

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Construção Civil**

ISSN 0103-9830  
**BT/PCC/357**

---

**A medição setorizada como instrumentos de  
gestão da demanda de água em sistemas  
prediais – estudo de caso: programa de uso  
racional da água na Universidade de São Paulo**

---

**Humberto Oyamada Tamaki**  
**Orestes Marraccini Gonçalves**

São Paulo – 2004

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Construção Civil  
Boletim Técnico – Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan  
Vice-Diretor: Prof. Dr. Ivan Gilberto Sandoval Falleiros

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko  
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves

Conselho Editorial  
Prof. Dr. Alex Abiko  
Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso  
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.  
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves  
Prof. Dr. Paulo Helene  
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico  
Prof. Dr. Alex Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Humberto Oyamada Tamaki, sob orientação do Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves: "A Medição Setorizada como Instrumentos de Gestão da Demanda de Água em Sistemas Prediais – Estudo de Caso: Programa de uso Racional da Água na Universidade de São Paulo", defendida em 03/04/2003.  
A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Tamaki, Humberto Oyamada

A medição setorizada como instrumentos de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo / Humberto Oyamada Tamaki, Orestes Marraccini Gonçalves. -- São Paulo : EPUSP, 2004.

28 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil ; BT/PCC/357)

1. Consumo de água (Medição) 2. Água (Uso racional) 3. Sistemas prediais I. Gonçalves, Orestes Marraccini II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

ISSN 0103-9830

CDU 628.171

628.179

696/697

# 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

*SUBMETERING AS AN INSTRUMENT OF WATER DEMAND MANAGEMENT IN BUILDING SYSTEMS – CASE STUDY: WATER CONSERVATION PROGRAM OF THE UNIVERSITY OF SÃO PAULO*

Tamaki, Humberto O. (humberto.tamaki@poli.usp.br)  
Gonçalves, Orestes M. (orestes.goncalves@poli.usp.br)

## 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. 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.

**PALAVRAS-CHAVES:** medição setorizada, gestão da demanda de água, água (uso racional), sistemas prediais.

## 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 hydraulic 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. 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.*

**KEYWORDS:** submetering, water demand management, water (water conservation), building systems.

## 1 INTRODUÇÃO

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. 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.

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 a disponibilização de água para um maior número de usuários, a redução dos custos associados ao abastecimento de água para os usuários e dos associados ao fornecimento de água por parte das concessionárias, a redução do impacto das estiagens sobre o abastecimento público e a redução da quantidade de esgoto gerado.

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.

## **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.

## **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.

As interações entre as diversas partes do edifício vão ao encontro do conceito de sistema. 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.

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.

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 são considerados os sistemas de suprimento de água fria e de equipamento sanitário, e aplica-se o conceito de desempenho a estes sistemas.

### **3.2 Sistema de suprimento de água fria**

Considerando-se a forma de captação da água através da rede pública, o sistema de suprimento de água fria pode ser caracterizado pelos seguintes subsistemas:

#### **3.2.1 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. No sistema direto 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 indireto é aquele no qual o sistema de distribuição é alimentado através de um conjunto composto pelos sistemas de abastecimento e reservação, tendo sua rede de distribuição pressurizada por gravidade ou por sistema hidropneumático, no qual um tanque de pressão é utilizado.

#### **3.2.2 Medição e Reservação**

O sistema de medição 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.

#### **3.2.3 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.

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.

### **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.

Os equipamentos sanitários economizadores mais empregados são 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.

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 estudos específicos para a redução do consumo deste insumo.

## **4 HIDRÔMETROS E TELEMEDIÇÃO**

### **4.1 Hidrômetros**

As considerações anteriormente levantadas sobre os sistemas envolvidos (e os elementos que os compõem), os conceitos de desempenho e a proposta da setorização visam permitir um melhor entendimento sobre as necessidades e condições do sistema de medição.

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 totalizador do volume consumido e alimentador de energia são dispensáveis); robustez dos medidores face às diversas condições de exposição e de uso; e custos reduzidos em relação aos demais medidores.

Os hidrômetros são classificados em volumétricos ou velocimétricos, sendo estes últimos os mais comuns: 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. Estes hidrômetros 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).

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.

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.

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).

#### **4.1.1 Inserção dos hidrômetros no sistema de suprimento de água fria**

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.

