. Nestes, a medição de insumos prediais como o suprimento de água, de energia elétrica e de gás combustível (natural e GLP, por exemplo), poderia ser feita de forma remota.

Neste contexto, várias iniciativas surgiram e desenvolveram-se na última década, de estudos de casos a aplicações em larga escala, envolvendo fabricantes de medidores,

administradores públicos, organizações de pesquisa e de regulamentação e, principalmente, prestadores de serviços da área de energia e água.

Conforme o estudo *International AMR Deployments* (METERING INTERNATIONAL, 2002), existem no mundo cerca de 45 milhões de medidores de insumos prediais instalados que contam com algum dispositivo de leitura remota. Deste total, aproximadamente 93% dos medidores estão na América do Norte, 3,5% na Ásia e 2,5% na Europa; sendo 45% de energia elétrica, 40% de gás e os 15% restantes de água. As Figuras 4.2.1 a 4.2.3 apresentam dados adicionais da distribuição dos medidores.

Fonte: Elaborado a partir de METERING INTERNATIONAL (2002)

Figura 4.2.1 – Distribuição dos medidores com leitura remota por continente

Fonte: Elaborado a partir de METERING INTERNATIONAL (2002)

Figura 4.2.2 – Distribuição dos medidores com leitura remota implantados no mundo entre os principais tipos de insumos prediais

Figura 4.2.3 – Distribuição dos medidores com leitura remota implantados no mundo em 2001 por tipo de insumo predial

Estes números são justificados pelo processo histórico que se iniciou no começo dos anos 90 nos Estados Unidos da América (EUA), quando diversas concessionárias – principalmente dos setores de energia elétrica e de gás – instalaram os primeiros sistemas de leitura automática de medidores (*AMR*, do inglês *automatic meter reading*), buscando uma maior eficiência operacional, redução dos custos e dados sobre o comportamento dos usuários em um mercado cada vez mais competitivo em que o uso adequado da informação pode aprimorar a qualidade de prestação dos serviços (METERING INTERNATIONAL, 2002).

Outro aspecto relevante, que justifica o maior emprego da telemedição nos EUA em relação aos demais países, é o processo de desregulamentação da economia ocorrido em todo o mundo nos setores de eletricidade, energia, água e telecomunicações que se iniciou quando as primeiras experiências dos americanos já tinham sido implantadas. O processo de desregulamentação provocou uma série de profundas transformações em estruturas tradicionais trazendo as privatizações, a livre-concorrência e a busca por eficiência ao cenário atual. Em uma conjuntura de grandes transformações, os investimentos para a implantação de sistemas *AMR* não foram viabilizados visto os altos custos envolvidos e a falta de maturidade acerca de

toda a questão (escolhas entre as tecnologias disponíveis e em desenvolvimento, benefícios técnicos e econômicos, etc.).

Entretanto, com o sucesso verificado nos casos, com a percepção do potencial da telemedição como poderosa ferramenta de gestão, e com o início da consolidação do cenário nos setores energético e de saneamento, as aplicações de telemedição começaram a se desenvolver na Ásia e na Europa nos últimos anos.

Os benefícios alcançados têm incentivado o emprego da medição remota de forma que a taxa de implantação da telemedição tem crescido ano a ano.

Com relação aos benefícios da telemedição de insumos prediais, conforme comprovam as iniciativas realizadas, pode ser citado o fornecimento de informações aos diferentes níveis de usuários, sejam eles a concessionária pública, os administradores dos sistemas prediais (administradora externa, setor de manutenção, gerente de facilidades, síndico, etc.) ou os usuários finais. Estes usuários obtêm do sistema de telemedição informações que atendem a diferentes finalidades e permitem criar ou aprimorar rotinas, de forma a economizar insumos e a reduzir gastos.

Uma concessionária pública pode utilizar a telemedição para reduzir seus custos de leitura referentes a pessoal, tempo de leitura, confiabilidade da medição, processamento e bilhetagem; aumentar a eficiência operacional e na tomada de decisões; adquirir informações qualificadas acerca do padrão de consumo e da curva de demanda dos consumidores, especialmente em épocas de restrição ao consumo e em campanhas de racionalização do uso; aprimorar o atendimento ao usuário, agregando-se os dados provenientes da telemedição a sistemas de informação sobre clientes (*Customer Information System – CIS*) como ferramenta de gerenciamento do relacionamento (*Customer Relationship Management – CRM*).

Os administradores dos sistemas prediais podem utilizar sistemas de telemedição – que normalmente agregam outros recursos – para acompanhar o consumo de insumos e verificar a ocorrência de anomalias como vazamentos de água e gás, desequilíbrio

de cargas nas fases da distribuição de energia elétrica e consumo excessivo. O emprego da telemedição pode trazer uma redução no consumo do insumo, economia de recursos financeiros, eficiência e segurança no uso, minimização dos prejuízos quando da falha dos sistemas, entre outros benefícios. Estes sistemas de telemedição são muito encontrados em centrais de supervisão e controle de facilidades em complexos como clubes, hospitais, condomínios comerciais, hotéis e empresas diversas, além de indústrias.

Os usuários finais podem, com a disponibilização de dados qualitativa e quantitativamente melhores por parte das concessionárias públicas e dos administradores, economizar recursos, conhecer o seu próprio uso e adquirir maior confiança nas leituras e nos serviços prestados pelas concessionárias. Em casos de condomínios nos quais a leitura possa ser individualizada, há um incentivo às práticas de conservação (YAMADA, 2001).

Estes são apenas alguns dos possíveis benefícios trazidos com a implantação da telemedição, em um conceito mais amplo, com a adoção de novos recursos e a integração a outros sistemas. Aspectos diversos como a contribuição indireta para o desenvolvimento sustentável (redução no consumo de insumos, minimização de resíduos e poluentes, etc.); a maior precisão obtida com a instalação de equipamentos novos em substituição aos existentes, com parte da vida útil já esgotada; e a redução de fraudes, também não devem ser esquecidos.

Um sistema genérico de telemedição é composto, segundo ROZAS (2002), por:

- Unidade de Medição e Leitura;
- Unidade de Interface de Medidores;
- Rede de Comunicação;
- Central de Gerenciamento.

Todos os elementos do sistema são obrigatórios, podendo ou não estar integrados em um mesmo equipamento ou invólucro, e esta seqüência deve ser rigorosamente

obedecida, não havendo troca de informações entre elementos não consecutivos da sequência.

4.2.1 Unidade de Medição e Leitura

Por Unidade de Medição e Leitura, entende-se o medidor propriamente dito, que transforma a grandeza física consumida (volume, fluxo, etc.) em valores contabilizáveis e armazenáveis (expressos em m^3 , Nm^3 , kWh, etc.). Nos medidores convencionais de água, energia elétrica e gás combustível, utilizados nos sistemas prediais, a medição é realizada através de um dispositivo mecânico ou eletromecânico que se movimenta proporcionalmente com a intensidade do fluxo de consumo. Este dispositivo, acoplado a um trem de engrenagens, promove a revolução de um cilindro contador, no qual estão grafados os dígitos que fornecem a leitura (totalização do consumo).

A adequação básica dos medidores tradicionais à telemedição é realizada com a simples introdução de dispositivos contadores do tipo emissor-receptor. Normalmente, pequenos componentes magnéticos ou foto-reflexivos são acoplados à parte móvel enquanto os receptores são afixados no interior do invólucro do medidor. A Figura 4.2.1.1 exemplifica estes dispositivos.

Os receptores ópticos e/ou magnéticos são excitados quando a turbina, disco ou cilindro promove uma revolução (ou uma fração de revolução) e aproxima os componentes dos sensores. Os pulsos eletromagnéticos ativam os sensores que enviam um sinal para um circuito eletrônico. Por sua vez, o circuito eletrônico pode enviar pulsos elétricos para coletores externos, no caso de medidores com saída de sinal pulsada. Através do estabelecimento de uma relação pulso-volume ou pulso-energia e da contagem do número de pulsos, obtém-se a totalização do consumo (em m^3 , Nm^3 ou kWh). Relacionando-se esta informação com o tempo, pode-se dispor de dados de fluxo de água, gás ou energia (vazão ou corrente).

Figura 4.2.1.1 – Hidrômetro convencional com saída pulsada de sinal: (a) sensores ópticos e magnéticos, (b) detalhe da relojoaria, (c) hidrômetro

Medidores eletrônicos, mais modernos, possuem um circuito eletrônico que além de receber a sequência de pulsos, processa esta informação, convertendo-a em totalização e outras facilidades e informações como fluxo instantâneo, medição de energia ativa e reativa, fator de potência, demanda máxima, integridade do medidor e data. A saída de sinais de medidores eletrônicos para o sistema de telemedição pode ser pulsada, eletrônica analógica ou digital (através de protocolo de comunicação específico).

4.2.2 Unidade de Interface de Medidores

A Unidade de Interface de Medidores, conhecida como *MIU* (do inglês *Meter Interface Unit*) é a responsável pela comunicação entre o medidor e a rede de comunicação. Esta unidade apropria-se dos dados fornecidos pelo medidor e converte-os de forma adequada para transporte pela rede de comunicação até à central de gerenciamento. Portanto, pode-se dizer que a *MIU* é uma unidade dotada

de entrada e de saída de sinais, sendo que a conversão dos dados é feita por circuitos eletrônicos.

A *MIU* pode estar localizada em diversos pontos do sistema de telemedição: no próprio medidor; próximo a este, no mesmo abrigo; ou distante a alguns metros, em outra sala, mas na mesma edificação.

No primeiro caso, a interface de comunicação situa-se integrada ao medidor, onde o circuito eletrônico recebe o pulso elétrico, processa-o (em totalização, fluxo, etc.) e converte-o em sinais eletrônicos analógicos (por exemplo, 4-20 mA, de telefone, etc.) ou digitais protocolados. Esta comunicação é efetuada diretamente do conjunto medidor-*MIU* à rede de comunicação ou à outra *MIU* central por meio de barramento de campo, rede de telefonia (via *modem* ou telefonia celular), ou radiofrequência.

Quando a *MIU* é externa ao medidor, mas próxima a ele, há a aquisição de dados provenientes do medidor através de uma porta de comunicação da interface pela qual se contabilizam e processam os sinais, geralmente pulsados. Novamente, como no caso anterior, os circuitos eletrônicos promovem a conversão dos sinais de entrada para a forma adequada para trafegar pela rede de comunicação até a central de gerenciamento, de acordo com a modalidade de transmissão de dados escolhida. Este tipo de *MIU* deve apresentar como requisitos básicos: a compatibilidade com o medidor e com o meio de comunicação, e resistência mecânica e às intempéries. Para estes dispositivos deve ser prevista também a alimentação de energia. Algumas interfaces de comunicação possuem uma memória de armazenamento de dados, de forma que a comunicação com a central de gerenciamento pode ser realizada de forma descontínua, sem utilizar a rede de comunicação o tempo todo.

As interfaces de medidores localizadas a certa distância dos pontos de medição são muito utilizadas para a leitura de diversos medidores com saída pulsada, como no caso de condomínios de edifícios, e dispõem de entradas múltiplas de sinal. Estas unidades geralmente encontram-se instaladas em local mais abrigado que as interfaces próximas aos medidores, em uma sala. Esta solução, quando aplicável, tem

se mostrado interessante pela utilização de medidores mais simples e baratos além de poucas unidades de interface, instaladas abrigadas e com fornecimento de energia facilmente disponível.

4.2.3 Rede de Comunicação

A rede de comunicação de um sistema de leitura automática de medidores corresponde ao meio de transmissão dos dados dos medidores (e unidades de interface de medidores) à central de gerenciamento.

ROZAS (2002) indica como meios de transmissão usados para medição remota de medidores de insumos prediais: radiofrequência, *power line carrier*, rede pública de telefonia fixa e móvel, TV a cabo, satélite, barramento de campo e sistemas híbridos. A distribuição dos medidores por estas tecnologias é apresentada na Figura 4.2.3.1.

Fonte: Elaborado a partir de METERING INTERNATIONAL (2002)

Figura 4.2.3.1 – Distribuição dos medidores com leitura remota implantados no mundo por tecnologia de comunicação

- **Radiofrequência**

Sistemas de comunicação por radiofrequência (RF) são os mais usuais na leitura automática de medidores, principalmente nos Estados Unidos.

A diversidade de sistemas baseados em RF vem da própria evolução histórica das tecnologias empregadas. Os primeiros sistemas, ainda utilizados, baseavam-se em leitores móveis portáteis com os quais os leituristas, ao longo de um percurso realizado à pé, estabeleciam uma comunicação com cada medidor e registravam as leituras no próprio equipamento. Esses sistemas permitiram que medidores de difícil acesso ou leitura fossem lidos com maior facilidade e regularidade.

Diferentemente do Brasil, onde os medidores de água estão instalados em cavaletes e em abrigos externos, muitos medidores são instalados em poços ou abrigados junto às edificações. Isto, se por um lado oferece uma maior proteção para o hidrômetro principalmente contra o congelamento e baixas temperaturas, por outro lado dificulta o acesso e a leitura convencional do medidor. Para superar estas e outras dificuldades, passou-se a utilizar sistemas de leitura via radiofrequência. Os outros medidores, de energia elétrica e de gás, usualmente instalados no interior das propriedades e edificações dos usuários, também apresentam dificuldades para leitura, justificando o sistema via RF.

Com a evolução das tecnologias de comunicação, em termos de velocidade, capacidade de transmissão e recepção de sinais em diversas condições, etc., passou-se a utilizar este sistema com coletores instalados em veículos ou fixos em postes e antenas, ampliando-se a capacidade de realizar leituras e a produtividade. Hoje, é usual a comunicação via radiofrequência adotar uma estrutura composta por medidores dotados de transmissores e receptores de RF de baixa potência, concentradores primários situados próximos a grupos de medidores e fixados em estruturas (ou instalados em veículos), e concentradores secundários que abrangem um conjunto de concentradores primários e estão ligados à central de gerenciamento. Nesta, um servidor gerencia toda a rede e processa, armazena e aplica os dados.

Uma das maiores vantagens de sistemas RF é todo o sistema de comunicação estar sob propriedade da entidade usuária da rede e dos dados, não necessitando compartilhar a rede com outros usuários ou seguir as determinações da proprietária da mesma, permitindo liberdade em seu uso e administração.

- ***Power line carrier***

Sistemas que utilizam a própria rede de transmissão e distribuição de energia elétrica são conhecidos por sistemas *power line carrier (PLC)*. O conceito desta opção baseia-se na utilização de um meio físico já existente, com presença universal e que dispense grandes investimentos em infra-estrutura. Eles foram concebidos originalmente para leitura de medidores de energia elétrica, o que justifica o seu maior emprego para a medição deste insumo (pois o meio de comunicação já está ligado ao medidor).

A utilização de sistemas *PLC* vem crescendo muito ultimamente com a superação das restrições técnicas anteriormente existentes e o uso de dispositivos de baixo custo. Os sinais normalmente utilizados para a comunicação de dados em meio metálico sofrem muita interferência eletromagnética e impedância em uma rede ramificada e “ruidosa”, dotada de dispositivos como capacitores e transformadores. A solução encontrada foi a utilização de frequências de comunicação mais baixas (da ordem de centenas de hertz ao invés de cerca de 100 kHz), com reduzida velocidade de transmissão de dados, em bandas extremamente estreitas e a baixa potência, o que permite apenas a comunicação de poucos dados, embora suficientes para a leitura dos medidores. Hoje, a maioria dos novos sistemas de telemedição de medidores no mundo tem utilizado esta tecnologia.

- **Rede pública de telefonia e TV a cabo**

A rede pública de telefonia fixa também é utilizada como rede de comunicação do sistema de telemedição. Neste caso, algumas adaptações devem ser realizadas para permitir a comunicação entre o medidor e a central de gerenciamento sem interferir negativamente no serviço telefônico existente. No sistema telefônico convencional, existem dois sistemas principais conhecidos como *outbound* e *inbound*.

No sistema *outbound*, o equipamento responsável pelo recebimento de dados na central de gerenciamento conecta-se à unidade de interface de medidores do cliente

através de um *modem* acoplado a uma linha telefônica convencional. Essa comunicação, iniciada pela central, é programada para ser realizada no período noturno ou de madrugada quando a probabilidade de uso do aparelho telefônico é menor. Caso a linha esteja sendo utilizada, uma verificação é realizada pelo sistema sem que se interrompa a ligação telefônica e uma nova tentativa de comunicação com a *MIU* é realizada após alguns minutos. Cada ciclo de comunicação dura cerca de 5 segundos. Uma exigência é a necessidade da instalação de equipamentos específicos nas duas pontas da comunicação. A central de gerenciamento deve dispor de recursos e estrutura típicos de centrais telefônicas, visto o número elevado de clientes, aparelhos e sistemas de suporte necessários. Há uma necessidade de aproximação e de integração com a companhia telefônica, de forma que se possa oferecer um serviço confiável, estruturado e a baixo custo. Em muitos casos, a aquisição de dados é realizada pela própria companhia telefônica, que assume este serviço de telemedição ou transmite os dados por outros meios aos interessados na prestação de serviços.

No sistema *inbound*, a comunicação também é realizada utilizando-se a linha telefônica convencional e um *modem*, mas no sentido cliente-central de gerenciamento. Desta forma, a unidade de interface de medidores do cliente é a responsável pelo estabelecimento da comunicação. Conseqüentemente, a *MIU* não necessita estar ligada permanentemente à espera de uma chamada da central, mas somente quando for realizar a chamada de acordo com a programação horária. Esta solução acarreta num menor consumo de energia, o que possibilita a utilização de interfaces alimentadas por baterias.

Ambos os sistemas apresentam a vantagem de utilizar o sistema telefônico já existente, necessitando apenas de um *modem* integrado à *MIU* e de um dispositivo chaveador de chamadas (para telefones ou para a *MIU*). Uma desvantagem é a necessidade de uma linha telefônica convencional e a dependência do funcionamento adequado do sistema telefônico.

Considerando ainda a rede de telefonia fixa, há a possibilidade de utilização de sistemas digitais sobre o meio físico existente. As tecnologias *Integrated System Digital Network – ISDN* (Rede Digital de Sistemas Integrados, em português) e *Asymmetric Digital Subscriber Line – ADSL* (Linha Digital Assimétrica do Assinante) apresentam as vantagens de permitirem comunicação simultânea de voz e dados em maiores velocidades, utilizando protocolos digitais de comunicação padronizados (*TCP/IP*, por exemplo). As maiores desvantagens são: a necessidade de uso de dispositivos multiplexadores em ambas as extremidades da rede, a necessidade de meio físico confiável e de alta qualidade (baixa atenuação e diafonia), e os maiores custos envolvidos, o que justifica uma utilização restrita destas alternativas. Estas tecnologias, desenvolvidas basicamente para aplicações de *Internet*, têm sido raramente empregadas para a telemedicação.

Analogamente às tecnologias *ISDN* e *ADSL*, o sistema via TV a cabo é uma alternativa que apresenta basicamente as mesmas vantagens e desvantagens, o que justifica sua pequena utilização para telemedicação de insumos prediais.

Atualmente, uma tecnologia de comunicação por telefonia disponível é a de sistema móvel celular (SMC) com a utilização da infra-estrutura das operadoras de telefonia. Nesta solução, a comunicação dos medidores com a central de gerenciamento utiliza os canais tradicionais de telefonia celular ou os canais específicos para transmissão de dados dentro da banda de frequência celular. Um padrão de comunicação disponível na cidade de São Paulo, é o *Cellular Digital Packet Data – CDPD* que transmite dados digitais por pacotes nos tempos ociosos de um canal do sistema celular analógico (*Advanced Mobile Phone System – AMPS*), a uma velocidade de até 19200 bps (BCP, 2002). Como os canais de comunicação permanecem disponíveis e a tarifação é baseada numa assinatura mensal e em função do volume de dados trafegados neste período (e não em tempo de uso como na telefonia convencional), esta modalidade tem se tornado muito interessante pois o volume de dados coletados de cada medidor é extremamente baixo e a leitura pode ser realizada em tempo real.

- **Satélite**

A comunicação via satélite tornou-se mais viável com o uso de satélites de baixa órbita. Estes satélites, devido à proximidade com a Terra, possibilitam a comunicação direta com os medidores e outros dispositivos, dispensando a utilização de grandes antenas e de maiores potências. A grande vantagem de sistemas de comunicação via satélite é a abrangência praticamente irrestrita. Mas, devido aos custos ainda elevados e à dependência do serviço das empresas proprietárias dos satélites, esta opção apresenta-se limitada, como em medidores de energia elétrica instalados em linhas de transmissão.

- **Barramento de campo**

O barramento de campo (BC), ou *field-bus*, consiste em uma rede física, de fios e cabos interconectados, que abrange todos os medidores instalados em uma certa região. Esta rede apresenta uma topologia ramificada em que todos os nós (medidores) recebem a mesma informação em um mesmo instante. A topologia tem como característica a extrema simplicidade das ligações, sendo que mais nós podem ser adicionados à rede pela simples extensão da mesma.

Outras particularidades desta solução são: a estabilidade da rede quando há a falha de um nó; a degradação da qualidade da comunicação quando adicionados novos pontos (problema controlado com a utilização de regeneradores de sinais); o comprometimento da comunicação quando há degradação de um segmento da rede; e a necessidade dos medidores serem endereçados, já que estes compartilham a mesma rede – o que acarreta em ciclos de leitura e na limitação da quantidade de medidores e de dados transmitidos.

As maiores dificuldades residem nos custos de instalação de um meio físico dedicado e nos problemas técnicos por muitas vezes encontrados (interferências físicas e operacionais com outros sistemas e construções). Portanto, esta é uma solução de abrangência restrita, sendo indicada para locais específicos como condomínios

comerciais, indústrias, condomínios residenciais horizontais e *campi* universitários (como no caso da Universidade de São Paulo).

- **Sistemas híbridos**

Sistemas híbridos (ou mistos) que utilizam duas ou mais tecnologias de comunicação são comuns, integrando barramento de campo e rede de telefonia ou radiofrequência, por exemplo, conjugando as vantagens de cada um deles.

As principais tecnologias adotadas para as redes de comunicação, com suas vantagens e desvantagens, são apresentadas na Tabela 4.2.3.1.

