



**09 a 11 de dezembro de 2015**  
Auditório da Universidade UNIT  
Aracaju - SE

## **SISTEMA INTELIGENTE PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA E DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM PRÉDIOS**

Antonio Santos Sánchez<sup>1</sup>, Eduardo Henrique Borges Cohim<sup>2</sup>, Ricardo de Araújo Kalid<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, sanchezbahia@gmail.com

<sup>2</sup>State University of Feira de Santana, Feira de Santana, Brasil, edcohim@gmail.com

<sup>3</sup>Federal University of South Bahia, Itabuna, Brasil, ricardo.kalid@gmail.com

### **Resumo**

Uma parte importante da água consumida em grandes prédios (universidades, prédios administrativos, hospitais, shopping-centers, etc) é perdida por vazamentos no próprio prédio. Gretas nos reservatórios inferior e superior podem provocar perdas de água por infiltrações. Vazamentos nas próprias tubulações, na casa de bombas, e sobre tudo nos aparelhos hidro-sanitários podem ser responsáveis pela maior parte do consumo de água de um prédio. Nos últimos anos, o aumento do custo da água tem provocado o desenvolvimento de aparelhos hidro-sanitários mais eficientes, de baixo consumo, que têm sido adotados pelos grandes consumidores. Embora, ainda há um grande potencial de economia de água mediante sistemas de monitoramento e soluções tecnológicas avançadas como a apresentada neste artigo.

Propõe-se um sistema de monitoramento do consumo de água e detecção de vazamentos facilmente acoplável à instalação hidráulica de qualquer prédio. Integra hidrômetros com telemetria (monitoramento da vazão) com sensores para monitoramento do nível nos reservatórios e caixas de água. Os dados dos sensores são enviados para um site de internet, onde o proprietário das instalações ou o responsável pela manutenção do prédio podem acompanhar o monitoramento. Em caso de falha no sistema (transbordamento de reservatórios, consumo anormalmente elevado, pane nas bombas) o sistema envia mensagens de alerta por celular e mail ao cliente. O monitoramento por nível usa um método inovador que permite traçar o perfil de consumo diário, avaliar o nível de perdas e detectar vazamentos, e ainda oferece informação sobre o funcionamento do sistema hidráulico: regulagem do comando bóia, número de paradas e partidas da bomba, etc. O sistema de monitoramento proposto para os hidrômetros resulta numa precisão maior que a disponível no mercado graças a umas válvulas de impulsos hidráulicos, instaladas a montante dos hidrômetros. O monitoramento também pode ser ampliado com sensores de pressão e de detecção de ruídos de vazamento.

Este sistema, na sua versão mais básica, foi testado em grandes prédios da Região Metropolitana de Salvador. Os resultados desse monitoramento e as conclusões são apresentados neste artigo.

**Palavras-chave:** telemetria, detecção de vazamentos, monitoramento do consumo.

## 1. INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Salvador enfrenta um contexto de escassez hídrica. As projeções da demanda de água para anos futuros [1] unidas ao esgotamento e poluição dos mananciais tradicionais preveem um cenário provável em que deverá ser melhorada a eficiência do uso da água no médio urbano, ou então deverá recorrer-se a mananciais alternativos como o aproveitamento de água de chuva [2], sistemas de reuso ou inclusive dessalinização de água de mar ou poços salobres [3].

Na atualidade, esta região importa 60% da água que consome desde a barragem de Pedra do Cavalo, situada em uma região distante 110 km. Ainda, o sistema de distribuição de água é muito ineficiente e perde-se 50% desta água por vazamentos na rede urbana [4].

A água é um recurso cada vez mais escasso e mais valorizado. No estado de Bahia, o reajuste tarifário médio tem sido de um 10% a cada ano [5]. Nesse estado, qualquer prédio de grande ou médio porte que consoma mais de 50 m<sup>3</sup> por mês paga atualmente R\$ 26,154 por cada m<sup>3</sup> de água fornecida. As despesas com água representam uma parte importante dos gastos de operação de grandes prédios. Usando o exemplo da Escola Politécnica da UFBA, isto supõe uma despesa anual de R\$ 168 mil só com água [6].

Uma parte importante da água consumida em grandes prédios (faculdades, prédios administrativos, hospitais, shopping-centers, etc) é perdida por vazamentos no próprio prédio. Gretas nos reservatórios inferior e superior podem provocar perdas de água por infiltrações. Vazamentos nas próprias tubulações, na casa de bombas, e sobre tudo nos aparelhos hidro-sanitários podem ser responsáveis pela maior parte do consumo de água de um prédio. Nos últimos anos, o aumento do custo da água tem provocado o desenvolvimento de aparelhos hidro-sanitários mais eficientes, de baixo consumo, que têm sido adotados pelos grandes consumidores. Infelizmente, a velocidade de adoção destes novos aparelhos tem sido maior em grandes prédios privados do que nos públicos.