Deve ser considerada também a influência do tipo de abastecimento de água. 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. 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. Já no sistema direto (SD), a inexistência de reservatórios implica numa situação de grande flutuação das vazões em todo sistema de suprimento. 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 frequentes.

#### **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), 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.

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.

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

- **Unidade de Medição e Leitura:** o medidor propriamente dito, que transforma a grandeza física consumida em valores contabilizáveis e armazenáveis. A adequação básica dos medidores tradicionais à telemedição é realizada com a simples introdução de dispositivos contadores do tipo emissor-receptor. Medidores eletrônicos, mais modernos, possuem um circuito eletrônico que além de receber a seqüência de pulsos, processa esta informação, convertendo-a em totalização e outras facilidades e informações como fluxo instantâneo, demanda máxima, entre outros. A saída de sinais destes medidores para o sistema de telemedição pode ser pulsada, eletrônica analógica ou digital.
- **Unidade de Interface de Medidores:** conhecida como *MIU (Meter Interface Unit)* é a responsável pela comunicação entre o medidor e a rede de comunicação, apropriando-se dos dados fornecidos pelo medidor e convertendo-os de forma adequada para transporte pela rede de comunicação até à central de gerenciamento.
- **Rede de Comunicação:** 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.
- **Central de Gerenciamento:** responsável pelo recebimento, processamento, armazenamento e aplicação dos dados dos diversos medidores; 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.

## 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. 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 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.

A seguir, seis níveis de setorização de um sistema são apresentados, de modo a registrar pontos comuns a várias possibilidades de medição setorizada. 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: toda infra-estrutura reunida em determinada área ( indústria, universidade, 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 comum ou especial.

A adequação a esta escala genérica depende de cada caso, nem todos os níveis podem existir e alguns podem ser comuns.

Além da definição dos objetivos, outras variáveis como as possibilidades tecnológicas disponíveis, 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); e estado geral das instalações, idade dos componentes;
- Da utilização: expressão do consumo por tipologia de uso, frequência e usuário; e 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); e consciência, compromisso e cultura com relação à questão água (utilização efetiva das informações de consumo proporcionadas pela setorização).

### **5.1.2 Planejamento e implantação da setorização**

Para a realização do planejamento, um levantamento de dados deve ser realizado a princípio, reunindo informações sobre os sistemas existentes (área da edificação, plantas de 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.

Em função das necessidades, a adoção e escolha de um sistema de telemedição devem ser consideradas neste momento, adequando-se aos medidores e sistemas existentes.

Definidos os sistemas a serem implantados, 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 fase de definição das responsabilidades, na qual determina-se o pessoal responsável pelo projeto, execução e gerenciamento das atividades, assim como pela coordenação de empresas subcontratadas.

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 as técnicas (localização e condições das redes não corresponder ao esperado), administrativas (falta de estrutura organizacional, de agilidade no andamento dos processos e de comunicação entre os envolvidos), e as 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).

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. 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).

## **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, podendo ser obtidos através da utilização simples ou combinada de instrumentos como contas recebidas da concessionária, 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

As contas emitidas pela concessionária constituem o instrumento mais simples de gestão da demanda. Para cada hidrômetro, elas fornecem a leitura atual e a anterior, o consumo mensal, os valores de consumo dos últimos meses, etc. 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 e a atuação sobre o sistema caso necessário (pesquisa de um vazamento, 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 é indicado como instrumento da gestão a utilização de dados obtidos através de leituras realizadas *in loco* por pessoal da própria entidade. 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 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 que as contas, a um custo mais baixo que a telemedição ou a 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:

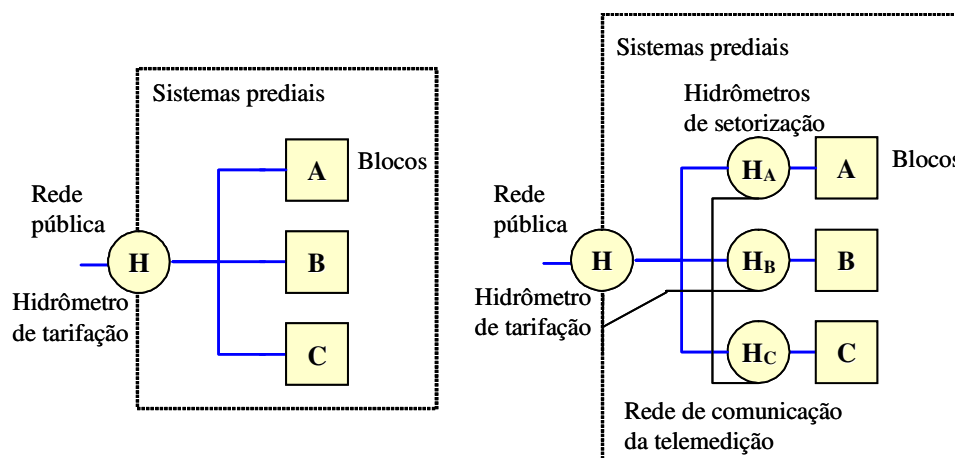
- Leituras realizadas em tempo real e com uma frequência de aquisição alta (da ordem de alguns minutos de intervalo) de forma a possibilitar o levantamento do perfil de consumo;
- Levantamento de curvas de vazão de abastecimento que permitem a visualização dos picos de vazão, das vazões mínimas diárias, do consumo diário, etc;
- Utilização das curvas de vazão levantadas para a criação de parâmetros de controle, 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 permite:

- 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 1 apresenta um esquema de utilização da medição setorizada, associada à telemedição para a aquisição de dados de consumo, no nível de Blocos.



**Figura 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 (verificação do número de ligações, localização, locais abastecidos) e as características e condições de cada abrigo, cavalete e hidrômetro, há o levantamento de dados complementares (área construída, população, equipamentos existentes que consomem água e as atividades exercidas nos edifícios) que são 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.

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 ou em função de vazamentos;
- 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.

Pode-se utilizar, ainda, 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* e o consumo mensal por área. Outros parâmetros de aplicação mais restrita ainda são empregados em casos específicos como 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.

#### 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.

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 a padronização dos abrigos 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. 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, etc.

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, 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.

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 (Instituto de Química – IQ, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – FCF e Escola Politécnica –EP) e a do Centro Hospitalar (Hospital Universitário – HU e Instituto de Ciências Biomédicas – ICB). Mesmo as ligações que atendem a apenas uma Unidade muitas vezes são responsáveis pelo abastecimento de vários edifícios e blocos.

## 6.1 Universidade de São Paulo

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).

A CUASO, criada em 1944, sofreu diversas alterações e ampliações ao longo dos anos, ocupando atualmente uma área de cerca de 3,6 milhões de m<sup>2</sup>. Desde então, seus edifícios vem sendo construídos em função da disponibilidade de recursos, sendo marcante a existência de três períodos de expansão da área construída: 1951–1955, 1960–1966, e 1969–1973, totalizando atualmente cerca de 740 mil m<sup>2</sup>. 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.

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.

O suprimento de água da CUASO é realizado principalmente pela rede de distribuição da concessionária pública de água e esgoto, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, havendo poços artesianos de uso apenas esporádico. Este suprimento 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). 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 era de 180 mil m<sup>3</sup>/mês e a somatória nos hidrômetros da USP de cerca de 150 mil m<sup>3</sup>/mês, antes das ações do PURA-USP.

## 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 EP, o IPT e a Sabesp, estruturado em seis macrogramas 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).

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:

- Reitoria da USP: responsável pela implantação do PURA-USP no âmbito do Convênio de Cooperação Técnica firmado entre a Sabesp e a USP;
- Comissão PURA-USP, composta por
  - Coordenação do Programa – EPUSP: responsável pela definição de diretrizes estratégicas e das linhas de ação técnica do Programa e pelo planejamento das atividades, através de seus Coordenadores; 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;
  - Coordenadoria de Administração Geral da USP – CODAGE: responsável pela viabilização e logística financeiras;
  - Fundo de Construção da USP – FUNDUSP: 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: auxílio às atividades de intervenção;
- Comissões PURA-UNIDADE: Compostas em cada Unidade, em geral, por um professor ou pesquisador, um assistente administrativo e um funcionário da manutenção. São responsáveis pelo suporte às atividades intra-Unidade constituindo um meio facilitador para as ações.