Tabela 4.2.3.1 – Características principais das tecnologias de comunicação

<i>Tecnologia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Radiofrequência</i>	<i>Leitores móveis</i> <ul style="list-style-type: none"> - Grande abrangência (uso em regiões densamente ocupadas); - Diversas aplicações (especialmente em água e gás); - Baixo custo operacional; - Dispensa uso de meio físico; - Não necessita da infra-estrutura de transmissão das empresas de telecomunicação e instalações fixas (receptores e transmissores em postes e antenas); - Tecnologia mais difundida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado de implantação (medidores com transmissores RF); - Sujeito à disponibilidade de banda para comunicação; - Custo para utilização da banda; - Necessita pessoal e veículos para a leitura.
	<i>Leitores fixos</i> <ul style="list-style-type: none"> - Grande abrangência (uso em regiões densamente ocupadas); - Diversas aplicações (especialmente em água e gás); - Baixo custo operacional; - Dispensa uso de meio físico; - Não necessita da infra-estrutura de transmissão das empresas de telecomunicação; - Tecnologia mais difundida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado de implantação (medidores com transmissores RF, concentradores instalados em postes e antenas); - Sujeito à disponibilidade de banda para comunicação; - Custo para utilização da banda.

Tabela 4.2.3.1 – Características principais das tecnologias de comunicação (continuação)

<i>Tecnologia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Power line carrier</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Grande abrangência (maior que sistemas de telefonia, uso em regiões urbanas ou rurais); - Utiliza a própria rede de distribuição de energia elétrica (dispensa altos investimento em infra-estrutura); - Baixo custo operacional; - Tecnologia de uso crescente no mundo (especialmente em energia elétrica). 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita uso de dispositivos específicos em transformadores; - Apresenta restrições técnicas (limitação de velocidade e de frequência para tráfego de dados em meio ruidoso).
<i>Rede de telefonia</i>	<i>Outbound</i> <ul style="list-style-type: none"> - Grande abrangência: mesma da telefonia fixa (diversos tipos de usuários, uso em regiões urbanas ou rurais); - Baixo custo de implantação e operação (utilização da rede da telefonia fixa já existente, adoção de equipamentos de baixo custo para comunicação); - Fácil implantação; - Permite leitura conforme a necessidade da central. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de linha telefônica com serviço confiável (dependência da telefonia); - Uso não simultâneo com telefone (comutador de chamadas); - Necessidade de equipamentos específicos tanto na central quanto no cliente; - Alimentação externa (interface sempre ligada).
	<i>Inbound</i> <ul style="list-style-type: none"> - Grande abrangência: mesma da telefonia fixa (diversos tipos de usuários, uso em regiões urbanas ou rurais); - Baixo custo de implantação e operação (utilização da rede da telefonia fixa já existente, adoção de equipamentos de baixo custo para comunicação); - Fácil implantação; - Alimentação com bateria é possível (interface não necessita estar sempre <i>on-line</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de linha telefônica com serviço confiável (dependência da telefonia); - Uso não simultâneo com telefone (comutador de chamadas); - Necessidade de equipamentos específicos tanto na central quanto no cliente.
	<i>IDSN/ADSL</i> <ul style="list-style-type: none"> - Comunicação simultânea de voz e dados é possível; - Agrega-se valor a linhas <i>IDSN/ADSL</i> já existentes para transmissão de dados (acesso à <i>Internet</i>, p.ex.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Abrangência restrita: necessidade de linha telefônica digital de boa qualidade e específica para transmissão de dados; - Dependência da infra-estrutura e do serviço da telefonia (preços, confiabilidade, etc.); - Custos mais elevados para a implantação (dispositivos multiplexadores); - Tecnologia muito pouco difundida.

Tabela 4.2.3.1 – Características principais das tecnologias de comunicação (continuação)

<i>Tecnologia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Rede de telefonia</i> <i>Celular</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Grande abrangência (área de concessão das operadoras); - Baixo custo operacional (emprego da infra-estrutura ociosa das operadoras de telefonia celular); - Dispensa uso de rede física; - Alta capacidade de transmissão de dados (leitura em tempo real); - Tecnologia emergente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado de implantação (medidores com transmissores RF celular); - Dependência da infra-estrutura e do serviço da operadora (preços, cobertura, confiabilidade, etc.).
<i>TV a cabo</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Uso simultâneo com TV é possível; - Agrega-se valor a rede de TV a cabo já existente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Abrangência restrita: limitada em função da existência de TV a cabo; - Dependência da infra-estrutura e do serviço da operadora de TV a cabo (preços, confiabilidade, etc.); - Custos mais elevados para a implantação (dispositivos multiplexadores); - Tecnologia muito pouco difundida.
<i>Satélite</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Abrangência praticamente irrestrita; - Várias aplicações (medição também em linhas de transmissão e distribuição); - Tecnologia emergente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado de implantação e operação; - Dependência da infra-estrutura e do serviço de provedores do serviço de comunicação via satélite (preços, confiabilidade, etc.); - Emprego ainda justificável apenas em condições especiais.
<i>Barramento de campo</i> <i>Convencional (pulsado ou analógico)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Custos de implantação e operação baixos (medidores e sistemas mais simples, facilidade de implantação); - Possibilidade de integração a sistemas híbridos; - Recomendável para aplicações de abrangência local; - Não necessita da infra-estrutura de transmissão das empresas de telecomunicação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Abrangência reduzida (interna às edificações, necessidade de uso de concentradores próximos aos medidores); - Obtenção apenas de dados de incremento das leituras (dados pobres, sistema necessita operação <i>on-line</i> permanente); - Necessidade de rede física dedicada.

Tabela 4.2.3.1 – Características principais das tecnologias de comunicação (continuação)

<i>Tecnologia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Barramento de campo</i> <i>Eletrônica Digital</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Medidores e sistemas mais sofisticados (maior quantidade e qualidade das informações); - Rede física de simples execução; - Possibilidade de integração a sistemas híbridos; - Recomendável para aplicações de abrangência local; - Não necessita da infra-estrutura de transmissão das empresas de telecomunicação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Abrangência restrita quando comparada a outras soluções (condomínios, indústrias, <i>campi</i> universitários); - Maior custo de implantação que sistema convencional (medidores, rede e equipamentos); - Limitação do número de medidores (leituras realizadas por ciclos); - Necessidade de rede física dedicada.
<i>Sistemas híbridos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Potencializa os benefícios de cada tecnologia adotada (em sistemas de grande porte tendem a ser a solução técnica e economicamente mais atrativa). 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da complexidade do sistema de telemedição; - Traz as desvantagens dos sistemas que emprega.

4.2.4 Central de Gerenciamento

A Central de Gerenciamento é a responsável pelo recebimento, processamento, armazenamento e aplicação dos dados dos diversos medidores. Esta central pode ser local (para fins particulares como na auto-gestão em condomínios) ou remota e gerenciada por uma concessionária de serviços públicos de fornecimento de água, energia elétrica ou gás. Como alternativa à central gerenciada pela concessionária, prestadores de serviços de gestão das contas e do relacionamento cliente-concessionária podem assumir o papel de intermediário neste processo, desempenhando funções de suporte ao departamento comercial das empresas, sendo os responsáveis pela manutenção da operação do sistema de telemedição, administração do banco de dados dos clientes, disponibilização de acesso aos dados (inclusive via *Internet*), implantação de um sistema de emissão de contas e cobrança e gestão da informação coletada, entre outras atribuições.

4.3 O emprego da telemedição de medidores de insumos prediais

O emprego da telemedição de medidores de insumos prediais no país de forma mais intensa é recente, notadamente na última década, constituído em função de uma nova conjuntura marcada pela política de privatização de companhias estatais, a busca por maior eficiência na prestação de serviços – decorrente das exigências das agências nacionais de regulamentação e do mercado – e pelas novas possibilidades tecnológicas de telemedição impulsionadas com o desenvolvimento do setor de telecomunicações.

O cenário atual é caracterizado pela aplicação de diversas tecnologias em situações ainda específicas mas já com resultados concretos, como por exemplo, a medição em pontos da rede de distribuição com fins de gerenciamento e controle de processos para uso interno das empresas e das concessionárias, e a medição de grandes consumidores em condições especiais. Contudo, o emprego da telemedição ainda é incipiente face às potencialidades. O amadurecimento do setor passa desde pelo desenvolvimento dos sistemas de medição remota por parte dos fabricantes de medidores, a integração com sistemas de telefonia existentes e a formação de pessoal qualificado, até pela disseminação das vantagens dos sistemas para diversos níveis de usuários baseada em situações mais bem definidas e consolidadas.

A Tabela 4.3.1 relaciona alguns casos de emprego da telemedição de medidores de água no país e no mundo.

Tabela 4.3.1 – Aplicações da telemedição de hidrômetros

<i>Local</i>	<i>Sistema empregado</i>
Cleveland Heights, Ohio – EUA (1993)	RF com coletores móveis. Utilizado com múltiplas finalidades, especialmente melhoria do atendimento aos clientes.
Pontiac, Michigan – EUA (1996)	RF com coletores móveis instalados em veículos. Utilizado com fins de recuperação de faturamento, diminuição dos custos operacionais de leitura e da qualidade da informação.
Hospital das Clínicas, São Paulo – SP (1997)	BC com hidrômetros eletrônicos interligados a um microcomputador instalado na administração do complexo. Utilizado com fins de gestão do consumo de água.

Tabela 4.3.1 – Aplicações da telemedição de hidrômetros (continuação)

<i>Local</i>	<i>Sistema empregado</i>
Nansen S.A., Contagem – MG (1997)	BC com hidrômetros eletrônicos interligado a um microcomputador. Utilizado com fins de gestão do consumo de água de processos industriais. Perdas detectadas de 1m³/h.
SANEPAR, Caioabá – PR (1997)	BC com hidrômetros eletrônicos interligado a um microcomputador. Utilizado com fins de levantamento do perfil de consumo de uma escola. Aumento do faturamento da ordem de 300%.
USP, São Paulo – SP (1998)	BC com hidrômetros eletrônicos interligados a um computador central. Utilizado com fins de gestão do consumo de água de todo <i>campus</i> , em um programa de setorização da medição.
Washington Township, N.J. – EUA (1998)	Rede de telefonia fixa – sistema <i>outbound</i> . Utilizado com fins de recuperação do faturamento, melhoria do atendimento dos clientes e da qualidade das leituras.
Eules, Texas – EUA (1998)	RF com coletores móveis (portáteis e em veículos). Utilizado com fins de recuperação do faturamento e melhoria da qualidade das leituras.
Philadelphia Water Dept., EUA (1998)	RF e telefonia. 487 mil unidades. Medição terceirizada. Objetiva aprimorar serviços aos usuários.
UNICAMP, Campinas – SP (1999)	BC com hidrômetros eletrônicos interligados a um microcomputador instalado na administração do complexo. Utilizado com fins de gestão do consumo de água e de avaliação de práticas de economia aplicadas em diversos edifícios situados no <i>campus</i> .
CEAGESP, São Paulo – SP (1999)	BC com hidrômetros eletrônicos interligados a um microcomputador instalado na administração do complexo. Utilizado com fins de medição setorizada e instrumento de gestão do consumo de água e rateio das tarifas.
Oshkosh, Wisconsin – EUA (1999)	RF com coletores móveis (portáteis). Utilizado com fins de recuperação do faturamento e aumento da frequência de leituras.
Falls Church, Virginia – EUA (1999)	RF com coletores móveis (portáteis). Utilizado com fins de recuperação do faturamento, diminuição dos custos operacionais, melhoria do atendimento dos clientes e da qualidade das leituras.
Aurora, Colorado – EUA (2000)	RF com coletores móveis (portáteis e em veículos). Utilizado com fins de minimizar os custos operacionais em local de difícil leitura convencional. Redução dos custos de leitura de aproximadamente 83%.
Palácio dos Bandeirantes, São Paulo – SP (2002)	BC com hidrômetros eletrônicos interligados a um microcomputador instalado na administração do complexo. Utilizado com fins de medição setorizada e instrumento de gestão do consumo de água.
AGBAR, Espanha (2002)	RF fixo. Objetiva substituir leitura com coletores manuais e implantar um sistema fixo bidirecional.

Os casos citados ilustram a utilização de sistemas de leitura remota de medidores em diversas aplicações e tecnologias, com diferentes propósitos. A necessidade de uso de sistemas que forneçam melhores informações a um custo baixo, de forma rápida e com confiabilidade é evidente e inúmeras aplicações com resultados altamente

positivos são verificadas. As diversas tecnologias vêm sendo aprimoradas aumentando as possibilidades de utilização. Portanto, o conhecimento sobre as potencialidades de cada solução deve ser utilizado conforme os objetivos e abrangência de cada caso específico. Sob a ótica da utilização da telemedição associada a um projeto de medição setorizada da água em conjuntos de uma empresa ou entidade, sistemas *AMR* de baixo custo e de fácil operação, como os baseados em tecnologia de barramento de campo, devem ser preferidos. Neste contexto, numa aplicação de pequena escala, também os aspectos como confiabilidade, manutenção, capacidade de expansão e qualificação anterior ganham importância, visto que a implantação de um sistema de telemedição não pode gerar dificuldades excessivas a ponto de comprometer o desenvolvimento das atividades principais da entidade.

5 MEDIÇÃO SETORIZADA E GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

5.1 Medição setorizada

A medição setorizada, conforme exposto anteriormente, consiste na instalação de medidores em unidades que compõem um conjunto maior, dotado de um medidor principal, para que se possa medir o consumo individualmente de cada unidade e não apenas do conjunto. De modo geral, a medição setorizada caracteriza-se pela instalação de mais hidrômetros além dos medidores utilizados para tarifação pela concessionária.

Esta instalação é realizada com o intuito de se obter uma melhor informação a respeito do consumo de água, possibilitando a quantificação do consumo de uma determinada área, edifício ou equipamento.

A introdução da medição setorizada em uma entidade deve estar diretamente ligada aos objetivos a serem alcançados com a sua utilização. Para a determinação destes objetivos, um primeiro posicionamento claro sobre a importância da água para a entidade é fundamental: o que e quanto a água e o uso da água representam para as atividades desempenhadas e quais são os benefícios esperados com a obtenção da informação a respeito do consumo.

Entre os principais objetivos a serem alcançados com o uso da medição setorizada estão:

- Domínio do consumo de sistemas específicos, permitindo seu acompanhamento e controle;
- Economia de recursos financeiros e/ou do bem água, com a minimização dos danos causados pelas perdas e usos excessivos apontados pelo levantamento do perfil de consumo (vazamentos, por exemplo);
- Possibilidade de cobrança pela água consumida pelos usuários.

Para que a medição setorizada seja implementada, atendendo aos objetivos da entidade, é necessária a definição do nível de setorização a ser atingido e a realização de um planejamento para a sua implantação, considerando as atividades a serem realizadas e os recursos disponíveis, bem como as diretrizes específicas da implantação propriamente dita (construção dos abrigos, definição dos hidrômetros, instalação do sistema de medição, etc.).

5.1.1 Nível de setorização

A apresentação da setorização em níveis tem por objetivo facilitar a determinação da aplicação da medição setorizada em uma entidade, nos seus sistemas de suprimento de água (considerado a partir do ponto de medição até o ponto de utilização) e de equipamento sanitário, de forma a possibilitar o domínio dos dados de consumo onde a demanda de água possa ocorrer. Com a clara definição dos objetivos a serem alcançados com a medição setorizada, pode-se determinar o nível desejado e, então, conduzir as ações para sua realização neste nível.

A seguir, seis níveis de setorização de um sistema são apresentados, de modo a registrar pontos comuns a várias possibilidades de medição setorizada, elementares, porém muitas vezes desconsiderados. Deve-se atentar para o fato que a setorização, embora ocorra fisicamente nos subsistemas do sistema de suprimento de água, é realizada em função dos aspectos ocupacionais, funcionais e físicos dos sistemas prediais.

Adotou-se, numa escala crescente (do sistema maior ao subsistema equipamento):

- Entidade: abrange toda a infra-estrutura reunida em uma determinada área (seja uma empresa, indústria, universidade, condomínio, clube, etc.);
- Conjunto de edifícios: conjunto que compõe uma unidade da entidade e possui identidade em comum (segundo aspectos funcionais, administrativos, etc.);
- Edifício/Bloco: a edificação e as partes que eventualmente a compõe;
- Andar/Setor: subsistema da edificação;
- Ambiente: sala, sanitário, laboratório, cozinha, piscina, etc.;

- Equipamento: cada equipamento que consome água, podendo ser tanto um equipamento comum como um especial.

A adequação a esta escala genérica depende de cada caso, nem todos os níveis podem existir e alguns podem ser comuns (por exemplo, num grande edifício comercial composto por uma única torre, não existe a figura do conjunto de edifícios).

Na hipótese da atribuição de custos referentes ao consumo de água aos diferentes centros de custos de uma empresa, o nível das edificações pode ser o mais adequado, levando à instalação de um medidor por edifício; no caso da determinação do consumo de água do sistema de ar-condicionado de um *shopping center*, o nível dos equipamentos será o mais indicado; no caso da Universidade de São Paulo, com a implantação de uma gestão da demanda de água com o intuito de promover o uso racional da água, o nível mais adequado pode ser desde o das edificações até o dos equipamentos – em função da diversidade de sistemas e de usos.

A definição dos objetivos, então, é o fator preponderante para a determinação do nível de setorização. Entretanto, outras variáveis como as possibilidades tecnológicas disponíveis (dos sistemas a serem implantados), as situações e os sistemas existentes tem participação significativa na decisão.

Por situações e sistemas existentes, entende-se os aspectos:

- Físicos das construções e dos sistemas de suprimento de água e de equipamento
 - Concepção dos sistemas de suprimento de água fria: reservação, tipo de abastecimento, tipologia dos equipamentos, etc.;
 - Estado geral das instalações, idade dos componentes;
- Da utilização
 - Expressão do consumo por tipologia de uso, frequência e usuário;
 - Indicadores de consumo;

- Administrativos
 - Organização da entidade: centralização ou descentralização das responsabilidades em unidades independentes, existência de centros de custos, qualidade das equipes de manutenção;
 - Consciência, compromisso e cultura com relação à questão água presentes na entidade (em suas várias esferas): utilização efetiva das informações de consumo proporcionadas pela setorização.

5.1.2 Planejamento e implantação da setorização

Após a definição dos objetivos e da determinação do nível de setorização pretendido, faz-se necessária a elaboração de um planejamento para a implantação da medição setorizada.

Para a realização deste planejamento um levantamento de dados deve ser realizado a princípio, reunindo informações sobre os sistemas existentes (área da edificação; plantas de hidráulica – redes e reservatórios; equipamentos existentes), a ocupação (população), as atividades exercidas nas edificações e os dados de consumo disponíveis.

Com estas informações, pode-se estimar o consumo de água de cada área, a ser atendida a partir de seu medidor, assim como dimensionar o hidrômetro e o abrigo (adotando-se, por exemplo, as diretrizes apresentadas no Capítulo 4).

Para o dimensionamento dos medidores deve ser verificada sua capacidade de medição perante às diversas condições de funcionamento (variação das vazões) e instalação (posicionamento, acesso, etc.), sem comprometer significativamente o desempenho dos sistemas existentes (de suprimento de água fria e de equipamento sanitário).

Em função das necessidades, a adoção e escolha de um sistema de telemedicação dos dados de consumo devem ser consideradas neste momento, adequando-se a todas as condições anteriores (medidores e sistemas existentes).

Definidos os sistemas a serem implantados, uma situação ideal é obtida. A partir deste cenário, uma análise de custos e prazos para a implantação da setorização deve ser realizada, contemplando os quantitativos levantados e o planejamento do projeto de implantação (coordenação das atividades e logística para a execução).

A fase de implantação deve ser antecedida ainda por uma de definição das responsabilidades. Nesta fase determina-se o pessoal responsável pelo projeto, execução e gerenciamento das atividades, assim como pela coordenação das empresas subcontratadas (caso existam).

As atividades principais realizadas devem ser registradas e o cronograma inicialmente elaborado, atualizado periodicamente.

Pode-se realizar a setorização em fases sequenciais, sendo em cada uma contemplado um grupo de pontos de setorização. Dentro de uma fase, pode-se realizar a mesma atividade para todos os pontos (por exemplo, construção do abrigo) para depois passar às próximas atividades. Mas esta escolha depende não somente do trabalho envolvido e do tamanho das equipes disponíveis, como também da natureza de cada atividade.

É importante ressaltar que o refinamento das informações é necessário, voltando-se às variáveis já analisadas em primeira instância para a realização dos detalhamentos da setorização, para a elaboração dos projetos.

Entre as possíveis dificuldades a serem enfrentadas no processo de setorização merecem atenção:

- Técnicas: a localização e condições das redes podem não corresponder ao esperado, em função de cadastros desatualizados;

- Administrativas: falta de estrutura organizacional, de agilidade no andamento dos processos pertinentes e de comunicação entre os envolvidos;
- Econômicas e financeiras: custo elevado por ponto, em função das incertezas com relação aos sistemas existentes e seus estados de conservação.

São evidentes, ainda, alguns condicionantes para a implantação da setorização, como:

- O não comprometimento dos requisitos de desempenho dos sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário;
- As informações sobre o consumo devem ser geradas, obtidas, tratadas e utilizadas para se atingir os objetivos e, desta forma, um sistema de aquisição de dados e gerenciamento do consumo, planejado em conjunto com a setorização, deve ser considerado;
- Os prazos e os custos de implantação da medição setorizada devem ser justificáveis pelos valores de consumo e pela expectativa de benefícios alcançados (como a redução de perdas e o maior conhecimento sobre o consumo de água de um subsistema).

Uma perspectiva para o retorno do investimento é muito difícil de ser estabelecida visto que os maiores benefícios como a rápida eliminação de perdas e a otimização da distribuição da água só ocorrem quando da ocorrência de falhas nos sistemas ou dependem de aspectos indiretos como o nível de comprometimento das pessoas responsáveis pelos sistemas (administradores e pessoal da manutenção). Entretanto, os valores de custos levantados devem ser utilizados comparando-os com os custos de abastecimento de água de todo o complexo e com os custos das eventuais falhas nos sistemas (em função da probabilidade de ocorrência).

Em função dos custos e da disponibilidade de recursos, pode-se optar pela implantação de toda a medição setorizada objetivada ou limitar a implantação da mesma, restringindo-se aos pontos de maior importância.

5.2 Gestão da demanda de água – Utilização dos dados de consumo

A gestão da demanda implica na atuação sobre a demanda de água, tendo como objetivo o seu uso eficiente e a economia. A gestão da demanda extrapola o conceito de gestão do consumo: não se trata apenas de organizar os dados de consumo e levantar gráficos, ela exige que os dados sejam analisados e que haja uma retroalimentação do sistema. Esta pode ocorrer tanto na forma da correção de um vazamento como na revisão de um processo que utiliza água.