No caso de prédios públicos, um consumo excessivo de água representa um gasto desnecessário de verbas que poderiam ser aplicadas em outras áreas prioritárias. Literalmente, dinheiro público que vai para o ralo. Conscientes disto, entidades públicas como a UFBA – Universidade Federal da Bahia e os organismos do CAB – Centro Administrativo da Bahia estão monitorando o consumo de suas unidades mediante a leitura diária dos hidrômetros. Os próprios funcionários realizam a leitura diária dos hidrômetros e a colocam no site AGUAPURA, de acesso público, onde qualquer pessoa pode acompanhar a evolução do consumo de água das distintas unidades governamentais. Este simples monitoramento tem gerado durante os últimos anos uma cultura de preocupação pelo uso racional da água e sobre tudo têm conseguido incrementar a detecção de vazamentos não visíveis e reduzir o tempo de reparo dos mesmos. Como consequência, têm se conseguido significativas economias com as despesas gastas em água [7]. Embora, este sistema tem suas limitações e poderia ser melhorado mediante o uso de novas tecnologias, de forma a automatizar o processo e melhora a precisão das medidas do consumo de água. Ainda há um grande potencial de economia de água a ser explorado mediante sistemas de monitoramento e soluções tecnológicas avançadas como as que este projeto pretende desenvolver.

## 2. OBJETIVO

Pretende-se desenvolver um sistema tecnológico confiável, robusto e de baixa necessidade de manutenção, que monitore o consumo de água, detecte vazamentos e consumos anormais indicando o setor do prédio onde estes estão localizados. Este sistema deve permitir uma rápida detecção dos vazamentos ou de problemas no funcionamento da rede hidráulica do prédio. O usuário deve ser informado imediatamente de qualquer problema na rede mediante alerta SMS no celular, ou mail. Este problema pode consistir em um elevado consumo, transbordamento de um reservatório, alagamento ou falha nas bombas. Adicionalmente, devem ser gerados relatórios sobre consumo de água contendo: consumo de cada setor do prédio, nível de vazamentos estimado, funcionamento do sistema hidráulico de recalque, perfil diário de consumo.

Na Escola Politécnica da UFBA está sendo desenvolvido um protótipo com estas características. Como passo prévio antes de aplicá-lo em grandes prédios da região, foram realizados testes de alguns de seus componentes por separado em prédios da UFBA e do CAB. Neste trabalho, este protótipo será descrito e, seguidamente, serão apresentados os resultados do monitoramento do sistema hidráulico destes prédios. Em particular, será avaliada a conveniência de monitorar o nível do reservatório superior e sua utilidade na detecção de vazamentos, avaliação do nível de perdas de um prédio, e outras informações que podem ser obtidas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

No mercado, já há disponíveis soluções tecnológicas para o monitoramento do consumo de água, visando o acompanhamento do consumo e a detecção rápida de eventuais vazamentos. Estes sistemas estão baseados na sua totalidade em hidrômetros com telemetria. Em casos especiais (redes de água urbana) são usados sensores de ruídos com data-logger ou telemetria. A solução existente no mercado, para prédios, baseia-se exclusivamente em hidrômetros que enviam suas leituras por telemetria para um site de internet. O cliente recebe um relatório semanal ou mensal, além de uma senha para acessar a qualquer instante o site com as leituras. O consumo de água é comparado com o histórico de consumo do cliente e, caso as leituras indicarem um consumo de água anormalmente elevado, supõe-se que pode haver vazamentos e o cliente recebe uma alerta.

A inovação proposta é integrar um sistema de hidrômetros com telemetria (monitoramento da vazão) com um sistema de sensores para monitoramento do nível nos reservatórios e caixas de água. Os dados destes sensores são enviados para um site de internet, desde onde ambos o cliente e o responsável pela manutenção do prédio podem acompanhar o monitoramento. Em caso de qualquer falha no sistema (transbordamento de reservatórios, um consumo anormalmente elevado, etc) o sistema envia mensagens de alerta para o celular ou mail dos usuários (síndico, técnico de manutenção, etc). Este sistema ainda pode ser ampliado com outros tipos de sensores (de pressão e de ruídos).

Para monitorar o consumo de água de um prédio, o mais interessante é monitorar o hidrômetro principal de entrada. Embora, pode-se usar vários hidrômetros para monitorar uma parte de um prédio ou inclusive um único banheiro. A Figura 1 mostra dois hidrômetros com data-logger, instalados nos banheiros da Escola Politécnica da UFBA.



Figura 1 - Medição setorizada com transmissão dos dados por sinal 4-20 mA. Banheiro principal masculino, 4° andar.

O sistema proposto monitora a vazão de água que é consumida no prédio todo (monitorando o hidrômetro de entrada) e também a vazão de cada setor do prédio ou andar, o que se denomina “medição setorizada”.

Na medição por telemetria, cada hidrômetro possui um gerador de pulso que emite um sinal que se corresponde com a leitura. Este sinal é depois enviado por radiofrequência para um coletor de dados, que pela sua vez envia esta informação para um servidor de internet. Os avanços em telemetria dos últimos anos têm abarotado esta tecnologia já consolidada, aplicando-a na medição individualizada de água. Embora, até os hidrômetros de maior precisão possuem limitações na detecção de pequenas vazões devidas a vazamentos.