As ações foram organizadas em etapas subseqüentes, a saber:

Etapa 1: Diagnóstico geral – Levantamento de características da Unidade

Etapa 2: Redução de perdas físicas

Etapa 3: Redução de consumo nos equipamentos

Etapa 4: Caracterização de hábitos e racionalização das atividades que consomem água

Etapa 5: Campanhas educativas e treinamentos

Em virtude das dimensões do *campus*, do número de Unidades existentes e do volume de trabalho esperado, optou-se pela implantação do PURA-USP no *campus* em duas fases: Fase 1 (7 Unidades – 1998 e 1999) e 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: EP (incluindo o Centro de Computação Eletrônica – CCE), FCF, Faculdade de Economia Administração e Ciências Contábeis – FEA, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – FFLCH, HU, ICB e 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: 43% nas Unidades da Fase 1 e 19% nas da Fase 2 (ou 33% em todo o *campus*), registrados 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;
- 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;
- Adoção de equipamentos sanitários econômicos que atendam aos 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;
- Levantamento preliminar de dados com a escolha dos pontos de medição;
- Dimensionamento dos hidrômetros;
- Definição da logística de trabalho, formação das equipes com suas responsabilidades;
- Elaboração de processos de contratação de serviços e;
- Contratação dos serviços (fiscalização da execução).

A definição da proposta de setorização e de sua abrangência estavam praticamente definidas quando da decisão de implantação da medição setorizada, motivada 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.

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 setorização 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. 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, assim como a fiscalização (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 Coordenação do Programa incumbiu-se de divulgar a estrutura de trabalho e definir as responsabilidades de todos os envolvidos.

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:

- 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: restaurantes, agências bancárias, 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.

### **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. Os aspectos administrativos consistiram em dificuldades para a contratação e acompanhamento dos serviços de setorização por parte das Unidades, por falta de estrutura de apoio, inexperiência com qualquer atividade semelhante ou, ainda, postura ativa para o andamento rápido e eficiente do processo.

#### **6.4.1 Construção dos abrigos**

Foram seguidas diretrizes para a construção dos abrigos, conforme padrões da Concessionária e os elaborados pela Universidade, incluindo a construção do abrigo, 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.

#### **6.4.2 Definição e instalação dos hidrômetros**

A escolha dos hidrômetros 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.

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.

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, com fins de gestão da demanda de água, e alavancando o potencial de retorno das ações do PURA-USP.

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 Sabesp, ao empregar sistemas específicos para diferentes finalidades, veio a proposta de um sistema já utilizado experimentalmente em alguns locais, 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* de dois fabricantes (*Hydrometer* e *Meinecke*). Efetuou-se a implantação da telemedição com a participação direta da USP e da Sabesp. A Sabesp instalava os hidrômetros eletrônicos nos cavaletes de tarifação e fornecia o programa de controle e gerenciamento, além do suporte técnico necessário para implantação da telemedição, incluindo a participação do fornecedor e do fabricante. A USP executava a rede física para a telemedição, providenciava a aquisição de todos os equipamentos e proporcionava a proteção adequada aos medidores.

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.

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. 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 sinal 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;
- 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;

Entre os problemas administrativos e organizacionais, podem ser citados:

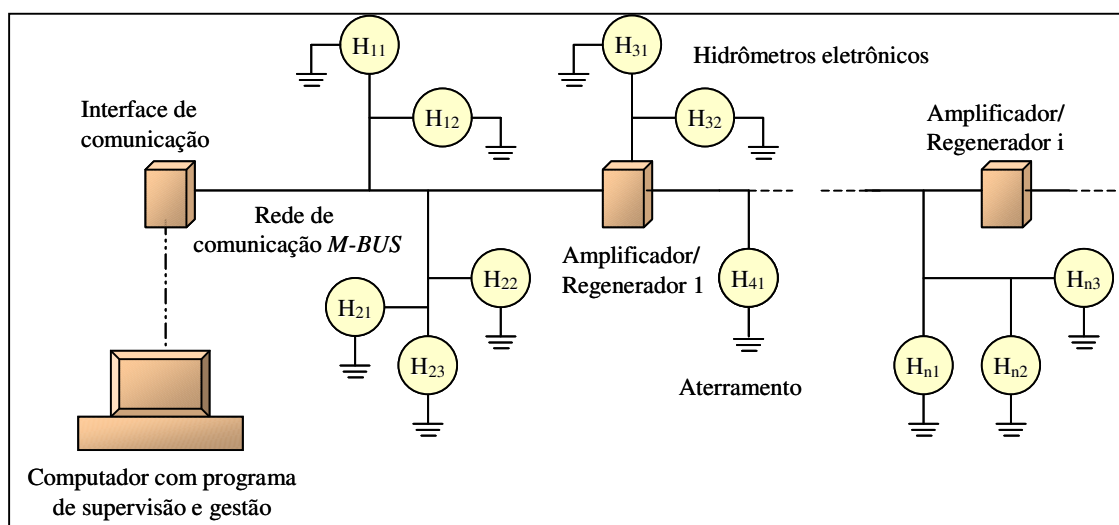
- Dificuldades de gerenciamento adequado da implantação dos sistemas, com definição clara das responsabilidades e prazos;
- Características comuns a entidades de administração pública (no caso a USP e a Sabesp), como processos demorados para aquisição de equipamentos e contratação de serviços;
- Falta 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;
- 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 a 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.