Os dados de consumo adquirem importância fundamental para a gestão, pois eles permitem o estabelecimento de padrões de consumo para determinadas condições de uso da água nos sistemas prediais (eficiente, perdulário, em função de sazonalidades, anômalo, etc.).

Estes dados podem ser obtidos através da utilização simples ou combinada de instrumentos como contas recebidas da concessionária (dados de mais fácil acesso, mas nem sempre seguros), medição realizada *in loco*, telemedição e setorização.

A obtenção destes dados de consumo e a de outros complementares permitem definir parâmetros de controle, como por exemplo indicadores de consumo (per *capita* e por área), e caracterizar a situação da utilização da água. O conhecimento dos padrões considerados normais de consumo para um dado sistema, em função do histórico registrado, permite a definição de parâmetros de controle – valores que servem de alarme para sinalizar situação de anormalidade.

Para situações de ocorrência destas, pode-se definir procedimentos de intervenção que busquem a recuperação da eficiência dos sistemas, cumprindo assim o ciclo da gestão da demanda.

5.2.1 Instrumentos de gestão da demanda

A contas emitidas pela concessionária constituem o instrumento mais simples de gestão da demanda. Para cada hidrômetro, elas fornecem a leitura atual, a leitura anterior, o consumo no período transcorrido entre as duas leituras (cerca de um mês), a média histórica de consumo da ligação, além dos valores de consumo dos últimos seis ou doze meses. A gestão da demanda, a partir deste instrumento, ocorre pela adoção de uma série de procedimentos mensais que vão além do arquivamento das contas pagas e a inserção do valor de consumo registrado num gráfico de consumo, devendo incluir a comparação deste novo dado com os anteriores (valores dos meses anteriores ou mesmo mês do ano anterior, por exemplo) e a atuação sobre o sistema caso necessário. Esta atuação pode incluir desde a pesquisa de um vazamento, até o estudo para a substituição de equipamentos ou alteração de procedimentos de modo a reduzir o consumo de água e/ou mantê-lo num padrão adequado.

Em função das contas disponibilizarem apenas um dado mensal (além de problemas quanto à sua confiabilidade) é indicado como instrumento da gestão a utilização de dados obtidos através de leituras realizadas *in loco* por pessoal da própria entidade. Desta forma pode-se, conforme os propósitos da gestão, definir as datas e periodicidade das leituras. Leituras mensais podem ser realizadas em hidrômetros de tarifação no mesmo dia de leitura da concessionária para comparação dos valores e conseqüente redução de pagamentos indevidos decorrentes de erros de leitura. Leituras diárias permitem o acompanhamento e o conhecimento do consumo médio diário em dias úteis e nos finais de semana e feriados. Com estas informações, podem ser criados parâmetros de controle confiáveis que permitam a detecção de uma anomalia em poucos dias e possibilitem o início de uma ação corretiva em menor tempo. Apresentam a vantagem de constituírem uma forma de aquisição de dados mais rápida e confiável (se comparada às contas), a um custo mais baixo (se comparada à telemedição e setorização).

Já as leituras realizadas via sistema de telemedição associadas a um sistema de gerenciamento de dados representam a forma de aquisição de dados mais completa e versátil. As principais vantagens da utilização de sistemas informatizados são:

- Leituras realizadas em tempo real e com uma frequência de aquisição alta (da ordem de alguns minutos de intervalo) de forma a possibilitar o levantamento do perfil de consumo;
- Levantamento de curvas de vazão de abastecimento que permitem a visualização dos picos de vazão, das vazões mínimas diárias, do consumo diário, etc;
- Utilização das curvas de vazão levantadas para a criação de parâmetros de controle (com sistemas de geração automática de alarmes), possibilitando uma rápida detecção de anomalia e início de ação corretiva.

Por fim, a medição setorizada como instrumento da gestão da demanda, permite a aquisição de uma maior quantidade de informação qualificada pela existência da correspondência de cada consumo medido com sua determinada região.

Assim, a adoção da setorização aliada a um sistema de telemedição, apesar das dificuldades técnicas, administrativas e econômicas/financeiras que possam ser verificadas, é recompensada por benefícios como:

- Melhor acompanhamento do consumo de um número grande de pontos simultaneamente (levantamento do perfil diário e vazões mínimas semanais);
- Detecção de anomalias como vazamentos com maior rapidez (via telemedição) e precisão em sua localização (via medição setorizada);
- Possibilidade de cobrança da água consumida pelos usuários.

A Figura 5.2.1.1 apresenta um esquema de utilização da medição setorizada, associada à telemedição para a aquisição de dados de consumo, no nível de Blocos, destacando suas vantagens.

Figura 5.2.1.1 – Esquema de medição setorizada associada à telemedição

5.2.2 Levantamento de dados

Além dos dados de consumo de água, que pressupõem o controle de informações como o cadastro das ligações de água, com a verificação do número de ligações, sua localização, os locais por elas abastecidos, e as características e condições de cada abrigo, cavalete e hidrômetro, há o levantamento de dados complementares. Estes incluem a área construída, população, equipamentos existentes que consomem água e as atividades exercidas nos edifícios, sendo utilizados para a elaboração de indicadores de consumo.

5.2.3 Parâmetros de controle

Pode-se considerar os dados de consumo (como as leituras de consumo mensal e o perfil de vazões) como parâmetros de controle diretamente obtidos, sendo originados do acompanhamento e controle direto dos consumos, obtidos através dos instrumentos anteriormente citados.

Gráficos obtidos de sistemas de telemedição de hidrômetros fornecem importantes informações, como:

- Picos de vazão: determinação dos picos máximos de vazão sob condições normais de abastecimento, picos anômalos em função da variação de pressão da rede pública de abastecimento, picos anômalos em função de vazamentos (rompimento do alimentador predial, mau funcionamento da válvula de bóia);
- Vazões mínimas: indicam a existência de vazamentos ou de consumo noturno (de equipamentos de uso contínuo, por exemplo), o crescimento das curvas de vazões mínimas indica a existência e o crescimento de vazamentos;
- Vazões nulas: falta de água ou sistema não utilizado no período.

A aquisição de dados de consumo sobre um grande número de ligações permite a percepção dos sistemas mais ineficientes e que necessitam de intervenção em primeiro lugar, maximizando o retorno dos investimentos.

Além dos parâmetros ditos diretamente obtidos, pode-se utilizar os parâmetros de controle indiretamente obtidos – aqueles que fazem uso dos dados obtidos diretamente e dos dados complementares levantados. Constituem os indicadores de consumo. Os mais empregados são o consumo mensal *per capita* ($\text{m}^3/\text{mês.pessoa}$) e o consumo mensal por área ($\text{m}^3/\text{mês.m}^2$). Outros parâmetros de aplicação mais restrita ainda são empregados em casos específicos como o consumo mensal por leito e o consumo mensal por equipamento. Entre os benefícios da adoção dos indicadores de consumo podem ser citados:

- Comparação entre situações que apresentam variação de mais de um dado. Por exemplo: o consumo *per capita* considera a flutuação do consumo e da população;
- Definição dos sistemas mais eficientes e os que necessitam de maior atenção;
- Possibilidade de extrapolação dos valores dos indicadores para cenários similares.

Sistemas de telemedição informatizados que dispõem de recursos de gestão possuem ferramentas que propiciam o cálculo automático dos indicadores e detectam a ocorrência de anomalias.

5.2.4 Procedimentos de intervenção

Para concluir o ciclo da gestão da demanda, deve-se contemplar também o estabelecimento de procedimentos e responsabilidades na ocorrência de anomalias.

Para o caso comum de vazamentos, procedimentos de aviso de sua ocorrência aos responsáveis pela correção e de retorno das informações sobre a execução devem ser elaborados. De forma análoga, a indicação da necessidade de reformas em redes hidráulicas em locais críticos, revisão de equipamentos, e outras, deve ser conduzida.

Os registros de ocorrências permitem a identificação de regiões mais sujeitas a problemas e os sistemas mais afetados, identificando os sistemas que mais precisam de manutenção, adequação ou modernização. Se, por exemplo, há registros de três eventos de vazamento em um alimentador predial ocorridos em um mesmo ano, deve-se considerar a substituição de toda a tubulação (restituindo-se o desempenho do sistema e economizando água).

Devem ser mantidos, ainda, contatos periódicos com os usuários, o pessoal de manutenção dos sistemas hidráulicos e a concessionária pública, a fim de verificar os motivos da existência de consumos elevados ou possíveis erros de lançamento de dados.

A criação de rotina de aviso no caso de substituição de hidrômetro (e conseqüente atualização do cadastro) e a padronização dos abrigos (cor de pintura, identificação, colocação de cadeados) não devem ser esquecidas.

Pode-se adotar ainda como procedimentos de intervenção, o aprimoramento constante do conhecimentos sobre os sistemas prediais, realizado através de

inspeções e entrevistas com os usuários. Mais especificamente no caso dos hidrômetros, a criação de uma planta com sua localização, assim como um banco de dados dos hidrômetros auxilia na recuperação de informações como modelo, dimensões e capacidade dos hidrômetros, datas de troca e leituras inicial e final, problemas verificados, entre outras.

Por fim, não se pode esquecer do registro dos benefícios alcançados com a gestão da demanda. O levantamento dos benefícios econômicos da gestão pode ser realizado com a comparação dos valores de perdas ocorridas em um vazamento detectado através do uso da medição setorizada e telemedição com os que existiriam sem a sua utilização. Vazamentos em tubulações enterradas, de difícil detecção visual, são normalmente percebidos somente através do recebimento das contas de água (e somente quando isto é possível), o que pode representar um desperdício de vários dias ou semanas. Os valores de perda de água encontrados são quase sempre muito expressivos, e a sua minimização por si só já justifica a adoção de um sistema de telemedição.

6 IMPLANTAÇÃO DA MEDIÇÃO SETORIZADA – ESTUDO DE CASO PURA-USP

O estudo de caso PURA-USP abordou os aspectos relacionados à implantação da medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água, realizada no âmbito do Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo – o PURA-USP. As ações de implantação da setorização ocorreram no *campus* Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO), localizado na cidade de São Paulo, entre os anos de 1998 e 2002. O estudo de caso abrangeu as diversas fases de implantação da medição setorizada, bem como as atividades relacionadas ao PURA-USP que contextualizaram esta implantação.

A adoção da medição setorizada do consumo de água na USP foi decorrente da percepção da necessidade de se dispor de melhores informações sobre este consumo. Algumas ações adotadas como a implantação do PURA-USP, a primeira experiência de micromedição vivida no *campus* (em 1992) e o amadurecimento de idéias de economia de insumos contribuíram para a formação desta percepção.

A introdução do PURA-USP trouxe a necessidade de se quantificar os impactos das ações de economia de água nas edificações num nível compatível com o das ações empregadas (correção de vazamentos, substituição de equipamentos por modelos economizadores, etc.).

O processo de instalação de medidores no *campus* realizado em 1992, quando se deixou de utilizar o medidor principal para tarifação e se introduziu mais de 100 medidores, possibilitou melhores condições para o conhecimento e controle do uso da água.

Os crescentes gastos da Universidade com abastecimento de água e coleta de esgoto despertaram preocupações quanto à elaboração de mecanismos para reversão deste cenário. Todas as contas e faturas de água da USP têm sido encaminhadas à Reitoria

para conferência e pagamento, sendo a verba destinada a este fim proveniente do orçamento de custeio da Universidade. Desta forma, os usuários – Unidades, órgãos de apoio e da administração, entre outras entidades que deveriam responder pelos seus consumos – não têm qualquer comprometimento com a questão e não são estimulados a economizar. A atribuição de parâmetros de consumo para os usuários e a previsão de adoção de limites de consumo e cobrança individualizada constituiriam meios elaborados pela Reitoria para se atingir os objetivos de economia.

Neste sentido, realizaram-se ações para promover a medição setorizada em uma maior escala, visto que algumas ligações ainda atendem a mais de uma Unidade, como a do Conjunto das Químicas (IQ, FCF e EP) e a do Centro Hospitalar (HU e ICB). Mesmo as ligações que atendem a apenas uma Unidade muitas vezes são responsáveis pelo abastecimento de vários edifícios e blocos. Como exemplo, apresenta-se na Figura 6.1 o caso da setorização do Conjunto das Químicas com suas edificações, hidrômetro de tarificação (número 4603, sob responsabilidade da Sabesp), e hidrômetros de setorização (números 460301 a 460325, sob responsabilidade da USP).

Figura 6.1 – Esquema da medição setorizada do Conjunto das Químicas

6.1 Universidade de São Paulo

A Universidade de São Paulo – USP é a maior instituição pública de ensino superior e de pesquisa do país, formando profissionais e pesquisadores de diversos cursos e carreiras das três grandes áreas do conhecimento. Foi fundada em 1934, reunindo faculdades e escolas existentes, sendo a mais antiga das três universidades públicas do Estado de São Paulo. Possui seus 6 *campi* no Estado de São Paulo, sendo que o da capital abriga 23 das 35 Unidades de Ensino. Apresenta também 4 grandes Unidades de Ensino localizadas na cidade de São Paulo, mas externas ao *campus*, além de diversas bases de pesquisa e museus em várias cidades (USP, 2002).

A população da USP era composta em 2001 por cerca de 69 mil alunos de graduação e pós-graduação e 19 mil servidores, entre docentes e funcionários, totalizando 88 mil pessoas. Deste total, aproximadamente 57 mil pessoas têm desenvolvido suas atividades no *campus* da capital (USP, 2002).

O *campus* da CUASO, criado em 1944, sofreu diversas alterações e ampliações ao longo dos anos, ocupando atualmente uma área de cerca de 3,6 milhões de m², na região oeste da cidade de São Paulo (ANEXO E). Desde então, seus edifícios vem sendo construídos em função da disponibilidade de recursos, sendo marcante a existência de três períodos de intensa expansão da área construída: 1951–1955, 1960–1966, e 1969–1973. Atualmente, a área construída do *campus* é de aproximadamente 740 mil m². Desta forma, percebe-se a existência de construções de diversas idades, edificadas segundo necessidades, culturas técnica e construtiva, conhecimento e disponibilidade de recursos característicos de cada época. A maioria das edificações tem de 30 a 40 anos, e algumas quase 50.

Desde a construção da maioria das edificações, os sistemas prediais não sofreram modernizações significativas, sendo que apenas nas ampliações e reformas aplicaram-se tecnologias mais recentes. Assim, encontram-se no *campus* diversos tipos de instalações, com concepções variadas e em estados de conservação diferentes. Não obstante a idade e a diversidade dos sistemas hidráulicos prediais,

tampouco se empregaram maiores esforços para a manutenção, adequação ou modernização dos sistemas, de forma estruturada, racional e sistemática, com o adequado acompanhamento técnico e registro das informações. Outra dificuldade para a manutenção e a operação dos sistemas é a limitação dos recursos disponíveis, cerca de R\$ 8,00/m².ano, o que correspondeu a 0,5% do orçamento da Universidade (exercício 2000), para toda a manutenção predial (estrutural, vedações – paredes, pisos, lajes e coberturas, sistemas de serviços – transporte, hidráulico e elétrico, etc.), sendo muitos sistemas especiais e de concepção não convencional, exigindo muitas vezes cuidados mais dispendiosos (USP, 2002).

O suprimento de água do *campus* da capital é realizado principalmente pela rede de distribuição da concessionária pública de água e esgoto, a Sabesp (através de sua Unidade de Negócios Oeste), havendo poços artesianos de uso apenas esporádico.

O potencial de utilização de poços artesianos no *campus* é significativo em termos de quantidade e qualidade da água. Os benefícios em termos econômicos também são atrativos, já que desta forma, sem o fornecimento de água, a cobrança incidiria somente sobre os serviços referentes à coleta de esgoto sanitário, reduzindo-se os gastos com a Sabesp em aproximadamente 50%.

Entretanto, os poços artesianos perfurados no *campus* têm uma pequena participação no volume total de água disponibilizado à CUASO, sendo inferior a 2%. Isto é devido a uma série de fatores mas principalmente em função das exigências gerenciais de um sistema de abastecimento de água a partir de poços artesianos frente às condições materiais, humanas e organizacionais dos responsáveis pelos sistemas: as Unidades. Ou seja, a água proveniente dos poços, quando utilizada para substituir a água de abastecimento da concessionária pública para todos os fins, deve ter sua qualidade assegurada, com confiabilidade no fornecimento, atendendo-se e respeitando-se diversos requisitos e critérios técnicos. Para tanto, deve-se ter recursos materiais que permitam a adequada operação e manutenção dos sistemas físicos, a formação de pessoal treinado e consciente dessas premissas, sendo as responsabilidades claramente definidas.

Sabe-se, porém, sobre a limitação dos recursos materiais, a falta de uma estrutura gerencial habilitada e pessoal qualificado, mesmo porque o volume de recursos envolvidos sob a forma do bem água não é suficientemente expressivo para cada Unidade realizar tais mudanças administrativas quando a questão não está diretamente relacionada a sua atividade fim enquanto instituição (ensino, pesquisa e extensão). Pode-se citar também a facilidade de utilização de água da Sabesp, assumindo esta as diversas responsabilidades do fornecimento de água com qualidade, como um desincentivo ao emprego dos poços.

O fornecimento de água realizado pela Sabesp é efetuado por uma única entrada para o *campus* todo, abastecendo as edificações e instalações da Universidade e dos usuários externos à USP situados em sua área ou entorno (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, parte do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, permissionários como lanchonetes e restaurantes). Esta entrada, utilizada até 1992 para a tarifação de todo o conjunto, está situada num ponto alto do *campus*, próxima à portaria da USP localizada na Rua Francisco dos Santos e cerca de 60 metros acima da parte baixa (onde estão muitas construções). A rede de distribuição outrora pertencente à Universidade passou à administração da Sabesp, sendo instalados mais de uma centena de medidores em toda USP para fins de tarifação. O volume total de água registrado no medidor principal (ou macromedidor) era de 180 mil m³/mês e a somatória nos hidrômetros da USP de cerca de 150 mil m³/mês, antes das ações do PURA-USP. Na planta do *campus* CUASO (ANEXO E), pode-se observar o posicionamento do macromedidor e dos hidrômetros de tarifação, assim como as regiões que foram setorizadas numa primeira etapa.

6.2 Programa de Uso Racional da Água da USP

Desde a década de 80, como resultado das crescentes preocupações sobre a questão da água, vários trabalhos na área de conservação têm sido desenvolvidos no Brasil e no mundo. Essas ações têm envolvido o meio técnico e acadêmico, empresas e prestadores de serviços com uma abrangência crescente. Um dos reflexos resultou, em 1995, na criação do Programa de Uso Racional da Água (PURA), através de

Convênio entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

Este Programa encontra-se estruturado em seis macroprogramas integrados, abrangendo: documentação técnica, laboratórios, novas tecnologias, estudos em edifícios residenciais, programas da qualidade e estudos de caso em diferentes tipos de edifícios (escritórios, escolas, hospitais, cozinhas, etc.).

Desta forma, em 1997 iniciaram-se as ações para implantação de um estudo de caso no *campus* da USP (como estudo de caso em *campi* universitários), sendo viabilizado através de Convênio entre USP e Sabesp. Criou-se, então, o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo (PURA-USP).

O PURA-USP surgiu tendo como intuito a redução do consumo de água no *campus* em virtude dos expressivos valores de consumo observados e seus reflexos no orçamento da Universidade. Para viabilizar o programa, a Sabesp concedeu um desconto de 25 por cento sobre o valor das faturas e contas de água mensais da CUASO a fim de se custear as intervenções necessárias. Em contrapartida, a USP ficou responsabilizada por uma efetiva redução no consumo de água a ser obtida com a implantação de todos os passos propostos, e pelo desenvolvimento da metodologia de aplicação para utilizações em situações similares futuras.

Os principais objetivos do Programa são:

- Reduzir o consumo de água nas Unidades da USP, através de ações de caráter tecnológico e comportamental (maximizando a eficiência nas atividades que utilizam a água, sem comprometer a qualidade), e manter o perfil de consumo reduzido ao longo do tempo;
- Implantar um sistema estruturado de gestão da demanda da água;
- Desenvolver metodologia a ser aplicada futuramente em outros locais.

Para tanto, foi criada uma estrutura de trabalho envolvendo os meios técnicos e administrativos em diferentes níveis da Universidade, instituindo-se diversas comissões de trabalho (PURA-USP e PURA-UNIDADE). A Figura 6.2.1 apresenta o organograma de trabalho adotado.

Fonte: Elaborado a partir de SILVA; TAMAKI; GONÇALVES (2002)

Figura 6.2.1 – Organograma do PURA-USP

No organograma, pode-se observar três níveis de responsabilidade:

- Reitoria da USP (1): responsável pela implantação do PURA-USP no âmbito do Convênio de Cooperação Técnica firmado entre a Sabesp e a USP ;
- Comissão PURA-USP (2), composta por
 - Coordenação do Programa – EPUSP (3): responsável pela definição de diretrizes estratégicas e das linhas de ação técnica do Programa e pelo planejamento das atividades, através de seus Coordenadores (4 e 5); e pelo gerenciamento das informações de consumo, registro das atividades desenvolvidas e suporte técnico às atividades nos níveis tático e operacional, através de sua Equipe Técnica (6);
 - Coordenadoria de Administração Geral da USP – CODAGE (7): responsável pela viabilização e logística financeiras;
 - Fundo de Construção da USP – FUNDUSP (posteriormente transformado em Coordenadoria do Espaço Físico – COESF) (8) – ao qual coube a fiscalização

das intervenções físicas e o gerenciamento do contrato das empresas externas (Sabesp e subcontratadas);

- Prefeitura do Campus da Capital – PCO (9): auxílio às atividades de intervenção;
- Comissões PURA-UNIDADE (10): Compostas em cada Unidade, em geral, por uma professor ou pesquisador (11), um assistente administrativo (12) e um funcionário da manutenção (13). São responsáveis pelo suporte às atividades intra-Unidade constituindo um meio facilitador para as ações.

As ações foram organizadas em etapas subseqüentes, a saber:

- **Etapla 1: Diagnóstico geral – Levantamento de características da Unidade**
 - Tipologia de uso (hospitalar, laboratorial, ocupação humana, etc);
 - Histórico de consumo de água antes das intervenções;
 - Componentes do sistema hidráulico por meio de documentação técnica, projetos, plantas, entrevistas com os funcionários e levantamentos em campo.
- **Etapla 2: Redução de perdas físicas**
 - Cadastro das redes;
 - Detecção e eliminação de vazamentos em redes externas e internas (com uso de haste de escuta, correlacionador de ruídos, geofone eletrônico), e em reservatórios (registros de bóia e extravasores).
- **Etapla 3: Redução de consumo nos equipamentos**
 - Substituição de equipamentos convencionais por modelos economizadores;
 - Torneiras hidromecânicas de fechamento automático com arejador e regulador de vazão;
 - Torneiras eletrônicas com sensor de presença;
 - Válvulas hidromecânicas de fechamento automático para mictórios e duchas;
 - Bacias sanitárias com caixa acoplada modelo VDR;

- Torneiras para copas/cozinhas com bica móvel, arejador e acionamento por alavanca.
- Regulagem e substituição de comandos hidráulicos: válvulas de descarga e registros.
- **Etapa 4: Caracterização de hábitos e racionalização das atividades que consomem água**
 - Adoção de procedimentos mais eficientes em cozinhas, na limpeza e em laboratórios;
 - Reuso da água de processo (em destiladores e refrigeração).
- **Etapa 5: Campanhas educativas e treinamentos**
 - Comunidade USP (docentes, alunos e funcionários): comunicação em caráter informativo e conscientizador da importância do programa através de cartazes, palestras, reportagens, textos (apresentando a filosofia e abrangência do PURA);
 - Pessoal de manutenção: treinamentos realizados sobre novos equipamentos, sua operação e manutenção adequadas.

Em virtude das dimensões do *campus*, do número de Unidades existentes e do volume de trabalho esperado, optou-se pela divisão da implantação do PURA-USP no *campus* em duas fases: o PURA-USP Fase 1 (7 Unidades – 1998 e 1999) e o PURA-USP Fase 2 (21 Unidades – 2000 e 2001).

Para a definição das primeiras Unidades, utilizou-se como parâmetros o consumo de água e a tipologia de uso, procurando-se escolher as Unidades com maior potencial de redução e de retorno em termos de conhecimento adquirido. Foram selecionadas para integrarem a Fase 1:

- Escola Politécnica – EP (incluindo o Centro de Computação Eletrônica – CCE);
- Faculdade de Ciências Farmacêuticas – FCF;
- Faculdade de Economia Administração e Ciências Contábeis – FEA;
- Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – FFLCH;

- Hospital Universitário – HU;
- Instituto de Ciências Biomédicas – ICB;
- Instituto de Química – IQ.

As demais Unidades, órgãos e entidades do *campus* foram contempladas posteriormente pelo PURA-USP Fase 2.

Paralelamente às etapas de intervenção física do Programa, decidiu-se pela necessidade de implantação de um sistema capaz de possibilitar a medição dos dados de consumo de água, considerando todas as ligações de água existentes e futuros pontos adicionais, para promover a gestão do consumo de forma a manter reduzido o patamar de consumo. Procurou-se, então, adotar um sistema de telemedição de hidrômetros que possibilitasse a verificação da demanda de água, o tratamento e a análise dos dados em tempo hábil.

Os resultados mais importantes do Programa alcançados até o final de 2002 são (PURA-USP, 2002):

- Redução expressiva do consumo nas Unidades que sofreram as ações de economia: 43% nas Unidades da Fase 1 e 19% nas da Fase 2 (ou 33% em todo o *campus*), conforme dados do ANEXO F (de agosto de 1998 a setembro de 2002);
- Utilização de um sistema de gerenciamento dos dados de consumo, com o uso de um sistema de telemedição e de um controle de todas as ligações de água – cadastral e de manutenção física dos abrigos e medidores;
- Revisão do sistema hidráulico predial de água fria dos edifícios do *campus* e a recuperação de parte do sistema, inclusive com o registro das informações levantadas (e ainda, determinando-se pontos de maior retorno econômico para futuras intervenções);
- Adoção de equipamentos sanitários mais econômicos, novos e que atendam aos atuais requisitos de desempenho;
- Conscientização da comunidade USP sobre a questão da água e seu uso racional;
- Criação de uma estrutura permanente e de referência na Universidade para as questões relativos ao uso da água de abastecimento, sob o prisma da economia do

recurso (elaboração de procedimentos e de relatórios do Programa, e o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas).

6.3 Planejamento da medição setorizada

O processo de implantação da medição setorizada desenvolveu-se em diversas etapas. A seqüência adotada foi:

- Definição dos objetivos a serem atingidos com a setorização;
- Definição da abrangência da medição setorizada – nível de setorização;
- Definição da seqüência de implantação (quais as Unidades contempladas em primeiro lugar);
- Levantamento preliminar de dados com a escolha dos pontos de medição (vistoria, estudo do consumo, consulta à Unidade);
- Dimensionamento dos hidrômetros;
- Definição da logística de trabalho, formação de equipe de trabalho, com atribuição de responsabilidades;
- Elaboração de processos de contratação de serviços e;
- Contratação dos serviços (fiscalização da execução).

Esta seqüência de implantação não foi estritamente linear e direta. Algumas posições iniciais dependiam de informações geradas na seqüência para definição mais precisa, resultando num processo iterativo. A cada etapa da implantação ajustes necessários foram realizados retroalimentando-se o ciclo.

A definição da proposta de setorização e de sua abrangência estavam praticamente definidas quando da decisão de implantação da medição setorizada, motivada, conforme exposto anteriormente, pela criação de um instrumento de gestão da demanda de água, de forma a promover a economia nos sistemas prediais de todo o *Campus*. Restava estruturar uma forma de trabalho que possibilitasse a sua implantação. A primeira definição imediata foi a da seqüência de implantação. Como as atividades do PURA-USP no *campus* foram divididas em duas fases, os trabalhos foram naturalmente direcionados a abordar as Unidades da Fase 1, nas quais já se

executavam atividades de campo e se dispunham de comissões de trabalho formadas. Nestas Unidades, evidenciava-se claramente a necessidade de setorização no Conjunto das Químicas e no Complexo Hospitalar. Também atuando inicialmente em apenas 7 das 28 Unidades, poderia-se adquirir experiência suficiente para se expandir o processo a todo *campus*, com maior eficiência.

Como forma de se verificar os resultados de uma primeira setorização, realizou-se de forma expedita a setorização da FEA, em 1999. Esta Unidade foi escolhida em função das facilidades executivas encontradas: edifícios com sistemas hidráulicos prediais claramente independentes entre si, rede externa cadastrada e executada em PVC, espaço físico disponível em local de fácil acesso para construção de abrigo e instalação de hidrômetro eletrônico e necessidade de construção de abrigos de pequenas dimensões, mais baratos. Executou-se a setorização com a participação de pessoal do FUNDUSP (execução) e do PURA-USP (fornecimento de diretrizes). Os resultados encontrados satisfizeram as propostas iniciais de possibilidade de gerenciamento e permitiram o acompanhamento do consumo de água da Unidade. No entanto, outras formas para a execução da setorização, nas outras Unidades, teriam que ser adotadas em função do volume maior de serviços a serem realizados, com profundas modificações na forma de trabalho.

A Equipe Técnica do PURA-USP foi a responsável pela definição das regiões a serem setorizadas (com a localização dos abrigos) e pela escolha e fornecimento dos hidrômetros utilizados, compatíveis com as características de cada sistema. Estas seleções foram realizadas através de estudos dos consumos e levantamentos de campo (vistorias dos sistemas hidráulicos prediais existentes abrangendo aspectos relacionados ao uso e manutenção, consultas aos técnicos das Unidades sobre as necessidades da medição setorizada, etc.) e das características dos medidores a serem empregados (capacidade, diâmetro e perda de carga). A elaboração das planilhas de quantitativos e custos para fins de planejamento, a criação de identificação padronizada para os novos pontos de medição e o registro das atividades do processo da setorização também estiveram a cargo da Equipe Técnica.

A setorização da medição do consumo de água pressupunha a realização de algumas ações de natureza diversa, de parte gerencial e administrativa e de parte executiva. As atividades como planejamento e pesquisa e a concretização física da setorização (construção dos abrigos, fornecimento e instalação de medidores, adequação da rede de água, etc.) exigiam a atribuição de responsabilidades às partes competentes. Segundo estas premissas, a Coordenação do Programa em conjunto com a Administração da USP (CODAGE) definiu a estratégia de atuação. O processo de execução seria gerenciado pelo PURA-USP e FUNDUSP, com a contratação de serviços de execução de abrigos e instalação de medidores a cargo de cada Unidade (a partir de estudos básicos fornecidos pelo PURA-USP e FUNDUSP). A CODAGE providenciaria o repasse de verba necessária a cada Unidade. Este mecanismo descentralizado agilizaria a realização de todo o processo e promoveria a participação das diversas Comissões PURA-UNIDADE, mobilizando-as para o Programa (a Universidade não estava em condições de executar todas as atividades em todas as Unidades num processo centralizado). A Coordenação do Programa incumbiu-se de divulgar a estrutura de trabalho e definir as responsabilidades de todos os envolvidos.

O FUNDUSP, órgão técnico responsável pela regulamentação e fiscalização das construções da USP, teria o papel central de fornecer elementos técnicos – documentos, plantas, procedimentos e padrões para a execução de abrigos e intervenções nas redes de distribuição de água fria das edificações – para a elaboração de um processo de contratação de serviços segundo modelos preexistentes, bem como fornecer orientação técnica sobre as eventuais questões enfrentadas.

Cada Unidade seria responsável pela conclusão do processo de contratação de serviços e pela sua efetivação, ou seja, o pessoal técnico-administrativo pertencente à comissão PURA-UNIDADE realizaria a contratação do serviço, sendo responsável pelo seu acompanhamento e fiscalização.

Ao PURA-USP, mais precisamente à sua Equipe Técnica, competiriam as decisões e ações de nível tático-operacional sobre a medição setorizada, contatando cada grupo e mantendo a coerência com a proposta original. Desta forma, os estudos preliminares para a setorização foram elaborados em conjunto com o FUNDUSP, a mobilização das comissões PURA-UNIDADE e o esclarecimento de suas dúvidas de natureza técnica, logística e da filosofia da proposta realizados.

Todas estas atividades preliminares foram concluídas em 2000, iniciando-se as ações para a implantação da setorização de fato, em seguida.

6.3.1 Nível de setorização – Determinação dos pontos de medição

Para a determinação da quantidade e localização dos pontos de setorização considerou-se, em cada uma das Unidades:

- Objetivos da medição setorizada de possibilitar redução do consumo de água e manutenção dos patamares alcançados, através do acompanhamento individualizado do consumo, levantamento do perfil da demanda e possibilidade de controle e ação ativos sobre anomalias;
- Determinação do consumo dos permissionários USP: lanchonetes, restaurantes, agências bancárias, xerox particulares, lojas e demais locações que não estejam sob responsabilidade da Universidade;
- Quantidade e distribuição das edificações;
- Consumo de água: consumo médio e picos de utilização, assim como sua tipologia de uso;
- Características dos sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário: quanto ao sistema de reservação, traçado da rede hidráulica, existência de dispositivos de grande consumo (válvulas de descarga, por exemplo), entre outros;
- Infra-estrutura da rede telefônica.

Assim, definiu-se que o nível de setorização adotado seria o das Edificações ou Blocos. As regiões de medição setorizada da Fase 1, correspondente às mesmas

Unidades contempladas no PURA-USP Fase 1, estão representadas na planta da CUASO em anexo (ANEXO E).

6.4 Implantação da medição setorizada

O desenvolvimento das atividades da setorização, considerando-se desde os primeiros estudos até a elaboração dos processos destinados às Unidades, para complementação de informações e contratação dos serviços, realizou-se conforme o planejado. Após o recebimento dos processos pelas Unidades, dificuldades surgiram e reverteram as expectativas iniciais, atrasando o cronograma de implantação da setorização. As dificuldades encontradas foram de natureza técnica e administrativa.

O aspecto técnico mais relevante foi a verificação, somente quando do início da execução, que algumas informações dos cadastros de redes de água fria, como traçado, material, diâmetro e estado da rede estavam desatualizadas. Muitas vezes os locais selecionados para a derivação da rede e instalação de medidores resultavam em interrupções das redes de abastecimento, responsáveis pelo suprimento de água de vários blocos, representando intervenções em redes de maior diâmetro e de idade avançada (tubulações acima de 75 mm de ferro fundido, com mais de 30 ou 40 anos).

Os aspectos administrativos consistiram em dificuldades para a contratação e acompanhamento dos serviços de setorização por parte das Unidades (nem todas dispunham de um engenheiro ou técnico responsável), por falta de estrutura de apoio, inexperiência com qualquer atividade semelhante ou, ainda, postura ativa para o andamento rápido e eficiente do processo.

Das sete Unidades da Fase 1, apenas uma estava com a atividade concluída ao final do primeiro semestre de 2001, estando as demais em fases preliminares (redefinição de pontos do projeto, contatos com as empresas, contratação e outras atividades). Ao final de 2002, cinco Unidades haviam concluído a implantação, permanecendo em aberto a previsão para a conclusão da implantação da medição setorizada, assim

como possíveis novas formas de contratação para a implantação nas demais Unidades do *campus*.

A implantação propriamente dita, incluindo a construção dos abrigos para o hidrômetros, a definição e instalação dos hidrômetros e a implantação de todo o sistema de telemedição, é apresentada a seguir.

6.4.1 Construção dos abrigos

Foram seguidas diretrizes para a construção dos abrigos, conforme padrões da Concessionária e os elaborados pela Universidade, tendo sido dadas soluções alternativas nos casos em que estas não se aplicavam (hidrômetro instalado internamente a edificações, *shafts*, etc.). Esquemas da construção de abrigos (montagem de cavaletes) para hidrômetros de variados diâmetros e a relação de materiais necessários podem ser observados no ANEXO C.

A construção do abrigo incluía, basicamente:

- Posicionamento do abrigo: definição do local exato para a construção do abrigo e montagem do cavalete, de modo a minimizar alterações na rede hidráulica pré-existente;
- Obras de alvenaria: construção do abrigo propriamente dito, com previsão da passagem posterior do cabo do aterramento e de duto e cabo;
- Obras hidráulicas: interrupção na rede hidráulica, com execução das alterações necessárias e colocação do cavalete, conforme dimensões necessárias;
- Colocação de porta, cadeado e identificação do abrigo e execução de sua pintura.

A Figura 6.4.1.1 apresenta um dos abrigos de setorização executados.

Figura 6.4.1.1 – Abrigo de setorização

6.4.2 Definição e instalação dos hidrômetros

A escolha dos hidrômetros da medição setorizada foi realizada com base na determinação das áreas de setorização. Definido o nível de setorização como o dos Edifícios ou Blocos, para a seleção dos medidores considerou-se aspectos dos sistemas de suprimento de água fria envolvidos (existência ou não de reservatórios) e de equipamento sanitário (utilização de válvulas de descarga, equipamentos especiais), além dos dados sobre a utilização da água (uniformidade do uso nos blocos, de ocupação, distribuição das atividades, etc.).

Os dados de consumo adquiridos via leituras diárias ou histórico de consumo mensal, permitiram verificar em primeira análise os volumes consumidos e a sua distribuição ao longo dos dias e dos meses. As informações oriundas de projetos foram utilizadas com o devido cuidado visto que a maioria dos projetos existentes era antiga e pouco representava a situação atual devido às mudanças dos usos e dos sistemas. Nos casos em que os registros eram duvidosos, visitas foram realizadas aos locais em companhia do setor de manutenção da Unidade para maiores esclarecimentos.

Uma observação adicional realizada foi a verificação do diâmetro do tubo a ser seccionado para a derivação e a instalação do cavalete e do hidrômetro. Procurou-se sua compatibilização para o não comprometimento do desempenho dos sistemas.

Após a seleção dos hidrômetros de setorização, o PURA-USP providenciou a aquisição dos mesmos observando, ainda, a possibilidade de redimensionamento de alguns hidrômetros devido a uma seleção incorreta. A necessidade de redimensionamento não foi verificada em nenhum novo ponto de medição setorizada nas Unidades da Fase 1.

A instalação dos hidrômetros ficou sob dever da empresa que executou a construção dos abrigos e dos cavaletes em cada Unidade, tendo observado os cuidados necessários por se tratar de medidores eletrônicos, mais frágeis. A conexão dos hidrômetros à rede de comunicação ficou sob responsabilidade da Divisão de Telecomunicações da USP (DTe).

6.4.3 Implantação do sistema de telemedição

A introdução do sistema de telemedição na USP, no segundo semestre de 1998, ocorreu praticamente ao mesmo tempo em que as primeiras ações do PURA-USP tiveram início. O sistema de telemedição empregado foi escolhido em conjunto com a Sabesp, uma vez que a proposta era efetuar a medição dos consumos nos mesmos pontos utilizados comercialmente pela Concessionária, substituindo os hidrômetros existentes por outros adequados à proposta de telemedição, mas sem que se perdesse a função de instrumento de tarifação.

Sendo assim, procurou-se adotar um conjunto composto por medidores e acessórios que permitissem a coleta, a transmissão, o tratamento e o uso de dados de consumo – principalmente totalização e vazão – de um grande número de ligações, com fins de gestão da demanda de água, e alavancando o potencial de retorno das ações do PURA-USP. Seguindo esta filosofia, o ciclo de retroalimentação evento – percepção – definição – ação sobre o sistema, mais ágil, permitiria ganhos substanciais em termos de uso racional da água.

Como objetivos da adoção deste sistema, podem ser citados:

- Necessidade de uma melhor informação sobre a demanda de água (consumo diário e perfil ao longo do tempo) e sua sistematização;
- Avaliação do impacto das intervenções realizadas pelo PURA-USP;
- Detecção de anomalias de consumo como vazamentos;
- Possibilidade de monitoramento, em tempo real, de um grande número de consumidores simultaneamente.

Da experiência adquirida pela Concessionária (através de sua Divisão da Tecnologia da Medição), ao empregar sistemas específicos para diferentes finalidades, veio a proposta de um sistema de telemedição de hidrômetros já utilizado experimentalmente em alguns locais. Para a coleta e tratamento de dados de consumo e vazão, foi então adotado um sistema composto por hidrômetros eletrônicos que se comunicam com uma central de supervisão através de um barramento de campo.

A princípio, optou-se pela utilização do sistema *M-BUS* para telemedição de hidrômetros, adotando-se sistemas de dois fabricantes (*Hydrometer* e *Meinecke*). Tal determinação teve por objetivo avaliar os dois sistemas em uma condição nunca experimentada – em *campus* de grandes dimensões – agregando-se conhecimento experimental à USP e à Sabesp, no contexto do PURA-USP, e mantendo-se a isenção frente a qualquer um dos fabricantes. Para tanto, a área da CUASO foi dividida em duas partes: ao sul da Av. Prof. Luciano Gualberto (reservada à *Hydrometer*) e outra, ao norte (reservada à *Meinecke*), incluindo esta última o CCE, a EP e a FEA.

Efetuuou-se a implantação da telemedição com a participação direta da USP e da Sabesp. A Sabesp instalava os hidrômetros eletrônicos nos cavaletes de tarifação existentes e fornecia o programa de controle e gerenciamento, além do suporte técnico necessário para implantação da telemedição, incluindo a participação do fornecedor (Nansen, posteriormente, *ABB* com a aquisição da primeira pela segunda; e *Meinecke*) e do fabricante (*Hydrometer* e *Meinecke*). A USP executava a rede física para a telemedição (trechos existentes, trechos novos e interligações), providenciava

a aquisição de todos os equipamentos (medidores, interfaces, micros, etc.) e proporcionava a proteção adequada aos medidores (abrigos com porta e cadeado).

O sistema da *Hydrometer* foi o primeiro a ser instalado, no princípio do segundo semestre de 1998, com a utilização de alguns hidrômetros *Flypper*. O conjunto da *Meinecke* só veio a ser utilizado no início de 1999, visto que ainda não se encontrava desenvolvido e disponível. O sistema de telemedição incluía, portanto, cerca de 30 hidrômetros distribuídos em dois circuitos independentes e gerenciados cada um por seu respectivo programa. Após meses de testes nos quais não se verificou a compatibilidade entre os dois sistemas, optou-se pelo da *Hydrometer* ainda em 1999.

Deu-se, então, prosseguimento à substituição dos hidrômetros *Meinecke* que haviam sido instalados, assim como de todos os modelos convencionais que serviam à Universidade.

O processo de implantação da telemedição foi lento em função de vários fatores, notadamente de origem técnica e administrativa.

A principal causa técnica foi o desconhecimento do comportamento dos medidores e sistemas operando nas condições existentes na USP, por parte dos envolvidos: USP, Sabesp e a própria *Hydrometer/ABB* (através de seus setores de suporte técnico). Para a solução dos problemas, o PURA-USP procurou conduzir as atividades de modo a otimizar os recursos, buscando-se a configuração ideal do conjunto. A introdução de mais regeneradores de sinais e sua melhor alocação, permitindo uma melhor comunicação entre os hidrômetros e a Central de Gerenciamento da Telemedição, foi um exemplo.

Entre os problemas verificados, destacam-se:

- Limitação do alcance do sistema: dificuldade ou impossibilidade de comunicação entre os hidrômetros e a Central de Gerenciamento da Telemedição;

- Tempo empregado em testes de campo, instalação de amplificadores e regeneradores de sinal e a verificação da integridade física e da topologia das redes;
- Instabilidade de alguns programas, apresentando principalmente problemas de integridade do banco de dados;
- Necessidade de reposição de hidrômetros: muitos tiveram que ser repostos em função de penetração de umidade, queima da parte eletrônica e até vandalismo;
- Necessidade de implantação do sistema de aterramento percebida somente após a queima de diversos medidores e regeneradores de sinal;
- Tempo despendido na correta configuração dos medidores e dos programas de comunicação e de gestão.

Entre os problemas administrativos e organizacionais, podem ser citados:

- Dificuldades de gerenciamento adequado da implantação dos sistemas, com definição clara das responsabilidades e prazos;
- Características comuns a entidades de administração pública (no caso a USP e a Sabesp), como processos demorados para aquisição de equipamentos e contratação de serviços;
- Desconhecimento, por parte da USP e da Sabesp, das ligações efetivamente existentes e pertencentes à Universidade no início das atividades do PURA-USP, o que contribuiu para o atraso na substituição dos hidrômetros;
- Falta de procedimentos e rotinas pré-estabelecidos para algumas situações como a doação de hidrômetros (de tarifação) comprados pela USP para a Sabesp, e sua instalação no *campus*. A doação foi decorrente da impossibilidade da Sabesp adquirir hidrômetros eletrônicos de grande capacidade da *Hydrometer* (DN 50 ou superiores);
- Divergências quanto aos resultados de testes de calibração dos hidrômetros, entre a Sabesp e a empresa fornecedora dos hidrômetros, pela não uniformização das bancadas de testes utilizadas.