#### **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.

A Figura 2 apresenta um esquema do sistema de telemedição em utilização hoje na Universidade.



**Figura 2 - Esquema da telemedição**

O *M-BUS - Meter 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. É um sistema de abrangência local 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. Como resultado desta solução, apenas um equipamento pode transmitir dados em um dado instante.

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*, alemã (representada no país pela ABB), do tipo velocimétrico multijato ou *Woltmann*, DN 15 a DN 100, com vazões nominais de 1,5 m<sup>3</sup>/h a 60 m<sup>3</sup>/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, apresentando-se integradas solidariamente ao hidrômetro (*Scampy*) ou acopláveis à câmara de medição (módulo registrador *Flypper*). São dotadas de microprocessadores, incorporando funções como totalização do consumo e vazão instantânea, dados que podem ser coletados localmente em um *display* de cristal líquido, ou remotamente através de um barramento de duas vias protocolo *M-BUS*. Nos hidrômetros utilizados a Unidade de Interface de Medidores encontra-se integrada à relojoaria.

#### 6.4.3.3 Rede de comunicação

A rede de comunicação dispõe de uma rede ramificada de cabos, equipamentos responsáveis pela interface de comunicação (entre os hidrômetros e o microcomputador), equipamentos responsáveis pela regeneração e/ou amplificação do sinal, e sistema de aterramento.

Aproveitou-se a infra-estrutura da rede de telefonia da USP, sob responsabilidade de sua DTE. Apesar do compartilhamento desta rede com o sistema de telemedição, a rede *M-BUS* mantém-se isolada dos sinais gerados pelos equipamentos do sistema telefônico.

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 equipamentos 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 DTe 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, deve-se contar também com acompanhamento de pessoal da manutenção dos sistemas de energia elétrica e hidráulica do *campus*, a fim de minimizar danos a outros sistemas.

#### **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 da telefonia e o abrigo de hidrômetro. A entrada dos dutos 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.

Observa-se ainda como características da rede de telemedição o seu grau de exposição e a sua extensão. A rede é completamente enterrada, estendendo-se por uma distância superior a 10 km, considerando-se apenas os trechos do sistema telefônico.

#### **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 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, além de alimentar os 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 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.

#### 6.4.3.3 Sistema de aterramento

A despeito do baixo grau de exposição da rede de telemedição 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, chegando-se à conclusão de que teriam sido causadas por 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 contra surtos elétricos transitórios especialmente os provenientes de descargas atmosféricas, posteriormente definido pela *ABB* e implementado pela USP.

A implantação do sistema de aterramento incluiu:

- Primeira medição da resistividade do solo – realizada próximo a cada ponto de setorização, através da utilização de um terrômetro calibrado;
- 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 – adotado um protetor para cada hidrômetro (modelo S.900.PE.010 da marca Clamper), inserido em série, entre a rede e o par de fios do hidrômetro.

#### 6.4.3.4 Central de Gerenciamento da Telemedição

A Central, localizada no Laboratório de Sistemas Prediais do Departamento de Engenharia de Construção Civil da EP (Edifício de Engenharia Civil), é composta por um microcomputador de uso exclusivo para o Sistema de Telemedição (*Intel Pentium II* com *Windows 95*), 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.