Dentre os pontos que necessitaram de maior atenção estão: a apresentação detalhada do sistema de telemedição com o conhecimento do real potencial de utilização do

sistema, o conhecimento da infra-estrutura física existente e da desejável, e as considerações sobre os mecanismos burocráticos e procedimentos para realização de compras e contratações de serviços. Estando levantadas estas questões e percebidas por todos, um desenvolvimento coordenado das ações, com projeto e cronograma de implantação, poderia trazer melhores resultados. Os entendimentos poderiam ser oficializados por meio de protocolo de intenções de cooperação técnica, culminando com a celebração de contrato entre as partes, com a descrição da proposta, dos escopos, das responsabilidades e obrigações e dos prazos.

O progresso das atividades realizadas até o final de 2002 encontra-se sintetizado na Tabela 6.4.3.1.

Tabela 6.4.3.1 – Rede de telemedição da USP

<i>Atividades</i>	<i>Pontos concluídos</i>		
	<i>Tarifação 115 pontos</i>	<i>Setorização 57 pontos</i>	<i>Total 172 pontos</i>
Instalação de hidrômetro eletrônico	107	32	139
Aterramento dos hidrômetros	111	21	132
Ligações à rede <i>M-BUS</i>	74	6	80
Hidrômetros com leitura remota	39	6	45

Percebe-se hoje o maior progresso das atividades preliminares como a adequação dos abrigos, a instalação dos medidores eletrônicos e o aterramento, e uma defasagem da execução da rede de telemedição, interligação e telemedição dos hidrômetros. A conclusão da rede física e a solução dos problemas de comunicação entre os hidrômetros e a Central de Gerenciamento da Telemedição constituem os principais desafios a serem vencidos.

Na planta da CUASO em anexo (ANEXO E) pode-se observar os pontos de tarifação Sabesp, as áreas da primeira fase da setorização, a posição do macromedidor (pelo qual o *campus* é abastecido) e os locais onde estão instalados, hoje, a interface de comunicação e os três amplificadores/regeneradores de sinal.

O sistema de telemedição em utilização hoje na Universidade é composto por elementos de fornecimento da *ABB* e por outros que fazem parte da infra-estrutura da Universidade, conforme resumido na Tabela 6.4.3.2 e Figura 6.4.3.1 (constituindo esta também um exemplo de setorização).

Tabela 6.4.3.2 – Elementos do sistema de telemedição

<i>De fornecimento da ABB</i>	<i>Da infra-estrutura da CUASO</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Hidrômetros eletrônicos: para pontos de Tarifação Sabesp, pontos de Setorização e reservas para reposição; - Amplificadores e Regeneradores de sinal: capacidade para até 250 pontos; - Sistema de aterramento: com instalação de protetores contra surtos elétricos transitórios; - Interface de comunicação: para até 250 pontos; - Programa de supervisão e gestão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rede de comunicação <i>M-BUS</i> (dutos e cabos): utiliza rede telefônica pré-existente, além das expansões necessárias; - Computador: instalado na Central de Gerenciamento da Telemedição (LSP/EPUSP).

Figura 6.4.3.1 – Esquema da telemedição

6.4.3.1 Padrão *M-BUS*

O sistema de telemedição adotado é essencialmente um sistema de comunicação de dados digitais, composto por hidrômetros eletrônicos, rede de telemedição, computador central com programa específico e interface de comunicação rede-

computador. Outros elementos foram incorporados ao conjunto para melhorar os graus de segurança, de confiabilidade e de alcance da rede como um todo, como o sistema de aterramento e os amplificadores e regeneradores de sinal.

O *M-BUS - Meter Bus* (M-BUS, 2002) é um sistema de comunicação de dados digitais em rede, desenvolvido para telemedição de medidores, tendo como características da transmissão de dados: a necessidade de uma alta integridade na transmissão de dados (reduzir a sensibilidade a interferências externas), centralização das informações e controle em um “mestre” (computador central) e o relativo baixo tráfego de dados pela rede. O *M-BUS* foi desenvolvido para ser um sistema de baixo custo de implementação e operação, empregando-se cabos comuns e o menor número de componentes possível, possibilitando também a alimentação remota dos medidores via rede.

O *M-BUS* é um sistema de abrangência local (*Local Area Network - LAN*) que adota uma topologia de rede de barramento de campo serial bidirecional, isto é, todos os pontos da rede estão conectados a uma linha de transmissão em comum e recebem a mesma mensagem ao mesmo tempo (conceito de *broadcasting*), com cada informação sendo transmitida exclusivamente e sequencialmente no tempo (canal único de comunicação, multiplexação por divisão do tempo). Como resultado desta solução, apenas um equipamento pode transmitir dados em um dado instante. Esta topologia tem como característica a economia (decorrente da menor extensão de cabos de rede requerida) e a integridade do sistema frente à inoperância de um elemento – o medidor – mas apresenta os inconvenientes da degradação do desempenho com a introdução de mais nós e da possibilidade de falha de parte da rede no caso de mau funcionamento do cabo (linha de transmissão).

Outras possibilidades como ligação em estrela ou mista podem ser empregadas, desaconselhando-se apenas a topologia em anel em função da ocorrência de eco no barramento de campo (a sobreposição de sinais impossibilita a comunicação entre o hidrômetro e a Central de Gerenciamento).

O *M-BUS*, padrão europeu, baseia-se no modelo *ISO-OSI (Open Systems Interconnection da International Organization for Standardization)* para desenvolvimento de produtos para redes de comunicação de dados (no qual são adotados o *CEN TC 176 WG 4*, *IEC 870* e *DIN EM 1434 -3*). A comunicação entre “mestre” e “escravo” processa-se com a modulação da tensão e da corrente. No sentido “mestre-escravo” a modulação da tensão ao longo do tempo define um lógico 1 (36 V) ou um lógico 0 (24 V). Analogamente no sentido “escravo-mestre”, há a modulação da corrente: lógico 1 (1,5 mA), lógico 0 (+ 11-20 mA).

Deve-se observar que o alcance da rede *M-BUS* depende de uma série de fatores, sendo os principais: a topologia e extensão da rede, o tipo de cabo utilizado, a velocidade de transmissão dos dados, a posição relativa dos hidrômetros na rede e a potência dos amplificadores e regeneradores de sinal. Os parâmetros de resistência, tensão e capacitância da rede são os que limitam a extensão da mesma e o número máximo de medidores interligados.

6.4.3.2 Hidrômetros com relojoaria eletrônica

Os hidrômetros adotados são da marca *Hydrometer GmbH*, alemã, representada no país pela ABB Medição de Água S.A. Os hidrômetros são do tipo velocimétrico multijato ou *Woltmann*, DN 15 (de ¾”) a DN 100 (4”), com vazões nominais que variam de 1,5 m³/h a 60 m³/h, das classes metrológicas B e C.

As relojoarias eletrônicas empregadas são do tipo extra seco, com transmissão magnética ou realizada pela excitação de sensores eletrônicos supervisionados por um microcontrolador. As relojoarias apresentam-se integradas solidariamente ao hidrômetro (*Scampy*) ou acopláveis à câmara de medição (módulo registrador *Flypper*). São efetivamente eletrônicas, dotadas de microprocessadores, incorporando funções como totalização do consumo, vazão instantânea, armazenamento de dados e sentido do fluxo, dados que podem ser coletados localmente em um *display* de cristal líquido, via coletor de dados, ou remotamente através de um barramento de duas vias protocolo *M-BUS* (porta de comunicação

digital). Nos hidrômetros utilizados a Unidade de Interface de Medidores (*MIU*) encontra-se integrada à relojoaria.

Uma alternativa aos hidrômetros da *Hydrometer* foi empregada no primeiro semestre de 1999, com a instalação de hidrômetros eletrônicos padrão *M-BUS* da empresa *Meinecke*, também alemã. Em tentativas frustradas de compatibilização entre as duas marcas, os hidrômetros da *Meinecke* desconfiguraram-se várias vezes e apresentavam discrepância crescente entre a informação coletada remotamente e a exibida na relojoaria. Mesmo operando independentemente, o sistema da *Meinecke* não se mostrou estável. Como o suporte técnico não encontrou soluções para tais questões, optou-se pela utilização exclusiva do sistema fornecido pela *Hydrometer/ABB*.

Na Figura 6.4.3.2.1 tem-se dois modelos de hidrômetros eletrônicos instalados no *campus*: um *Scampy* (DN 20) e um *Flypper* (DN 32).

Figura 6.4.3.2.1 – Modelos de hidrômetros eletrônicos empregados: *Scampy* (DN 20) e *Flypper* (DN 32)

6.4.3.3 Rede de comunicação

A rede de comunicação adotada na Universidade empregou a tecnologia de barramento de campo, segundo o padrão *M-BUS*, para interligar os diversos hidrômetros eletrônicos instalados no *campus* ao computador central. Para realizar a comunicação, a rede dispõe de uma rede ramificada de cabos (lançados através de

duros), equipamentos responsáveis pela interface de comunicação (entre os hidrômetros e o microcomputador), equipamentos responsáveis pela regeneração ou simplesmente amplificação do sinal, e sistema de aterramento para sua proteção contra descargas atmosféricas.

Procurou-se a melhor forma para sua implementação, atendendo aos requisitos técnicos e econômicos, mas sem desconsiderar aspectos como pessoal disponível e facilidades existentes. Com este intuito, aproveitou-se a infra-estrutura da rede de telefonia da USP, sob responsabilidade de sua Divisão de Telecomunicações – DTe.

O sistema telefônico do *campus* está estruturado, basicamente, em três níveis:

- Central Telefônica – uma central geral de supervisão, controle e comutação para todo o *campus*, localizada na sede da DTe;
- Centros de Distribuição – localizados em algumas Unidades da USP, nos quais estão instalados os amplificadores e/ou regeneradores de sinal;
- Distribuidores Gerais (DGs) – localizados vários edifícios de todas as Unidades.

Estes níveis são interligados por uma rede de cabos telefônicos. A partir dos DGs faz-se a comunicação com os ramais ou pequenos quadros de distribuição, que por sua vez atingem os ramais restantes. O par de um ramal é de uso exclusivo do mesmo desde o ponto do telefone até a Central Telefônica. Desta forma, há uma concentração de pares em cabos cada vez maiores em direção à Central (até algumas centenas de pares em um único cabo). Esta estrutura de rede assemelha-se a uma distribuição em estrela, em diversos níveis, mas com toda a comunicação controlada pela Central.

Optou-se, portanto, pelo uso de pares de fios disponíveis nos cabos telefônicos existentes, para as ligações entre os três níveis (vencendo as maiores distâncias). Para os trechos finais compreendidos entre DGs (ou quadros) e os hidrômetros, construiu-se trechos de rede exclusivos para a telemedição com a utilização de dutos enterrados e lançamento de cabos. Já a Central de Gerenciamento da Telemedição foi

interligada à rede de comunicação através de sua ligação ao DG localizado no mesmo edifício desta Central.

Apesar do compartilhamento desta rede física de cabos e quadros de distribuição com o sistema de telemedição, a rede *M-BUS* mantém-se isolada dos sinais gerados pelos equipamentos do sistema telefônico. Os diversos pares do sistema *M-BUS* são conectados em vários quadros de distribuição formando a rede única de telemedição. Para identificação dos pares é adotada a numeração do par do quadro de distribuição, estando o controle centralizado na DTe.

Por ter sido utilizada a infra-estrutura de um sistema pré-existente, incorporou-se alguns problemas desta. Mas mesmo com todas as interferências envolvidas, os problemas puderam minimizados por um estudo de otimização da rede realizado antes da passagem de dutos e cabos. É recomendável que sejam planejados o traçado da rede de telemedição e a definição de quantos e quais hidrômetros serão ligados a cada amplificador e/ou regenerador, de modo a reduzir o comprimento total da rede.

Em resumo, a implantação da rede de comunicação incluiu:

- Definição dos circuitos – de conhecimento do traçado original da Telefonia, deve-se realizar um estudo da rede de telemedição (posicionamento dos hidrômetros, dos amplificadores e/ou regeneradores e traçado da rede), objetivando-se o menor comprimento de rede e uma distribuição equilibrada de medidores ligados a cada amplificador e/ou regenerador de sinal;
- Passagem de dutos e cabos – que deve considerar a posição dos abrigos, o traçado e características da rede de telefonia já existente, a interferência com demais sistemas subterrâneos e os padrões de segurança de tubulações enterradas;
- Instalação da interface de comunicação, dos amplificadores e/ou regeneradores de sinal – deve-se buscar a qualidade do sinal e comunicação estável através da otimização da rede de telemedição e escolha adequada da posição dos amplificadores e/ou regeneradores;

- Conexão no abrigo – ligação dos fios do hidrômetro aos do cabo da rede que chega no abrigo. O pessoal da Telefonia deve, então, ser avisado para efetivar a ligação ao DG.

A realização destes serviços tem contado com a participação de pessoal técnico da DTe como responsáveis pela contratação dos serviços de execução de redes, pela interligação das diversas linhas e equipamentos, e pelo suporte aos testes e manutenção realizados em campo. Considerando-se o nível de interferências entre sistemas existentes em campo, durante a passagem destes dutos, assim como na execução do aterramento, deve-se contar também com acompanhamento de pessoal da manutenção dos sistemas de energia elétrica e hidráulica do *campus* (PCO), a fim de minimizar danos a outros sistemas.

Após a conclusão das ligações, devem ser seguidas rotinas de testes de reavaliação sistemática da consistência da rede, visando à verificação da estabilidade de comunicação entre os hidrômetros instalados e a Central de Gerenciamento da Telemedição.

6.4.3.3.1 Dutos e cabos

Os trechos novos, compreendidos entre os DGs e os abrigos de hidrômetros, foram executados lançando-se um cabo do distribuidor até a caixa de passagem externa mais próxima do abrigo. Foram posicionados eletrodutos de PVC de 50 mm de diâmetro em vala escavada entre a caixa externa da telefonia e o abrigo de hidrômetro. A entrada dos dutos no abrigo foi pelo piso ou por uma das paredes, sempre ao nível do piso. A conexão entre cabos e entre cabo e medidor foi realizada com a utilização de conectores elétricos ou por trançamento do núcleo metálico seguido de revestimento com fita isolante.

O cabeamento adotado para o barramento *M-BUS* é constituído por cabos de pares de fios de cobre trançados, podendo ou não serem blindados. Este cabeamento pode ser o mesmo utilizado pelo sistema telefônico convencional, bastando haver um par livre

e exclusivo para o sistema de telemedição. O cabo recomendado para este uso é o *JYSTY* 2 x 2 x 0,8 mm (73 Ohm/km e 100 nF/km, valores de referência) para que se obtenha uma melhor comunicação. Todos os medidores são conectados em paralelo à rede *M-BUS*.

Observa-se ainda como características da rede de telemedição o seu grau de exposição e a sua extensão. A rede é completamente enterrada (como as dos demais sistemas da USP) não se utilizando de dutos e cabos expostos às intempéries, estendendo-se por uma distância superior a 10 km considerando-se apenas os trechos do sistema telefônico. Poucos incidentes de rompimento de rede aconteceram, nos trechos do sistema telefônico e nos trechos exclusivos do sistema de telemedição. Foram acidentes pontuais decorrentes de escavações para reparo de outros sistemas e de cravações de estacas em obras.

6.4.3.3.2 Interface de comunicação, amplificadores e regeneradores de sinal

A interface de comunicação, os amplificadores e os regeneradores de sinal são elementos da rede de comunicação que foram utilizados com o intuito de condicionar os sinais para tráfego pela rede, permitindo a manutenção de suas características originais e em condições suficientes para que se estabelecesse a comunicação com todos os hidrômetros.

A interface de comunicação é um equipamento com programa residente responsável pela conversão do protocolo de comunicação serial do microcomputador de *EIA RS232 C* para o padrão *M-BUS*, em ambos os sentidos, permitindo a comunicação entre computador e a rede de hidrômetros.

Esta interface é instalada junto ao computador da Central de Gerenciamento de Telemedição, sendo elemento indispensável da rede de comunicação em função das características limitantes do protocolo *EIA RS232C*: comunicação apenas entre dois dispositivos, ponto a ponto, em distâncias não superiores a 15 metros. Assim sendo, a interface repete e converte a mensagem enviada pelo computador aos hidrômetros e

vice-versa, permitindo a comunicação entre vários elementos a uma distância de centenas de metros. A interface também é a responsável pela alimentação dos medidores.

Em função das dimensões e das características da rede de comunicação, houve uma degradação da qualidade do sinal *M-BUS* que impossibilitou a comunicação direta com todos os hidrômetros, tornando necessária a utilização de amplificadores ou de regeneradores de sinal. Estes equipamentos estão localizados em Centros de Distribuição (em geral na DTe, Reitoria da USP e Instituto de Ciências Biomédicas) de forma a atender partes distintas da rede de comunicação, posicionados a distâncias regulares uns dos outros (de 1 a 1,5 km), interligando uma quantidade aproximadamente igual de medidores aos mesmos.

Os amplificadores de sinal empregados são dispositivos que simplesmente ampliam o sinal *M-BUS* recebido sem restaurar suas propriedades, eliminando-se os efeitos causados pela atenuação ao longo da rede.

Os regeneradores de sinal que foram utilizados são dispositivos eletrônicos digitais que além de ampliarem os sinais *M-BUS*, restauram suas propriedades mantendo as características originais. Os efeitos de atenuação e diafonia são eliminados.

A Figura 6.4.3.3.2.1 apresenta três modelos que foram empregados na USP (da esquerda para a direita): um equipamento que pode ser utilizado como interface de comunicação e regenerador de sinal (modelo *Hydro-center*, fabricado pela *Hydrometer*) – podendo ser instalado tanto junto ao computador como nos Centros de Distribuição, uma interface de comunicação e um amplificador de sinal (ambos modelos da *Relay* que apresentam apenas uma função).

Figura 6.4.3.3.2.1 – Interface/regenerador de sinal, interface de comunicação e amplificador de sinal (da esquerda para a direita)

O modelo de interface da *Relay* é um equipamento indicado para até 250 medidores (375 mA), com tensão operacional de saída de 36 a 42,5 Vcc e capacidade de 435 mA para a rede *M-BUS*, sendo alimentados a 42 Vcc e 650 mA. Já o modelo da *Hydrometer* possui como características capacidade para até 250 medidores (373 mA), com tensão operacional de saída de 37 a 41 Vcc e 470 mA para a rede *M-BUS*. Os equipamentos são compatíveis entre si e podem operar a diversas velocidades (em 300, 600, 1200, 2400, 4800 ou 9600 Bd).

A instalação desses equipamentos na rede permitiu que a leitura de dados de hidrômetros distantes fosse realizada.

A adoção simultânea de modelos com características diferentes ocorreu em função da queima de alguns destes por descargas elétricas atmosféricas, acarretando na compra de novos modelos.

Os termos de garantia inicial dos produtos (hidrômetros, interfaces, amplificadores, regeneradores, etc.) e sistemas empregados, assim como o necessário serviço permanente de suporte técnico da empresa fornecedora não devem ser esquecidos.

6.4.3.3.3 Sistema de aterramento

A despeito do baixo grau de exposição da rede de telemedição (com todas as tubulações enterradas) e da existência de proteção elétrica nos quadros e centrais da Telefonia USP, algumas ocorrências de queima da porta de comunicação *M-BUS* e de toda a relojoaria eletrônica dos hidrômetros foram verificadas. Após investigações realizadas juntamente com a *ABB*, chegou-se à conclusão que tais ocorrências teriam sido causadas por picos de corrente na rede de telemedição oriundos de descargas atmosféricas. As condições topográficas do *campus*, com muitos descampados sem construções, e a extensão da rede possibilitaram tais incidentes. Desta forma, verificou-se a necessidade de um sistema de proteção aos medidores, posteriormente definido pela *ABB* e implementado pela USP.

Junto aos abrigos de hidrômetros foram feitas proteções contra surtos elétricos transitórios especialmente os provenientes de descargas atmosféricas. O sistema adotou um protetor para cada hidrômetro (modelo S.900.PE.010 da marca Clamper), sendo inserido em série, entre a rede e o par de fios do hidrômetro.

O aterramento, propriamente dito, foi executado com a utilização de hastes de aterramento de cobre (eletrodo de 2 m de comprimento), cabos de cobre de seção aproximada de 20 mm², conectores e caixas de aterramento com tampa em aço galvanizado. Em função do parâmetro limite de resistividade do solo de 30 Ohm.m (fornecido pelo fabricante dos hidrômetros) e da resistividade encontrada no local, determinou-se o número de hastes de aterramento e a necessidade de tratamento químico do solo (a base de gel de silicato hidratado de alumínio). No mínimo, uma haste era cravada em solo – mesmo que a resistividade local fosse abaixo do parâmetro limite – e em outros casos, três pontos com tratamento do solo e cravação de haste foram adotados. Neste último caso, os pontos eram dispostos colinearmente adotando-se uma distância de 3 metros entre hastes, sendo unidos por cabos de cobre soldados às hastes ou fixados com o uso de abraçadeiras. Um último cabo fazia a ligação do eletrodo ao protetor inserido na rede de telemedição, no interior do abrigo de hidrômetro.

A implantação do sistema de aterramento inclui, portanto:

- Primeira medição da resistividade do solo – realizada próximo a cada ponto de setorização, através da utilização de um terrômetro calibrado (medidor da resistência do eletrodo terra e da resistividade do solo envolvente);
- Cravação das hastes e ligação com o fio terra;
- Tratamento do solo – executado quando necessário;
- Segunda Medição – realizada após o aterramento ou tratamento (quando este ocorrer) para verificar o novo valor de resistividade do solo;
- Instalação dos protetores contra surtos elétricos transitórios.

A Figura 6.4.3.3.3.1 apresenta um exemplo de execução de aterramento, no qual estão presentes a haste, o fio terra, a cordoalha e fio do terrômetro, ligado este último à haste para fins de medição da resistividade do solo.

Figura 6.4.3.3.3.1 – Haste, fio terra, cordoalha e fio do terrômetro utilizados na execução do sistema de aterramento

6.4.3.4 Central de Gerenciamento da Telemedição

A Central de Gerenciamento da Telemedição (Figura 6.4.3.4.1) encontra-se localizada no Laboratório de Sistemas Prediais do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (LSP/PCC/EPUSP), no Edifício de Engenharia Civil (Paula Souza). Esta Central é composta por um microcomputador de uso exclusivo para o Sistema de Telemedição, dotado de um programa de supervisão (comunicação e gerenciamento do sistema *M-BUS*) e gestão. Junto ao

computador está instalada a interface de comunicação entre este e a rede de telemedição, conforme descrito na Seção 6.4.3.2.

Figura 6.4.3.4.1 – Central de Gerenciamento da Telemedição

O computador utilizado é um microcomputador compatível com o padrão *IBM-PC*, com processador *Intel Pentium II*, de 300 MHz, com 64 Mb de memória *RAM*, disco rígido de 3 Gb e sistema operacional *Windows 95*. Essas características técnicas atendem às necessidades mínimas do programa (*Pentium*, 16 Mb de memória, 2 Mb de espaço em disco rígido para instalação, *Windows 95*). A comunicação com a interface é realizada por uma porta de comunicação serial padrão *EIA RS232C*.

Apesar da instalação dos amplificadores e/ou regeneradores, problemas de comunicação entre os hidrômetros e a Central de Gerenciamento da Telemedição têm persistido. Tais problemas ainda estão sendo investigados para permitir uma comunicação mais confiável – em termos de integridade dos dados e permanência do sistema em operação regular, e ampla – com possibilidade de expansão da rede para um maior número de pontos de hidrômetros. Não estão descartadas entre as causas as oriundas do programa e computador (programa de telemedição, sistema operacional, *hardware*, falta de compatibilidade entre eles, etc.), da rede de telemedição (integridade física, interferências externas, características intrínsecas inadequadas ao propósito, etc.) e dos hidrômetros eletrônicos (mau funcionamento de um dispositivo, comprometendo a comunicação de toda a rede).

6.4.3.4.1 Programas de supervisão e gestão

Desde 1998, foram adotados pelo menos quatro diferentes programas, cada um deles com características próprias de interface com o usuário, dados disponíveis e possibilidades de operações com estes dados. Os programas utilizados foram o *PSGVIS*, o *DOKOM CS*, o *Hidrobust* e mais recentemente o *Hydronet*.

O primeiro programa utilizado foi o *PSGVIS*, programa de origem européia, adotado para a telemedição dos hidrômetros da *Hydrometer*. O *PSGVIS* é um pacote de aplicativos responsáveis pela configuração, estabelecimento, controle e supervisão da comunicação, possibilitando o monitoramento em tempo real das grandezas associadas aos medidores e o armazenamento das informações em bancos de dados. O *PSGVIS* foi concebido como um programa de aplicação industrial, voltado à medição remota de vários tipos de insumos (energéticos, vapor, gás, água, processos, etc.). Em virtude de não ser um programa dedicado ao monitoramento de hidrômetros com fins de gestão da demanda de água, apresentava limitações ao uso e recursos pouco utilizáveis.

Para suprir tal necessidade a *ABB* desenvolveu o *Hidrobust*, aplicativo dedicado à telemedição dos hidrômetros eletrônicos da *Hydrometer* (e outros, segundo o fabricante), em português. O *Hidrobust*, utilizado em 2000 e 2001, trouxe uma série de facilidades como uma interface sistema-usuário mais adequada; a possibilidade de se trabalhar, visualizar e exportar dados e gráficos com maior simplicidade; a atribuição de perfis de consumo para cada ligação definindo padrões e acionando alarmes na ocorrência de anomalias extraordinárias; a configuração individual e a identificação completa de cada hidrômetro, e a possibilidade de se emitir faturas.

Apesar de ser um programa mais adequado para a telemedição dos hidrômetros, segundo a proposta da gestão da demanda da água do *campus*, quando comparado ao anterior, o *Hidrobust* foi substituído pelo *Hydronet* em 2002. Esta substituição foi motivada por problemas como os freqüentes corrompimentos de seu banco de dados, (*Paradox*). O novo programa, baseado em banco de dados *SQL*, apresentou-se mais

estável em situações de operação contínua um grande banco de dados, apresentando também o recurso de cópia de segurança automática.

As Figuras 6.4.3.4.1.1 e 6.4.3.4.1.2 apresentam alguns recursos do programa *Hydronet*, como o levantamento do perfil de consumo de uma edificação (vazão em função do tempo) e a listagem dos dados de totalização do consumo e vazão instantânea de todos os pontos de telemedição.

Figura 6.4.3.4.1.1 – Levantamento do perfil de consumo de um edifício

The screenshot shows the 'HYDRO-NET Client 2' window. On the left is a tree view of measurement points. The main area displays a table with the following columns: 'No. ponto de medição', 'Ponto de medição', 'Unidade fis.', 'Data/Tempo', 'Atual', and 'Consumo/h'. The table lists various points such as 'REITO-BLOCO K', 'BARRACOES 1', 'CENTRO DE CONVIVENCIA', 'ELETTRICA', 'MINAS METAL', 'NAVAL', 'MECANICA', 'SEMI-INDUSTRIAL', 'HIDRAULICA 1', 'HISTORIA / GEOGRAFIA', 'ADMIN. FFLCH', 'FEA 2', 'FEA 3', 'FEA 4', 'FEA 5', 'FEA 6', 'FEA SWEDEN', 'IO', 'FO', 'CONSUMO ECA', 'ECA', 'ECA BLOCOS ABC', 'CONJUNTO DAS ARTES', 'CONSUMO CRUSP', 'CRUSP BL A', 'CRUSP BL B', 'CRUSP BL D', 'CRUSP BL E', 'CRUSP BL F', 'CRUSP BL G', 'LAVANDERIA BL B', 'CRECHE DESTE', 'IB ERNESTO I', and 'IB ADMINISTRACAO'. Each row shows the unit (Volume [m³]), the date and time (2002-12-18 17:15), the current value, and the hourly consumption.

No. ponto de medição	Ponto de medição	Unidade fis.	Data/Tempo	Atual	Consumo/h
0101	REITO-BLOCO K	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	11326,330	1,920
0102	REITO-BLOCO L	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	8362,510	1,200
0105	BARRACOES 1	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	870,093	0,684
0106	BARRACOES 2	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	3717,430	0,120
0107	BARRACOES 3	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	3866,120	4,320
0108	BARRACOES 4	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	1240,470	0,000
0109	CENTRO DE CONVIVENCIA	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	13043,590	0,360
0110	ANITEATRO DE CONVENCOCES	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	1773,780	0,120
0301	ELETTRICA	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	35520,680	3,480
0302	BIE/PROD	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	1800,454	0,180
0304	CIVIL	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	58453,670	2,760
0307	MINAS METAL	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	81804,280	4,560
0308	NAVAL	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	29429,130	1,680
0309	MECANICA	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	12125,720	0,480
0310	SEMI-INDUSTRIAL	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	12600,890	0,480
0312	HIDRAULICA 1	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	1107,430	1,080
0313	HIDRAULICA 2	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	858,590	0,060
0801	ADMIN. FFLCH	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	6342,280	0,960
0802	CIENC SOCIAIS	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	8729,350	4,560
0803	HISTORIA / GEOGRAFIA	Volume [m³]	2002-05-04 00:50	20920,580	0,984
0901	FCF BL 138	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	14104,520	0,000
120101	FEA 2	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	4874,920	0,120
120102	FEA 3	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	6034,150	0,360
120103	FEA 4	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	24750,650	1,200
120103_V	FEA 4 VIRTUAL	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	-12776,910	0,120
120104	FEA 5	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	7665,700	0,120
120105	FEA 6	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	1307,680	0,480
120106	FEA SWEDEN	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	17645,130	0,000
2101	IO	Volume [m³]	2003-01-09 16:59		
2301	FO	Volume [m³]	2003-01-09 16:59		
27	CONSUMO ECA	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	37680,780	1,560
2701	ECA	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	3502,460	0,240
2702	ECA BLOCOS ABC	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	14990,050	0,600
2703	CONJUNTO DAS ARTES	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	13188,270	0,720
3501	CONSUMO CRUSP	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	124162,460	9,600
3502	CRUSP BL A	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	18712,130	1,200
3503	CRUSP BL B	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	16473,400	1,680
3504	CRUSP BL D	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	26641,050	1,920
3505	CRUSP BL E	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	31529,440	3,120
3506	CRUSP BL F	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	21502,330	1,440
3507	CRUSP BL G	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	25777,450	1,920
3508	LAVANDERIA BL B	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	3160,430	0,240
3511	CRECHE DESTE	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	5795,480	0,240
4101	IB ERNESTO I	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	11552,670	0,480
4103	IB ADMINISTRACAO	Volume [m³]	2002-12-18 17:15	2665,320	0,360

Figura 6.4.3.4.1.2 – Listagem dos dados de totalização do consumo e vazão instantânea

O programa *DOKOM CS*, que acompanhava os medidores da *Meinecke*, foi utilizado em 1999. Ele tinha os mesmos problemas de desenvolvimento do sistema (em estágio experimental, ainda não operacional) e compatibilidade com hidrômetros de outros fabricantes, deixando de ser utilizado em meados do mesmo ano, juntamente com os hidrômetros da *Meinecke*.

Após vários problemas enfrentados, tornou-se evidente a importância de um programa *customizado*, compatível com a realidade e as necessidades da Universidade. No caso de PURA-USP, a melhor solução indicava um programa estruturado em três módulos (de Aquisição, Armazenamento e Gestão), contemplando três níveis de permissão (Administrador PURA-USP, Clientes-Reitoria e Clientes-Unidades).

A experiência acumulada aponta para a necessidade que um programa de supervisão e gestão apresente uma série de ferramentas como:

- Geração de gráficos de periodicidade variável e alarmes quando da ocorrência de anomalias no consumo (vazamentos ou consumo elevado) ou erros no sistema;

- Realização de operações lógicas com diversos hidrômetros reais e virtuais (adição, subtração, multiplicação e divisão entre resultados de medições e/ou constantes numéricas);
- Geração de indicadores de consumo;
- Possibilidade de previsão do consumo (através de dados da série histórica);
- Utilização de mapas com *status* de consumo;
- Emissão de faturas e relatórios;
- Possibilidade de exportação dos dados para utilização em planilhas, bancos de dados externos e outros programas.

7 GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO PURA-USP

7.1 Gestão da demanda e seus instrumentos

A gestão da demanda da água no *Campus* CUASO era realizada de forma ineficiente antes da criação do Programa de Uso Racional da Água da USP e posterior introdução da medição setorizada e da telemedição.

Todo o abastecimento de água não era controlado ou acompanhado diretamente. Os valores de consumo registrados nos hidrômetros instalados no *Campus* eram lidos pelos leituristas da Sabesp apenas para fins de tarifação mensal. Como a responsabilidade pelo pagamento de todas as contas e faturas de água era da Reitoria, as Unidades, que representam os usuários finais, não se preocupavam em realizar leituras ou acompanhar os seus consumos. Assim, os desperdícios decorrentes de perdas nos sistemas e de uso excessivo da água não eram combatidos, salvo implicassem em transtornos ou na impossibilidade de funcionamento de algum sistema.

A Reitoria registrava os valores de consumo de cada ligação (que totalizavam cerca de 120 ligações) ao receber as contas e realizava um acompanhamento comparando-se o consumo de cada ligação com o dos meses anteriores. Em caso de grande aumento de consumo, a seção de manutenção hidráulica da Prefeitura do *Campus* era chamada para realizar uma verificação.

Esta prática apresentava grandes limitações uma vez que a comparação era realizada sobre uma média de consumo que poderia corresponder a um uso ineficiente de água, pois a Reitoria não tinha condições de avaliar à distância como era o uso da água. Como as leituras realizadas em um mês pela Sabesp são utilizadas para a emissão de contas e faturas com vencimento no mês posterior ao seguinte, qualquer aumento de consumo que representasse um vazamento seria percebido somente após várias

semanas. Em consequência desta situação e do estado dos sistemas hidráulicos prediais, os consumos de água eram muito elevados.

Com a criação do PURA-USP na Universidade, uma nova estrutura de gestão da demanda da água foi adotada.

A Equipe Técnica do PURA-USP foi incumbida da gestão da demanda de água e passou a constituir o centro de informações a respeito do uso da água no *Campus*. Manteve contatos ativos com a Reitoria, as Unidades, o setor de manutenção hidráulica da Prefeitura e do FUNDUSP e com a Sabesp, verificando-se:

- Cadastro das ligações – identificação das ligações ativas pertencentes à USP e irregularidades;
- Estado das ligações – estado físico dos abrigos, cavaletes e hidrômetros;
- Contas e faturas – verificação dos valores, cobranças indevidas, dívidas, etc.;
- Sistemas prediais – documentação dos sistemas hidráulicos prediais das Unidades (constituição e estado de conservação dos sistemas de suprimento de água fria e de equipamentos, uso dos sistemas, rotinas de manutenção, etc.);
- Consumo de água.

Estas atividades foram realizadas com vistorias e pesquisas de campo, consultas às seções de manutenção (informações obtidas oralmente e através da documentação existente) e diversas reuniões (com membros da área técnica e comercial da Sabesp, com pessoal do Departamento Financeiro da Reitoria e com as Comissões PURA-USP e PURA-UNIDADE).

O PURA-USP preocupou-se em ter o domínio da informação sobre estas questões para regularizar as situações pendentes tendo como foco principal a economia de água a ser obtida com o seu uso racional. Para atingir este objetivo era fundamental dispor de dados sobre o consumo de água que permitissem avaliar a eficiência do uso da água e das ações de economia adotadas e reduzir os desperdícios. Os dados teriam que ser em maior quantidade e sua obtenção, com maior rapidez, para que quaisquer ocorrências fossem logo percebidas e as ações sobre os sistemas tomadas,

minimizando-se as perdas. A medição setorizada e a telemedição foram os instrumentos de gestão da demanda de água adotados para a obtenção destes dados de consumo (conforme descritos no Capítulo 6).

Outras fontes de dados também foram adotadas. Os dados provenientes de contas e faturas continuaram a ser utilizadas como fontes complementares, principalmente para verificação dos valores de consumo anteriores às atividades do PURA-USP, com fins de levantamento de histórico. Leituras diárias de hidrômetros foram estabelecidas em locais onde a telemedição não fora implantada, sendo realizadas por leituristas do PURA-USP e por membros das Comissões PURA-UNIDADE, complementando-se os registros dos consumos, para fins de gestão.

Dados de outra natureza como os de área construída, população e sistemas existentes – adquiridos na fase de implantação do PURA-USP e da medição setorizada – foram adotados para a criação dos parâmetros de controle. Os parâmetros de controle diretamente obtidos (consumo) e indiretamente obtidos (indicadores) permitiram o conhecimento dos usos da água em diversos sistemas instalados no *Campus*.

Como exemplo, a Figura 7.1.1 apresenta os gráficos de consumos mensais das Unidades das Fases 1 e 2, que permitiram conclusões importantes como:

- Verificação dos efeitos das ações de economia e suas durações (redução expressiva do consumo, manutenção dos patamares de consumo atingidos);
- Inexistência de sazonalidade expressiva do consumo em função do período corrente (letivo ou de férias) ou da estação do ano.

Fonte: PURA-USP (2002)

Figura 7.1.1 – Consumos mensais das Unidades das Fases 1 e 2

Os usuários também constituíram importante fonte de informações sobre o consumo de água e desempenho de sistemas e equipamentos. Contatos diretos realizados com o PURA-USP relatando a identificação de vazamentos ou outras ocorrências agilizaram o processo de correção ou complementaram a caracterização dos problemas encontrados. A Equipe Técnica do PURA-USP também realizou vistorias para a investigação de anomalias de consumo identificadas, localizando pontos de grande perda de água (no Instituto de Física, na área dos galpões da Reitoria, no Instituto de Psicologia, entre outros).

Com a informação adequada ao uso para a gestão da demanda de água, os procedimentos de intervenção foram definidos. Estes procedimentos consistiam em formas de disponibilização das informações obtidas às equipes de manutenção já existentes (nas Unidades, na Prefeitura do *Campus* e no FUNDUSP) e aos responsáveis pela administração geral das Unidades e da USP.

Assim, as informações obtidas e tratadas eram transmitidas (via contato telefônico, *e-mail*, documentos impressos e outras formas), com as características das anomalias de consumo observadas (localização e causa prováveis, data e horário de início, vazão, volume perdido, etc.) e registrados os contatos realizados. Também era solicitado o retorno das informações com a solução executada, para que fossem registradas e arquivadas.

Além da questão das perdas de água e consumos excessivos, rotinas de conferência de leituras de hidrômetros foram estabelecidas entre a USP e a Sabesp, com o intuito de evitar erros de lançamento de valores indevidos nas faturas. Estimativas de consumo também vêm sendo realizadas com a finalidade de planejamento do orçamento anual da Universidade (referente ao custeio de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto). Estas estimativas, baseadas em dados mais confiáveis, têm permitido a obtenção de valores com menores incertezas.

Alguns resultados obtidos com esta nova estrutura de gestão e em função da adoção da medição setorizada e da telemedição podem ser verificados nos exemplos apresentados a seguir.

7.2 Resultados obtidos

Os três exemplos apresentados a seguir representam alguns dos resultados obtidos com o emprego da medição setorizada e telemedição na gestão da demanda de água no *Campus* CUASO.

7.2.1 Exemplo A – EPUSP Engenharia Elétrica

O edifício de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP é composto por quatro blocos (A, B, C e D) interligados e alimentados a partir de uma mesma ligação da Sabesp (Figura 7.2.1.1, ponto em azul). O edifício não possui reservatório inferior. Os blocos A, C e D (correspondentes às áreas em laranja 030101 a 030103) apresentam reservatórios superiores. O bloco B apresenta poucos pontos de

consumo, sendo estes alimentados basicamente pelos ramais conectados diretamente ao alimentador predial (como o ponto da lanchonete, 030105, identificado na figura). O galpão da Pós-graduação tem alimentação independente (030104). Alguns equipamentos laboratoriais também são ligados diretamente ao alimentador predial. O consumo mensal médio do conjunto dos quatro blocos é de 1500 m³.

Figura 7.2.1.1 – Planta da Engenharia Elétrica

Para realizar a medição setorizada do consumo de água do edifício, adotou-se o nível de setorização dos blocos, conforme definido na fase de planejamento da setorização. Assim, os pontos de instalação dos medidores foram determinados: blocos A, C e D – próximo ao reservatório, na tubulação de recalque; galpão da Pós-graduação – no alimentador predial; bloco B – no ramal da lanchonete.

No dimensionamento dos medidores foram considerados: o consumo do conjunto, a distribuição dos sanitários e dos equipamentos, a ocupação do edifício (adotada como uniforme), os diâmetros das redes de recalque e distribuição, e as vazões esperadas em cada trecho. Foram adotados hidrômetros de vazão nominal de 15 m³/h para os blocos A, C e D e de 1,5 m³/h para o galpão e a lanchonete. A instalação dos hidrômetros foi realizada por uma empresa contratada para a execução da setorização nos edifícios da Escola Politécnica.

A gestão da demanda de água do edifício da Engenharia Elétrica, com a utilização dos dados obtidos, permitiu a identificação de uma grande anomalia de consumo.

No dia 09 de junho de 2002, às 22:30, houve um súbito aumento de consumo registrado no medidor principal. A vazão esperada para o período (domingo à noite) era inferior a 1 m³/h (devido a operação de alguns equipamentos laboratoriais) e a indicada foi de 15 m³/h. A curva de vazões do medidor principal apresentava características de rompimento súbito de uma tubulação. Os dados de leitura dos medidores de setorização indicavam a ocorrência de vazamento no trecho compreendido entre o medidor principal e os de setorização.

A comunicação do vazamento à equipe de manutenção da EPUSP foi realizada para localização precisa do vazamento e reparo imediato. O vazamento foi localizado em trecho enterrado do alimentador predial, no estacionamento (próximo a um muro lateral do bloco C). A Figura 7.2.1.2 ilustra o vazamento.

Figura 7.2.1.2 – Localização e detalhe do vazamento

O vazamento identificado não poderia ser reparado pela equipe de manutenção da EPUSP visto a necessidade de equipamentos para escavação profunda (retroescavadeira) e demolição de pavimento asfáltico (rompedor pneumático). O abastecimento de água não poderia ser interrompido nos dias 10 e 11, em decorrência das atividades em andamento. O PURA-USP entrou em contato com o FUNDUSP e comunicou a necessidade de contratação externa do serviço de correção do vazamento.

A Figura 7.2.1.3 apresenta a curva de vazões do hidrômetro da Engenharia Elétrica. No gráfico, pode-se ver o início do vazamento, sua duração, o valor da vazão, o período de interrupção do abastecimento e dos testes e a normalização do abastecimento atingida no dia 13.

Figura 7.2.1.3 – Gráfico da curva de vazões do hidrômetro da Engenharia Elétrica

A quantificação dos volumes perdidos e sua representação em termos econômicos podem ser comparadas com, por exemplo, o consumo mensal, os custos da correção do vazamento e as perdas estimadas caso não se dispusesse da telemedição e da medição setorizada.

Neste exemplo, verificou-se:

- Volume perdido no vazamento: 622,5 m³ (em 41,5 horas a 15 m³/h);
- Custo do vazamento: R\$ 142,20 /h (15 m³/h a R\$ 9,48 /m³);
- Custo total do vazamento: R\$ 5901,30 (622,5 m³ a R\$ 9,48 /m³);
- Impacto no consumo mensal: aumento de 41,5 % (622,5 m³ em 1500 m³/mês);
- Custos estimados da correção do vazamento (material e serviços contratados): R\$ 7000,00.

A hipótese de o vazamento persistir por mais tempo sem correção, caso a telemedição e a medição setorizada não fossem adotadas e a gestão da demanda de água não estivesse estruturada, pode ser considerada realista pois: o vazamento ocorreu numa região de pouco tráfego de pessoas, os responsáveis pela manutenção na EPUSP tomaram ciência do vazamento após contato realizado pelo PURA-USP, os reservatórios dos blocos tinham reserva suficiente para um dia de consumo e a Prefeitura do *Campus* – que possuía os recursos necessários para a correção do problema – estava em greve.