Apesar da instalação dos amplificadores e/ou regeneradores, problemas de comunicação entre os hidrômetros e a Central de Gerenciamento têm persistido. Tais problemas ainda estão sendo investigados para permitir uma comunicação mais confiável (integridade dos dados e permanência do sistema em operação regular) e ampla (possibilidade de expansão da rede). 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 três diferentes programas para o sistema da *Hydrometer*, cada um deles com características próprias de interface com o usuário, dados disponíveis e possibilidades de operações com estes dados: *PSGVIS*, *Hidrobis* e *Hydronet*.

O primeiro programa utilizado foi o *PSGVIS*, de origem européia, concebido como um programa de aplicação industrial, voltado à medição remota de vários tipos de insumos (energéticos, vapor, gás, água, 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 *Hidrobis*, aplicativo dedicado à telemedição dos hidrômetros que foi utilizado na USP em 2000 e 2001, trazendo 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.

Em 2002, o *Hidrobus* foi substituído pelo *Hydronet*, devido a 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 de um grande banco de dados, apresentando também o recurso de cópia de segurança automática.

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

- Geração de gráficos de periodicidade variável e alarmes em caso de anomalias ou erros;
- Realização de operações lógicas com hidrômetros reais e virtuais (adição, subtração, etc.);
- 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 planilhas, bancos de dados 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 na CUASO era realizada de forma ineficiente antes da criação do PURA-USP e posterior introdução da medição setorizada e da telemedição.

O abastecimento de água não era controlado ou acompanhado diretamente. Os valores de consumo registrados nos hidrômetros eram lidos pelos leituristas da Sabesp apenas para fins de tarifação mensal. Como a responsabilidade pelo pagamento de todas as contas e faturas era da Reitoria, as Unidades, que representam os usuários finais, não se preocupavam em 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 PCO 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, uma nova estrutura foi adotada, sendo sua Equipe Técnica incumbida da gestão da demanda de água. Ela passou a manter contatos ativos com a Reitoria, as Unidades, o setor de manutenção da PCO e do FUNDUSP e com a Sabesp, verificando-se:

- Cadastro das ligações – identificação das ligações ativas da 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.

O PURA-USP preocupou-se em ter o domínio da informação sobre estas questões 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 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. A medição setorizada e a telemedição foram os instrumentos de gestão da demanda de água adotados para a obtenção destes dados de consumo.

Os dados provenientes de contas e faturas continuaram a ser utilizadas como fontes complementares. 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.

Dados de outra natureza como os de área construída, população e sistemas existentes 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*.

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.

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 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.

## **7.2 Resultados obtidos**

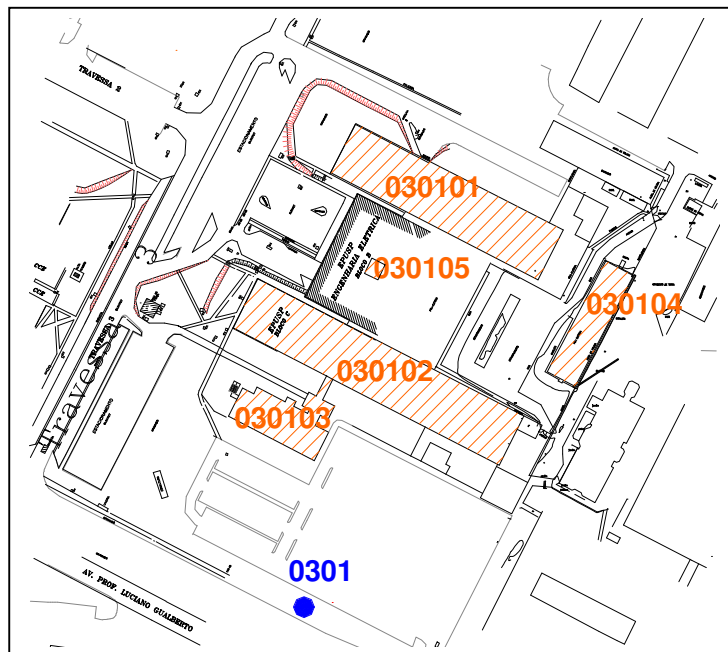
O exemplo a seguir ilustra um dos resultados obtidos com o uso da setorização e da telemedição na gestão da demanda de água: a identificação de uma grande anomalia de consumo.

### **7.2.1 Exemplo - EPUSP Engenharia Elétrica**

O edifício de Engenharia Elétrica da EP é composto por quatro blocos (A, B, C e D) interligados e alimentados a partir de uma mesma ligação da Sabesp (Figura 3, ponto 0301), não possuindo reservatório inferior. Os blocos A, C e D (correspondentes às áreas hachuradas 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). 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 m<sup>3</sup>.