7.2.2 Exemplo B – CCE

O Centro de Computação Eletrônica da USP – CCE, apresenta um de seus blocos alimentado exclusivamente por uma ligação da Sabesp (Figura 7.2.2.1, bloco em destaque). O abastecimento de alguns pontos de consumo deste bloco é realizado indiretamente através de pequenos reservatórios. Outros pontos são abastecidos por ramais diretamente conectados ao alimentador predial. O consumo mensal médio do bloco é de 290 m³.

Figura 7.2.2.1 – Planta do CCE

Apesar da utilização de água ser contínua em alguns pontos de consumo (no sistema de ar condicionado, por exemplo), o crescimento constante da curva de vazão mínima indicava a existência de um vazamento que estava aumentando progressivamente desde o início de junho de 2002 (Figura 7.2.2.2). Durante este período, contatos foram realizados com a administração do CCE mas não se constatou nenhum motivo para o aumento de consumo que descartasse a hipótese de vazamento.

Testes em reservatórios e em redes foram realizados em conjunto com a equipe de manutenção hidráulica do CCE, isolando-se trechos e componentes do sistema e verificando-se os respectivos efeitos no consumo. Os resultados indicaram a existência de vazamento em uma rede enterrada sob o piso de concreto do banheiro. Esta rede, ligada ao alimentador predial, estava sujeita às pressões elevadas da rede pública, o que contribuiu para o surgimento do vazamento e implicou na perda de água em alta vazão. Com a utilização de métodos não destrutivos de detecção de vazamentos enterrados (uso da haste de escuta e de geofone eletrônico), o ponto de vazamento foi localizado e a equipe de manutenção realizou a sua correção. A curva de vazões da Figura 7.2.2.2 apresenta o novo patamar atingido (200 L/h).

Figura 7.2.2.2 – Gráfico da curva de vazões do hidrômetro do CCE

Neste exemplo, verificou-se:

- Volume perdido no vazamento: 480 m³ (em 50 dias a 0,4 m³/h de vazão média);
- Custo do vazamento: R\$ 3,79 /h (0,4 m³/h a R\$ 9,48 /m³);
- Custo total do vazamento: R\$ 4550,40 (480 m³ a R\$ 9,48 /m³);
- Impacto no consumo mensal: aumento de 99,3 % (288 m³ em 290 m³/mês);
- Custos estimados da correção do vazamento (material e mão-de-obra): R\$ 100,00.

7.2.3 Exemplo C – FEA 2

A Faculdade de Economia Administração e Contabilidade – FEA é composta por seis blocos alimentados por uma única ligação da Sabesp. A Figura 7.2.3.1 apresenta o ponto do hidrômetro de tarifação da Concessionária – 1201, em azul – e o esquema da rede de distribuição. Além destes blocos, o edifício de um restaurante também era abastecido a partir desta mesma ligação (situação alterada meses após a execução da setorização). Todos os blocos são independentes e contam com reservatórios superiores (áreas 120101 a 120107, em laranja).

Nesta Unidade, a medição setorizada e a telemedição de hidrômetros foram aplicadas (conforme apresentado no Capítulo 6), adotando-se hidrômetros de 6 m³/h de vazão nominal para os blocos 4, 5 e do restaurante, e de 1,5 m³/h para os blocos 2, 3 e 6.

Figura 7.2.3.1 – Planta e esquema da medição setorizada da FEA

A telemedição do consumo do bloco FEA 2 possibilitou o levantamento do seu perfil de consumo.

Figura 7.2.3.2 – Gráfico da curva de vazões do hidrômetro do bloco FEA2

O gráfico da Figura 7.2.3.2, abrangendo o período de 29 de julho a 11 de agosto de 2002, traz várias informações importantes:

- Como o sistema de abastecimento é o indireto e o hidrômetro está instalado antes do reservatório, verifica-se poucas ocorrências de picos de vazão;
- Nota-se apenas a existência de pequena vazão de abastecimento do reservatório no período noturno. No entanto, como a vazão se anula aos sábados e domingos, a possibilidade de vazamento pode ser descartada;
- Percebe-se a falta de água nos dias 5 e 6 (segunda-feira e terça-feira);
- O retorno do abastecimento no dia 6 à tarde está representado pelo aumento de vazão que se estabiliza num patamar elevado (0,9 m³/h) e se mantém por cerca de um dia;
- Estão representados os perfis de consumo do período de férias (julho) e letivo (agosto). O consumo do período de férias é cerca de metade do consumo do período de aulas.

7.3 Benefícios adicionais e perspectivas da medição setorizada

Outros resultados obtidos com a implantação da telemedição no período de 1998 a 2002 e da medição setorizada nos últimos dois anos também foram muito positivos. Os benefícios alcançados, além de representaram ganhos em termos gerenciais do Programa e de conhecimento adquirido, desdobraram-se também em aspectos acadêmicos. A experiência vivenciada e registrada têm possibilitado o desenvolvimento desta pesquisa acadêmica, enfocando os aspectos técnicos da telemedição e da medição setorizada e de seu uso como instrumento de gestão da demanda de água.

O exemplo da Universidade de São Paulo também contribuiu para a Sabesp consolidar a experiência da telemedição de hidrômetros com a utilização de barramento de campo e verificar o seu potencial de utilização, considerando as vantagens e desvantagens. Os problemas enfrentados têm constituído um conjunto de informações registradas para estudos futuros de implantação da setorização.

A rotina de leituras diárias realizadas *in loco* na CUASO, em hidrômetros ainda não interligados à rede de telemedição, foi introduzida ao cotidiano das comissões PURA-UNIDADE e permitiu um controle mais dinâmico do uso da água. Para os locais nos quais não foi possível ter a leitura realizada pelas Comissões – por motivos operacionais – foram contratados leituristas com a incumbência de realizar leituras, verificar as condições dos hidrômetros e abrigos e relatar as ocorrências (anomalias e incidentes).

Esta prática de realização de leituras sistemáticas aumentou a sensibilidade das Unidades sobre o próprio consumo de água, na medida que as leituras têm sido realizadas por funcionários ligados à Comissão PURA-UNIDADE e à manutenção predial. A partir desta sistemática, anomalias de consumo despertaram a atenção sobre a existência de vazamentos que foram procurados e muitas vezes encontrados e eliminados pelas Unidades.

Outro aspecto de muita relevância foi o resultado de todo o processo de implantação da telemedição e da setorização. O movimento, a decisão e a divulgação da implementação no âmbito do PURA-USP, contribuíram para afirmar a posição da Universidade no tocante à necessidade de uma gestão da demanda de água. A telemedição e a medição setorizada, instrumentos de gestão, despertaram a atenção para a própria gestão.

Como relatado, a deterioração dos sistemas hidráulicos prediais e o conseqüente crescimento do número de vazamentos, as inúmeras alterações e adaptações realizadas nos sistemas, a tendência natural de aumento do consumo com o aumento das atividades realizadas, os altos custos da água fornecida pela concessionária pública e a carência de informações de diversas naturezas sobre a questão da água potável na USP foram os principais elementos que induziram à criação de mecanismos para a mudança do cenário, visto que a estrutura vigente, com atividades não integradas, tem demonstrado eficácia e eficiência limitadas. Uma nova abordagem, multidisciplinar e sistêmica, que objetive o uso racional da água e envolva aspectos administrativos, organizacionais e técnicos, em toda a Universidade, têm sido procurada.

São objetivados para o ano de 2003 a conclusão da implantação da medição setorizada e da telemedição com o aumento do número de abrigos e de hidrômetros eletrônicos instalados, atingindo todas Unidades das Fases 1 e 2. Espera-se elevar o número total de pontos com hidrômetros eletrônicos a cerca de 250. Além da expansão, é procurada uma maior confiabilidade de todo o sistema, permitindo uma leitura de dados dos hidrômetros ao longo de todo tempo.

Para se atingir estes objetivos, percebe-se a necessidade de maior domínio das informações e da organização das ações. Busca-se novos dados sobre as características da rede (caminhamento, extensão, meio físico utilizado, condições das ligações e cadastramento), do *M-BUS* (potencial de utilização), dos equipamentos (vulnerabilidade, durabilidade e funcionamento dos hidrômetros) e do programa

empregado (estabilidade, compatibilidade com o sistema operacional, estrutura do banco de dados, etc.).

Com relação à organização das ações, procura-se levar a entender a implantação completa do sistema de telemedição e da medição setorizada como a realização de um empreendimento, da fase de planejamento até a de operação e manutenção, passando por todas as outras como a de elaboração de projetos e procedimentos, a de construção/implementação e outras, permitindo-se um fluxo de informações entre as etapas e controle.

Outra expectativa é aumentar a eficiência da telemedição como instrumento de gestão da demanda de água através da descentralização das informações geradas com o seu uso. As informações estariam mais próximas dos usuários finais, no nível correspondente às administrações das Unidades e não apenas centralizadas no Programa ou na Reitoria, e ainda em conformidade com os objetivos de transferência das contas para as mesmas. Com este intuito, novas formas de disponibilização dos dados seriam necessárias, sendo que uma em estudo é a adaptação do programa existente para permitir a comunicação de informações via *Internet*, possibilitando a cada Unidade acompanhar o volume medido em cada um de seus hidrômetros. Esta solução não exigiria a instalação de qualquer dispositivo do sistema de telemedição.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho desenvolvido, permitiu-se a verificação da validade do emprego da medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água na Universidade, em especial no contexto permanente do Programa de Uso Racional da Água que tem se desenvolvido desde 1998. O sistema adotado para a leitura remota dos medidores, associado aos medidores de tarifação e de setorização, também permitiu um melhor acompanhamento do abastecimento das Unidades do *campus* de forma a potencializar os benefícios da setorização.

As informações obtidas com estes instrumentos e a nova estrutura de gestão adotada na USP mudaram a relação das principais necessidades para que os sistemas de suprimento de água apresentem desempenho compatível com a proposta do uso racional da água. Se no início muitas dificuldades residiam na falta de informações qualificadas e na indefinição das responsabilidades, hoje os dados disponibilizados indicam necessidades de intervenção em volume superior à capacidade de ação das equipes de manutenção, com relação aos recursos econômicos, humanos e organizacionais que dispõem. Assim, para promover uma economia de água mais significativa e permanente no *campus*, deve-se atentar para esta questão. Vale lembrar que as ações de uso racional da água, como as que foram adotadas pelo PURA-USP, quase sempre apresentam curtos períodos de retorno dos investimentos, o que justificaria todos os esforços.

As considerações levantadas sobre os sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário e o entendimento do novo conjunto implantado para a medição setorizada (composto pelos medidores, abrigos e as respectivas conexões hidráulicas às redes existentes) foram realizados numa abordagem sistêmica e permitiram concluir que somente desta forma é possível a proposta da setorização ser bem sucedida.

As possibilidades de telemedição e o emprego de cada solução devem ser cuidadosamente estudados de forma que se possibilite a solução mais adequada para cada aplicação, visto a variedade de tecnologias existentes e a dinâmica pela qual passa o setor de telemedição. Uma escolha mal feita pode incorrer em limitações de uso, gastos excessivos, ou mesmo na impossibilidade de sua utilização para o fim desejado.

Muitos dos benefícios obtidos e relatados do caso da Universidade de São Paulo podem ser extrapolados para situações semelhantes de implantação da medição setorizada com fins de gestão da demanda de água, devendo-se observar as considerações levantadas e as particularidades de cada aplicação.

LISTA DE REFERÊNCIAS

ABB. **Apresenta a empresa, produtos e serviços.** Disponível em: <<http://www.abb.com/br>>. Acesso em 10 de abr. 2001.

ÁGUA E CIDADE. **Prêmio Água & Cidade.** [s.L.]: 2001. (Apostila do Curso de Gestor Empresarial da Água e do Meio Ambiente - Metodologia).

ALVES, W.C. et al. **Micromedicação.** Brasília: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1999. (DTA - Documento Técnico de Apoio nº D3).

AMORIM, S.V. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Desempenho e Normalização.** São Carlos, 1989. 168p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

_____. **Metodologia para estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais.** São Paulo, 1997. 213p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ANDERSON, M. Implementing Sub-metering Systems to Save Money and Conserve Water. **Plumbing Engineer**, p.35-41, Aug. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - NBR 8009.** Terminologia. 3p. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - NBR 8194.** Padronização. 6p. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **Instalação Predial de Água Fria - NBR 5626.** 41p. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **Medidor velocimétrico para água fria, de 15 m³/h até 1500 m³/h de vazão nominal - NBR 14005.** 13p. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **Medidores velocimétricos de água potável fria até 15 m³/h - NBR NM 212.** 19p. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - NBR 12218.** Rio de Janeiro, 1994.

AUTOMATIC METER READING ASSOCIATION – AMRA. **Apresenta as atividades de regulamentação, normatização e desenvolvimento da leitura automática de medidores.** Disponível em: <<http://www.amra-intl.org/about/amr.htm>>. Acesso em 7 de set. 2001.

BCP. **Apresenta os serviços prestados pela operadora de telefonia celular.**
Disponível em: <<http://www.bcp.com.br/TudoQueaBCPOferece/BCPCorporativo/CDPD.asp>>. Acesso em 11 de nov. 2002.

BELSON, S.; KARGMAN, L.; MALLON, M. Outbound Telephone AMR System Provides Scheduled and On-Demand Water Meter Readings. **Water Engineering & Management**, p.20-21, Aug. 1998.

BIEHL, W. Keep Your SCADA System Working. **Water Engineering & Management**, p.32-35, Sept. 1995.

CARNEY, M.; TRAVIS, J.; SMITH, J. Better large meter accuracy increases revenues, reduces water losses. **Water Engineering & Management**, p.26-28, Jan. 1995.

CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction. **CIB - Agenda 21 para a Construção Sustentável.** São Paulo: Weinstock, 2000, 131p. (Tradução de: *Agenda 21 on sustainable construction*. Relatório CIB - Publicação 237. Gonçalves, I.; Whitaker, T.).

COELHO, A.C. **Medição de água e controle de perdas.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 1983.

COELHO, A.C.; MAYNARD, J.C.B. Medição individualizada de apartamentos em edifícios multi-familiares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19º., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais.** Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1048-1058. 1 CD-ROM.

DEOREO, W.B.; HEANEY, J.P.; MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal AWWA**, v.88, p.79-90, Jan. 1996.

FIDDICK, H. "What is a Fieldbus and Why Should I Care?". **Water Engineering & Management**, p.33-36, July 1995.

FREIRE, C.C.A. **O emprego de Dispositivos Automáticos em Aparelhos Sanitários para o Uso Racional da Água.** São Paulo, 1999. 137p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, O.M. **Contribuições para a Economia e Qualidade dos Sistemas Prediais.** São Paulo, 1997. Concurso de Livre-Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

_____. **Qualidade na Implantação de Sistemas Prediais.** São Paulo, 1997. (Separata de: Contribuições para a Economia e Qualidade dos Sistemas Prediais - Anexo 15. Concurso de Livre-Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo).

_____. **Sistemas Prediais: Avanços Conceituais e Tecnológicos.** São Paulo, 1997. (Separata de: Contribuições para a Economia e Qualidade dos Sistemas Prediais - Anexo 1. Concurso de Livre-Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo).

GONÇALVES, O.M. et al. **Medidas de racionalização do uso da água para grandes consumidores.** Brasília, 1999. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº B3).

GRAÇA, M.E.A.; GONÇALVES, O.M. **Desempenho de Sistemas Prediais: Conceitos Fundamentais.** São Paulo, 1997. (Separata de: Contribuições para a Economia e Qualidade dos Sistemas Prediais - Anexo 14. Concurso de Livre-Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo).

_____. The need of formal operations and maintenance considerations in water supply and drainage systems design process. In: CIB-W62 WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS SYMPOSIUM, 25º., Edinburgh, Sept. 1999. **Proceedings.** Edinburgh: 1999. C.8, 7p.

HYDROMETER. **Apresenta os hidrômetros, equipamentos e o sistema de supervisão e gerenciamento da telemedição.** Disponível em: <<http://www.hydrrometer.de>>. Acessado em 24 de nov. 2002.

ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M. **Sistemas Prediais de Água Fria.** São Paulo: EPUSP, 1994. (Texto Técnico. EPUSP. TT/PCC/08).

JÚNIOR, C.G. Conservação e racionalização da utilização de água, novas ferramentas: registradores e hidrômetros eletrônicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19º., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais.** Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1225-1236. 1 CD-ROM.

KAUFFMAN, D.L.JR. **Sistemas Um: Introdução ao Pensamento Sistêmico.** (Tradução de: *Systems I: An Introduction to Systems Thinking*. Minneapolis: A. S. Carlton Publisher, 1980. The Innovative Learning Series).

KLEMENS, T.P.E. Reflections on Water Conservation: Have We Gone Too Far? - In an ecosystem where balance is a good approach, we must look closely at our plans and actions. **Plumbing Engineer**, v.24, n.8, p.29-31 e 49, Aug. 1996.

LANDI, F.R. **A Evolução Histórica das Instalações Hidráulicas.** São Paulo: EPUSP, 1993. (Boletim Técnico. EPUSP. BT/PCC/100).

LUZ, E.L.B. **Sistemas de Distribuição de Água Fria: Concepção e Dimensionamento.** São Paulo, 1982. 208p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MARQUES, V.A.A.M. **A Inserção do Campus da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", na Malha Urbana da Cidade de São Paulo.** São Paulo, 1998. 186p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

M-BUS. **Apresenta o padrão de comunicação M-BUS.** Disponível em: <<http://www.m-bus.com>>. Acessado em 25 de jan. 2002.

METERING INTERNATIONAL. Steenberg. **Apresenta as atualidades em medição de água, eletricidade e gás, as tecnologias associadas e assuntos correlatos.** DLMS User Association, AWWA, IURPA, AMRA e e-amra.com. Disponível em: <<http://www.metering.com>>. Acessado em 25 de jan. 2002.

NUCCI, N.L.R.; RODRIGUES, E.A.; REIS, L.B. Modelo para a determinação do nível ótimo de micromedição. Enfoque privado e social - um estudo de caso. **Revista DAE**, v.45, p.282-289, set. 1985.

OLIVEIRA, L.H. **Conservação e Combate ao Desperdício de Água - Bibliografia Anotada.** Brasília, 1999. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº A4).

_____. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios.** São Paulo, 1999. 344p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PASSETO, W.; GONÇALVES, O.M. A Methodology to Evaluate Water Use Management Programs in Companies. In: CIB-W62 WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS SYMPOSIUM, 27º., Portoroz, Sept. 2001. **Proceedings.** Portoroz: 2001. C.3, 10p.

PCC-2465 SISTEMAS PREDIAIS I. São Paulo. 2002. **Notas de aula da disciplina PCC-2465 Sistemas Prediais I.** Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/Graduação/pcc465>>. Acesso em 16 de mar. 2002.

PCC-5715 QUALIDADE DE SISTEMAS PREDIAIS. São Paulo. 1999. **Notas de aula da disciplina PCC-5715 Qualidade de Sistemas Prediais.** Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

PCC-5778 GESTÃO DE SISTEMAS PREDIAIS: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO. São Paulo. 1999. **Notas de aula da disciplina PCC-5778 Gestão de Sistemas Prediais: Operação e Manutenção.** Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

PLOESER, J.H.; PIKE, C.W.; KOBRICK, J.D. Nonresidential Water Conservation: A Good Investment. **Journal AWWA**, v.84, p.65-73, Oct. 1992.

PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PURA-USP. **Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo - PURA-USP**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP/PCC/LSP, 2002. (Relatórios nº 1 a 5 e Retrospectivas 1999 a 2002).

_____. São Paulo. **Apresenta o programa, atividades desenvolvidas e resultados**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP/PCC/LSP. Disponível em: < <http://www.pura.poli.usp.br>>. Acesso em: 24 de nov. 2001.

RELAY. **Apresenta informações sobre o padrão de comunicação M-BUS**. Disponível em <<http://www.relay.de>>. Acesso em 24 de nov. 2002.

ROZAS, N. **Implantação de Sistemas de Leitura Automática da Medidores de Insumos Prediais**. São Paulo, 2002. 157p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ROTHSTEIN, E. Water Demand Monitoring in Austin, Texas. **Journal AWWA**, v.84, p.52-58, Oct. 1992.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Portaria nº36/MS/GM, 19/01/1990**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em 14 de jan. 2003.

SANCHEZ, J.G. Dimensionamento de hidrômetros e análise de traço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19º., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1925-1936. 1 CD-ROM.

SATO, M.Y. **Controle de Perdas de Água no Sistema Público de Distribuição de Água**. São Paulo, 1999. 246p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SCHLENGER, D. AMR: A Crucial Element in Developing a Comprehensive Customer Service Strategy. **Water Engineering & Management**, p.20-23, Aug. 1997.

_____. Best Meter Management Practices for Water Utility. **Water Engineering & Management**, p.14-15, Aug. 2000.

SEARS, L. Inbound Technology and Wireless AMR. **Water Engineering & Management**, p.22-23, Sept. 1997.

SILVA, G.S.; TAMAKI, H.O.; GONÇALVES, O.M. **Water conservation programs in university campi – University of São Paulo Case Study**. In: CIB-W62 WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS SYMPOSIUM, 28º., Iasi, Sept. 2002. **Proceedings**. Iasi: 2002. B3, 3p.

SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. Brasília, 1998. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº A1. Sem título).

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECONOMIA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, São Paulo, 1986. **Anais.** São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1986. (ALVES, W. Coordenador Técnico).

SOCAM **Apresenta a empresa, produtos e serviços.** Disponível em: <<http://socam.fr/gb/default2.htm>>. Acesso em 11 de jan. 2003.

TAMAKI, H.O.; SILVA, G.S.; GONÇALVES, O.M. **Submetering as an Element of Water Demand Management in Water Conservation Programs.** In: CIB-W62 WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS SYMPOSIUM, 27º., Portoroz, Sept. 2001. **Proceedings.** Portoroz: 2001. B.2, 10p.

THAME, A.C.M. (Org.) **A Cobrança pelo Uso da Água.** São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração LTDA., 2000. 256p.

TOMAZ, P. **Conservação da água.** São Paulo: Editora Parma Ltda., 1998. 294p.

_____. **Previsão de consumo de água.** Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar Editora, 2000. 250p.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2002. **Portal informativo da Universidade de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.usp.br>>. Acessado em 25 de jan. 2002.

WATER CONSERVATION PLAN GUIDELINES. 1998. **Apresenta as diretrizes para implantação de programas de conservação da água.** USEPA - United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owm/wecongid.htm>>. Acesso em: 24 de nov. 2001.