Para realizar a medição setorizada do consumo de água do edifício, adotou-se o nível de setorização dos blocos. 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.



**Figura 3 – Planta da Engenharia Elétrica**

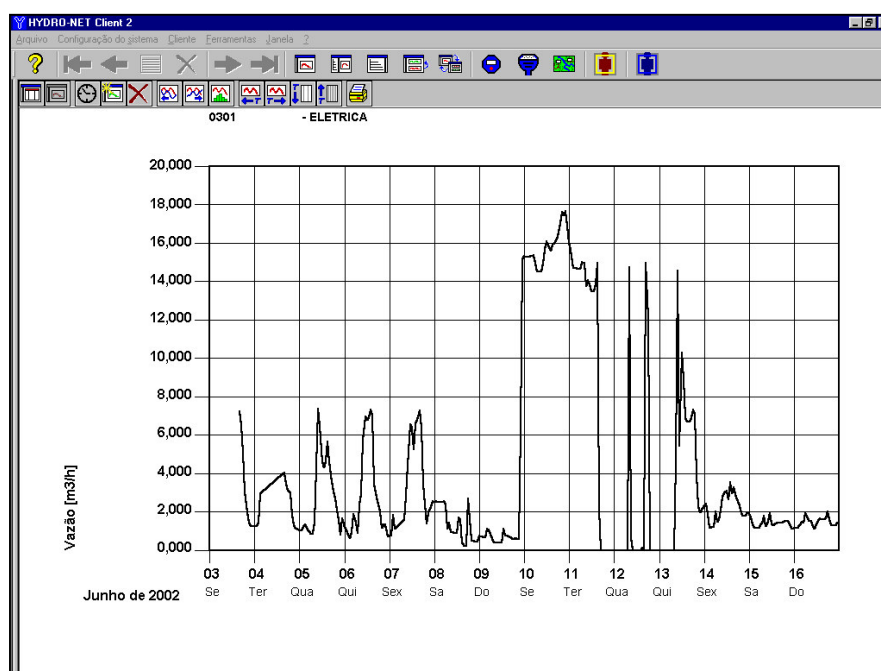
No dimensionamento dos medidores foram considerados: o consumo do conjunto, a distribuição dos sanitários e dos equipamentos, a ocupação do edifício (adotada como uniforme), os diâmetros das redes de recalque e distribuição, e as vazões esperadas em cada trecho. Foram adotados hidrômetros de vazão nominal de 15 m<sup>3</sup>/h para os blocos A, C e D e de 1,5 m<sup>3</sup>/h para o galpão e a lanchonete.

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 m<sup>3</sup>/h (devido a operação de alguns equipamentos laboratoriais) e a indicada foi de 15 m<sup>3</sup>/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 EP 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).

O vazamento identificado não poderia ser reparado pela equipe de manutenção da EP visto a necessidade de equipamentos para escavação profunda e demolição de pavimento asfáltico. 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 4 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 4 – 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 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 m<sup>3</sup> (em 41,5 horas a 15 m<sup>3</sup>/h);
- Custo do vazamento: R\$ 142,20 /h (15 m<sup>3</sup>/h a R\$ 9,48 /m<sup>3</sup>);
- Custo total do vazamento: R\$ 5901,30 (622,5 m<sup>3</sup> a R\$ 9,48 /m<sup>3</sup>);
- Impacto no consumo mensal: aumento de 41,5 % (622,5 m<sup>3</sup> em 1500 m<sup>3</sup>/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 EP 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.

### **7.3 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 representarem 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.

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. Esta prática 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. A partir desta sistemática, anomalias de consumo despertaram a atenção sobre a existência de vazamentos que foram procurados 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.

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.

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, do *M-BUS*, dos equipamentos e do programa empregado.

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.

## **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.

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

ALVES, W.C. et al. **Micromedição**. Brasília: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1999. (DTA - Documento Técnico de Apoio n° D3).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação Predial de Água Fria - NBR 5626**. 41p. Rio de Janeiro, 1998.

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.

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.

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).

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).

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

OLIVEIRA, L.H. **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.

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-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.

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.

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.

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).

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.

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.