WORLD WATER RESOURCES AT THE BEGINNING OF THE 21ST CENTURY. **Apresenta a disponibilidade de recursos hídricos no mundo.** UNESCO. 1999. Disponível em: <<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/summary.html>>. Acesso em: 08 de mar. 2001.

YAMADA, E.S. **Os Impactos da Medição Individualizada do Consumo de Água em Edifícios Residenciais Multi-Familiares.** São Paulo, 2001. 111p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

YAMADA, E.S.; PRADO, R.T.A.; IOSHIMOTO, E. Individual Metering of Water Consumption in Residential Buildings. In: CIB-W62 WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS SYMPOSIUM, 25º., Edinburgh, Sept. 1999. **Proceedings.** Edinburgh: 1999. C.1, 7p.

YOSHIMOTO, P.M. et al. Uso Racional da Água - Programa de Economia de Água em Edifícios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19º., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1293-1307. 1 CD-ROM.

ZENTARSKI, D. Ohio City Benefits From AMR Decision. **Water Engineering & Management**, p.34-36, Jan. 1995.

ANEXO A – MEDIDORES DIFERENCIAIS E ESPECIAIS

- **Medidor diferencial: Tubo *Venturi***

O princípio de funcionamento do tubo *Venturi* é a transformação da energia de pressão em energia cinética. Desprezadas as perdas, pode-se calcular a vazão em função dos parâmetros geométricos do tubo e da diferença de altura da coluna manométrica.

- Equação da continuidade: $Q_1 = Q_2$

Como $Q = v \times S$; $v_1 \times S_1 = v_2 \times S_2 \Rightarrow v_2 = v_1 \times \frac{S_1}{S_2}$

Q = vazão;

V = velocidade;

S = área da seção transversal.

- Equação de *Bernoulli* (perdas de carga desprezadas):

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho \times g} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho \times g} + h_2 \quad (H_1 = H_2)$$

P = pressão;

ρ = massa específica;

g = aceleração da gravidade;

h = altura.

Se: $h_1 = h_2$ (estão na mesma altura) e

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho \times g} \quad (\text{a diferença de pressão é equivalente ao produto da diferença de}$$

altura das colunas pelo peso específico da água ($\gamma = \rho \times g$));

tem-se, substituindo na equação de *Bernoulli*:
$$h = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$\text{ou } v_1 = \sqrt{\frac{2g \times h}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1}}, \quad \text{pois } v_2 = v_1 \times \frac{S_1}{S_2}$$

A expressão final da vazão assume a seguinte forma: $Q = v \times S$

$$Q_1 = S_1 \times \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1}} \times \sqrt{h} \quad \text{ou} \quad \boxed{Q_1 = K_1 \times \sqrt{h}}$$

sendo a constante K_1 dependente somente dos parâmetros geométricos.

- **Medidor diferencial: Tubo de Pitot**

O tubo de *Pitot* baseia-se no princípio inverso ao do tubo *Venturi*, sendo o da transformação da energia cinética em energia de pressão. O tubo de *Pitot* apresenta duas tomadas de pressão, conforme ilustra o esquema acima. A diferença de carga, h , equivale à parcela de energia cinética do fluido.

Como, da equação de *Bernoulli*:
$$\frac{P_1}{\rho \times g} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho \times g}; \text{ pois}$$

$$h_1 = h_2 \text{ e } v_1 = 0, \text{ e } \Delta P = P_1 - P_2 = h \times \rho \times g$$

Logo: $h = \frac{v_2^2}{2g}$ ou

$$v = K \times \sqrt{2g \times h}$$

onde K = coeficiente de correção de forma ($K \sim 0,8$ a $0,9$).

- **Medidor diferencial: Placa de orifício**

As equações que representam o comportamento físico do fluido são as mesmas empregadas para o tubo *Venturi*, embora seu princípio de funcionamento seja diferente. No caso, não há a transformação da energia de pressão em energia cinética, mas uma perda de carga (de pressão) do fluido ao passar através da placa.

A perda de carga pode ser medida da mesma forma que no tubo *Venturi*, sabendo que: $\Delta P = P_1 - P_2 = h \times \rho \times g$

Logo:

$$Q = K \times \sqrt{\Delta P}$$

onde K = coeficiente de perda de carga, determinado experimentalmente.

- **Medidor especial: Ultra-sônico**

- **Medidor especial: Eletromagnético**

ANEXO B – CLASSIFICAÇÃO METROLÓGICA DE HIDRÔMETROS

Tabela B1 – Vazões características de medidores velocimétricos de água potável fria até 15 m³/h, em L/h, segundo a classe metrológica e vazão nominal

<i>Classe</i>		<i>Vazão Nominal (m³/h)</i>									
		<i>0,60</i>	<i>0,75</i>	<i>1,0</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>5,0</i>	<i>6,0</i>	<i>10,0</i>	<i>15,0</i>
<i>A</i>	<i>Q_{mín}</i>	24	30	40	60	100	140	200	240	400	600
	<i>Q_t</i>	60	75	100	150	250	350	500	600	1000	1500
<i>B</i>	<i>Q_{mín}</i>	12	15	20	30	50	70	100	120	200	300
	<i>Q_t</i>	48	60	80	120	200	280	400	480	800	1200
<i>C</i>	<i>Q_{mín}</i>	6	7,5	10	15	25	35	50	60	100	150
	<i>Q_t</i>	9	11,25	15	22,5	37,5	52,5	75	90	150	225

Fonte: NBR NM 212/99 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999)

Tabela B2 – Vazões características de medidores velocimétricos para água fria de 15 m³/h até 1500 m³/h de vazão nominal, em m³/h, segundo a classe metrológica e diâmetro nominal

<i>Classe</i>		<i>Diâmetro Nominal (mm)</i>									
		<i>50</i>	<i>65</i>	<i>80</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>500</i>
<i>A</i>	<i>Q_{mín}</i>	1,2	2,0	3,2	4,8	12	20	32	48	80	120
	<i>Q_t</i>	4,5	7,5	12	18	45	75	120	180	300	450
<i>B</i>	<i>Q_{mín}</i>	0,45	0,75	1,2	1,8	4,5	7,5	12	18	30	45
	<i>Q_t</i>	3,0	5,0	8,0	12	30	50	80	120	200	300
<i>C</i>	<i>Q_{mín}</i>	0,09	0,15	0,24	0,36	0,90	-	-	-	-	-
	<i>Q_t</i>	0,225	0,375	0,60	0,90	2,25	-	-	-	-	-

Fonte: NBR 14005/97 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997)

ANEXO C – ABRIGOS PARA INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETROS: ESQUEMAS E MATERIAIS

- Hidrômetro DN 20 (3/4”) – N 0,75 e N 1,5 – 0,75 m³/h e 1,5 m³/h

Item	Discriminação: Abrigo e cavalete de ferro galvanizado	Quantidade
01	Abrigo de concreto ou alvenaria	1
02	Tubo de FºGº 20 (NBR 6580/84) - Classe média	variável
03	Cotovelo de FºGº - 20 (NBR 6943/82)	3
04	Registro de pressão com asa - 20 PB 135 - EB 369	1
05	Tubo espaço hidrômetro monojato 0,75 m ³ /h	1
06	Porca 3/4" latão forja-liga 377 - 20 ou porca 3/4" FºGº (NBR 8194/83)	2
07	Tubete 3/4" latão forja-liga 377 - 20 ou tubete 3/4" FºGº (NBR 8194/83)	2
08	Luva macho/fêmea FºGº along. 90 mm (NBR 6943/82)	1
09	Bujão de FºGº 20 (NBR 6943/82)	1
10	Tê de FºGº 20 x 20 NBR 6943/82 ou cotovelo com saída lateral, FºGº 3/4" (NBR 8194/83)	1
11	Luva de FºGº normal NBR 6943/82	1

Notas:

- 1 - A instalação do abrigo é obrigatória.
- 2 - A porta do abrigo não é obrigatória. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.
- 3 - Colocar o bujão do cotovelo (item 3) somente na inexistência de instalação interna.
- 4 - Roscas conforme ABNT NBR 6414 Fº Gº.
- 5 - Completam o conjunto 2 guarnições do tubete, padrão Sabesp, e 5m de fita seladora.

Fonte: Elaborado a partir de PNCDA DTA D3 (ALVES, 1999)

• **Hidrômetro DN 32 – N 10 – 15 m³/h (Multijato)**

Item	Discriminação: Abrigo e cavalete de ferro galvanizado	Diâmetro (mm)	Quantidade	Norma Técnica
1	Abrigo de concreto ou alvenaria			
2	Bujão de F ³ G ²	32	1	NBR 6943
3	Luva F ³ G ²	32	4	NBR 6943
4	Tubo de F ³ G ² (Classe média)	32	variável	NBR 5580
5	Cotovelo de F ³ G ² 90°	32	1	NBR 6943
6	Registro de gaveta-rosca NBR 6414	32	1	P- EB 387; P-EB 145
7	Curva macho de F ³ G ² 90°	32	4	NBR 6943
8	Bucha de redução F ³ G ²	50 x 32	2	NBR 6943
9	Luva F ³ G ²	50	2	NBR 6943
10	Contra porca F ³ G ²	50	1	NBR 6943
11	Tubo F ³ G ² com rosca corrida (classe média)	50	variável	NBR 6943
12	Tê de F ³ G ²	32 x 20	1	NBR 6943
13	Bujão de F ³ G ²	20	1	NBR 6943
14	União F ³ G ² - assento de ferro	32	1	NBR 6943

Notas:

1 - A porta do abrigo é opcional. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.

2 - Roscas conforme ABNT NBR 6414.

Fonte: Elaborado a partir de PNCDA DTA D3 (ALVES, 1999)

• **Hidrômetro DN 50 – 15 m³/h (Woltmann)**

Item	Discriminação: Abrigo e cavalete de ferro galvanizado	Diâmetro (mm)	Quantidade	Norma Técnica
1	Abrigo de concreto ou alvenaria			
2	Tubo F ² G ² (classe média)	50	variável	NBR 5580
3	Cotovelo de F ² G ² -90° macho e fêmea	50 x 50	1	NBR 6943
4	União de F ² G ² - assento de ferro	50	2	NBR 5580
5	Curva macho de F ² G ²	50	4	NBR 6943
6	Luva F ² G ²	50	4	NBR 6943
7	Contra porca F ² G ²	50	1	NBR 6943
8	Tê de F ² G ²	50 x 25	1	NBR 6943
9	Bucha de redução de F ² G ²	20 x 20	1	NBR 6943
10	Bujão de F ² G ²	20	1	NBR 6943
11	Registro de gaveta - rosca NBR 6414	50	1	P-EB-38; P-EB-145
12	Luva F ² F ² (LBRPA) bolsa e rosca	50 x 50	1	
13	Tubo de F ² F ² PBJE - dúctil K -9	50	variável	NBR 7663

Notas:

- 1 - A porta do abrigo é opcional. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.
- 2 - Para ramal em PVC utilizar adaptador em PVC (PBA) bolsa e rosca (m).
- 3 - Roscas conforme NBR 6414.
- 4 - Quando da instalação do hidrômetro deve ser utilizado o acessório da figura da folha 14 - Procedimento 033/04 Módulo 2.

Fonte: Elaborado a partir de PNCDA DTA D3 (ALVES, 1999)

ANEXO D – PESOS RELATIVOS NOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO

Tabela D1 – Pesos Relativos nos Pontos de Utilização Identificados em Função do Aparelho Sanitário e da Peça de Utilização

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto		Peso relativo ABNT
		(L/s)	(L/h)	
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	540	0,3
	Válvula de descarga	1,70	6.120	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1.080	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	360	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,10	360	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	720	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	360	0,1
Lavadora de pratos/roupas	Registro de pressão	0,30	1.080	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	540	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado Válvula de descarga	0,50	1.800	2,8
	sem sifão integrado Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	540	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15	540	0,3
		por metro de calha	por metro de calha	
Pia	Torneira ou misturador	0,25	900	0,7
	Torneira elétrica	0,10	360	0,1
Tanque	Torneira	0,25	900	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	720	0,4

Fonte: NBR 5626/1998 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998)

Segundo a NBR 5626/1998 a estimativa de vazão que considera a simultaneidade provável de utilização de peças é dada pela expressão:

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P}$$

Q = vazão em L/s;

$\sum P$ = soma dos pesos relativos das peças de utilização que contribuem na tubulação considerada, dados pela Tabela D1.

**ANEXO E – PLANTA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA ARMANDO DE
SALLES OLIVEIRA – CUASO**

ANEXO F – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA CUASO

CONSUMO MENSAL MÉDIO DE TODAS AS UNIDADES DA CUASO - PURA-USP FASES 1 E 2 (m³/mês)

Consumos obtidos através de leituras remotas, complementadas por leituras *in loco* e dados Sabesp

Período Unidade	ago a dez98	jan a jun99	jul a dez99	jan a jun00	jul a dez00	jan a jun01	jul a dez01	jan a jun02	jul a set02
FASE 1	81.147	61.658	58.574	50.899	46.872	48.193	43.236	44.150	46.203
FASE 2	56.734	56.734	56.734	60.453	57.737	51.996	45.303	52.020	45.998
TOTAL	137.881	118.392	115.308	111.352	104.608	100.188	88.539	96.170	92.201

Obs.: Dados escolhidos por representatividade e possibilidade de comparação. Dados reais complementados com dados estimados.

Fonte: Elaborado a partir de PURA-USP (2002)

GLOSSÁRIO

Bancada de ensaio – Instalações construídas e equipadas de modo a se obterem as condições propostas em cada tipo de ensaio de hidrômetro.

Blindagem – Componente existente nos hidrômetros de transmissão magnética, que tem como objetivo evitar a ação de campos magnéticos externos.

Campo de medição – Intervalo compreendido entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão máxima (inclusive), limitado pelas tolerâncias de erro.

Campo inferior de medição – Intervalo compreendido entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão de transição (exclusive), limitado pelas tolerâncias de erro ($\pm 5\%$).

Campo superior de medição – Intervalo compreendido entre a vazão de transição (inclusive) e a vazão máxima (inclusive), limitado pelas tolerâncias de erro ($\pm 2\%$).

Carcaça – Peça inteiriça concebida basicamente para atender às características funcionais, tais como alojar e acoplar os componentes do hidrômetro.

Cilindro ciclométrico – Componente do dispositivo totalizador caracterizado pela forma cilíndrica, onde são gravados os dígitos indicadores.

Classe metrológica – Parâmetros preestabelecidos que definem os limites metrológicos do medidor.

Comprimento do medidor – Distância entre os planos que contém as faces externas das flanges de entrada e saída do medidor. Definição válida para hidrômetros Q_n igual ou superior a 15 m³/h.

Conexões – Conjunto de peças utilizadas para ligar o hidrômetro à tubulação de abastecimento.

Cúpula – Peça transparente de proteção do dispositivo totalizador.

Curvas de erros – Representação gráfica dos erros de indicação em função das vazões na qual o eixo das abscissas representa as vazões e o eixo das ordenadas o erro percentual correspondente.

Curva de perda de carga – Representação gráfica das perdas de carga em função das vazões na qual o eixo das abscissas representa as vazões e o eixo das ordenadas a perda de carga correspondente.

Designação do hidrômetro – Valor numérico que designa o hidrômetro, correspondente ao valor da vazão nominal, precedido da letra N.

Desvio – Variação das características metrológicas de funcionamento (erros percentuais) devido ao uso ou condições do ensaio.

Diâmetro nominal (DN) – Designação numérica comum a todos os componentes do sistema de tubulação. É um número inteiro usado apenas para referência, próximo das dimensões construtivas, sendo utilizado para designação dos hidrômetros tipo *Woltmann*.

Dispositivo totalizador – Componente que recebe a transmissão dos movimentos, indicando e totalizando o volume escoado.

Dispositivo totalizador tipo imerso em meio próprio – Tipo de construção do dispositivo totalizador no qual parte de seus componentes estão encapsulados em compartimento próprio, imerso em líquido apropriado e isolado da água que atravessa o hidrômetro.

Dispositivo totalizador tipo seco – Tipo de construção do dispositivo totalizador no qual este fica isento de qualquer líquido. Geralmente este sistema está isolado da água que atravessa o hidrômetro através de uma placa separadora.

Dispositivo totalizador tipo úmido – Tipo de construção do dispositivo totalizador no qual este fica em contato com a água que atravessa o hidrômetro.

Erro absoluto – Diferença entre uma medição de volume de água indicado em um hidrômetro o e valor verdadeiro convencional da grandeza medida. Também chamado de erro de indicação.

Erro máximo admissível – Valor extremo, expresso em porcentagem, de um erro de indicação admissível nas especificações do hidrômetro ($\pm 5 \%$ abaixo da vazão de transição e $\pm 2 \%$ acima da vazão transição).

Erro percentual – Erro relativo expresso em porcentagem.

Erro relativo – Quociente do erro absoluto de medição pelo valor verdadeiro convencional da grandeza medida, geralmente expresso em porcentagem.

Estanqueidade – Propriedade que o hidrômetro deve apresentar de não permitir vazamento ou exsudação, quando submetido a uma pressão durante um determinado tempo.

Faixa de medição (ou campo de medição) – Intervalo que comporta vazões compreendidas entre as vazões mínima (inclusive) e máxima (inclusive), dentro do qual, as indicações do medidor não devem apresentar um erro maior que os máximos admissíveis.

Faixa inferior de medição (ou campo inferior de medição) – Intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão de transição (exclusive).

Faixa superior de medição (ou campo superior de medição) – Intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão de transição (inclusive) e a vazão máxima (inclusive).

Filtro – Componente que tem por finalidade proteger os mecanismos contra a ação de partículas sólidas.

Flange superior – Componente de fechamento da carcaça no qual estão fixadas as peças internas do medidor. Definição válida para hidrômetros Q_n superior a 15 m³/h.

Hidrômetro axial – Medidor cujo eixo do rotor está posicionado na mesma direção do eixo da tubulação.

Hidrômetro monojato – Hidrômetro taquimétrico onde o mecanismo medidor é acionado pela incidência de um único jato tangencial de água sobre o componente móvel.

Hidrômetro multijato – Hidrômetro taquimétrico onde o mecanismo medidor é acionado pela incidência de vários jatos tangenciais de água sobre o componente móvel.

Hidrômetro ou medidor de água – Instrumento destinado a indicar e totalizar, continuamente, o volume de água que o atravessa.

Hidrômetro taquimétrico – Instrumento instalado num conduto fechado que consiste de um elemento móvel (turbina ou hélice) acionado diretamente pela ação da velocidade do fluxo da água, cujo movimento é transmitido por meios mecânicos ou outros, ao dispositivo indicador que totaliza o volume. Também conhecido como hidrômetro velocimétrico ou de velocidade.

Hidrômetro vertical – Medidor cujo eixo do rotor está posicionado perpendicularmente ao eixo da tubulação.

Início de funcionamento – Vazão horária (em L/h) correspondente ao início de movimentação da turbina de forma contínua e uniforme.

Lacre – dispositivo que assegura a inviolabilidade do hidrômetro.

Mecanismo medidor – Componente que transforma em movimento de rotação a ação dinâmica da água que atravessa um hidrômetro.

Mecanismo de transmissão – Componente utilizado para transferir o movimento do mecanismo medidor ao dispositivo totalizador.

Mecanismo de transmissão magnética – Tipo de mecanismo no qual os movimentos são transferidos através da placa separadora por elementos magnéticos.

Mecanismo de transmissão mecânica – Tipo de mecanismo de transmissão no qual os movimentos são transmitidos mecanicamente.

Mostrador – Componente do dispositivo totalizador onde estão impressos o sistema de escalas, a unidade em que se está medindo e as marcações pertinentes

Perda de carga (ΔP) – Diferença entre a pressão de entrada e de saída do medidor, provocada pela presença deste na rede, para uma dada vazão. A perda de carga máxima admissível é de 0,1 MPa para hidrômetros monojatos e multijatos, de 0,06 MPa para *Woltmann* vertical e de 0,03 MPa para *Woltmann* axial.

Placa separadora – Componente do hidrômetro de totalizador seco que tem a finalidade de isolar o mecanismo medidor e dispositivo totalizador.

Porca superior ou anel – Componente rosqueável que tem por finalidade fixar a cúpula e/ou as peças alojadas no interior da carcaça.

Pressão de trabalho – Pressão do fluído imediatamente a montante do hidrômetro.

Pressão nominal (P_N) – Pressão que designa o hidrômetro, correspondente à pressão máxima de trabalho, utilizada para dimensionamento e ensaios.

Regulador – Componente que permite modificar a relação entre o volume indicado e o volume escoado.

Rotor – Componente do mecanismo medidor que gira sob ação da velocidade do escoamento da água.

Singularidade – Todo e qualquer elemento ou configuração de uma restrição no conduto que provoque uma perda de carga localizada.

Tampa – Dispositivo de proteção da cúpula do meio externo.

Trecho reto – Trecho de um conduto isento de singularidade.

Vazão (Q) – Quociente entre o volume de água que atravessa o hidrômetro e o tempo de passagem deste volume, expresso em metros cúbicos por hora.

Vazão de sobrecarga (Q_s) (ou máxima $Q_{max.}$) – Maior vazão na qual o hidrômetro pode operar satisfatoriamente por um curto período sem se danificar, permanecendo dentro dos limites de erros máximos admissíveis e abaixo do valor máximo de perda de carga, sendo esta vazão o dobro da vazão permanente para hidrômetros monojatos e multijatos.

Vazão de trabalho – Vazão na qual o hidrômetro deve trabalhar continuamente e satisfatoriamente, permanecendo dentro dos erros máximos toleráveis.

Vazão de transição ou separadora (Q_t) – Vazão na qual há a delimitação entre o campo inferior de medição e o campo superior de medição, cada uma caracterizada por seu valor de erro máximo admissível.

Vazão mínima ($Q_{\min}$) – Menor vazão horária na qual o hidrômetro deve fornecer indicação dentro dos limites de erros admissíveis (5%).

Vazão nominal (Q_n) ou permanente (Q_p) – Vazão até a qual o medidor pode funcionar de forma satisfatória, sob condições normais de uso e que determina o valor numérico da designação do medidor, por exemplo: em condições de escoamento uniforme ou intermitente. Vazão correspondente a 50 % da vazão de sobrecarga (definição válida para hidrômetros monojato e multijato).

Volume escoado – Volume total de água que atravessa o hidrômetro.