Uma das inovações que pretende ser desenvolvida por este projeto é o uso de válvulas de impulsos hidráulicos a montante dos hidrômetros. Estas válvulas aumentam o desempenho dos hidrômetros reduzindo o problema da sub-medição (pequenas vazões de água, produzidas por vazamentos, que não são registradas pelo hidrômetro). A Figura 2 mostra uma destas válvulas, fabricadas em Israel pela A.R.I. Flow Control Accessories Ltd., que já estão sendo testadas na Escola Politécnica da UFBA.

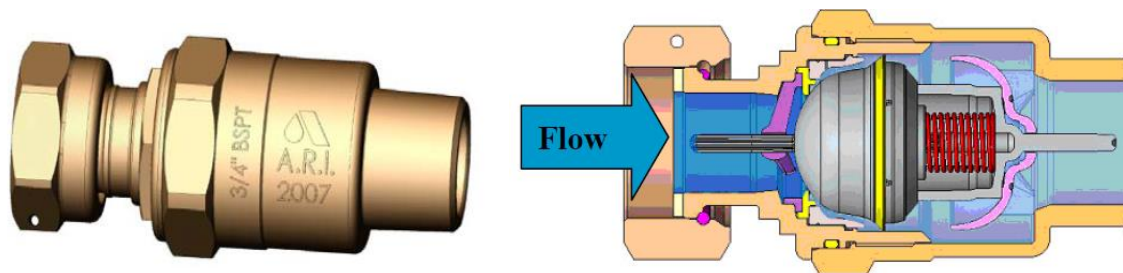


Figura 2 – Válvula UFR (Unmeasured Flow Reducer) que melhora a leitura dos hidrômetros quando instalada a montante dos mesmos.

Mediante o uso destas válvulas de impulsos a montante dos hidrômetros a precisão das leituras do consumo de água é sensivelmente incrementada. Com estas válvulas, os hidrômetros conseguem detectar pequenas vazões devidas a vazamentos que de outra forma passariam inadvertidas. Vários autores têm relatado casos de estudo em que a precisão da leitura do hidrômetro foi incrementada em até 10% com o uso das válvulas UFR [8-11].

Em paralelo com o monitoramento dos hidrômetros, propõe-se monitorar o nível dos reservatórios e caixas de água. Uma sonda de nível submersa como a mostrada na Figura 3 registra a cada instante o nível de água no reservatório e envia a leitura por telemetria.



Figura 3 – Sensor de nível

O sistema permite monitorar vários tanques de água ao mesmo tempo. O monitoramento do reservatório superior do prédio (tanque de distribuição) é de particular interesse. O consumo de água em cada instante é provocado pela demanda de água dos ocupantes do prédio acrescentado por pequenos vazamentos constantes mais eventuais grandes vazamentos. O tanque superior vai esvaziando-se e, ao chegar a um nível mínimo, o comando-boia liga a bomba que recalca água desde o reservatório inferior. Em prédios em que a pressão da rede é suficiente não são necessárias bombas e a entrada de água no tanque superior é quase constante. Em ambos os casos, o monitoramento do nível permite acompanhar o consumo de água de uma maneira instantânea detectando eventuais vazamentos e anomalias no correto funcionamento do sistema de distribuição. Este sistema tem sido testado preliminarmente em grandes prédios da Região Metropolitana de Salvador, como ilustra a Figura 4.



Figura 4 - Sensor para monitoramento do nível instalado no reservatório superior de um prédio do CAB – Centro Administrativo da Bahia.

As informações dos diferentes sensores são enviadas para um servidor. Um esquema do sistema hidráulico, personalizado para cada prédio, é disponibilizado num site de internet. As informações em tempo real aparecem mostradas num entorno amigável e visualmente atrativo, que o usuário identifica como seu prédio. Estas informações são: a vazão de cada hidrômetro, os níveis dos reservatórios, a pressão da rede de água na entrada do prédio, e ainda o volume total consumido no mês e uma estimativa da conta de água.

O monitoramento do nível do tanque de distribuição permite conhecer de forma fácil e precisa o perfil de consumo do prédio, isto é, a curva de demanda de água em cada hora do dia. Este perfil de consumo caracteriza o normal funcionamento do sistema hidráulico do prédio. Comparando este perfil com o consumo em tempo real, o que é feito automaticamente mediante um algoritmo simples, pode-se detectar rapidamente qualquer anomalia (um consumo elevado e imprevisto). Desta forma, o sistema on-line pode ser programado para mandar automaticamente uma mensagem de alerta por vazamento, ao mail ou ao celular do cliente.

Num estágio mais avançado deste sistema, o usuário do sistema poderia até comandar uma válvula desde seu celular ou computador, e fechar remotamente o registro de água de um setor do prédio em caso de vazamento.

A Figura 5 a seguir esquematiza a arquitetura do sistema proposto.

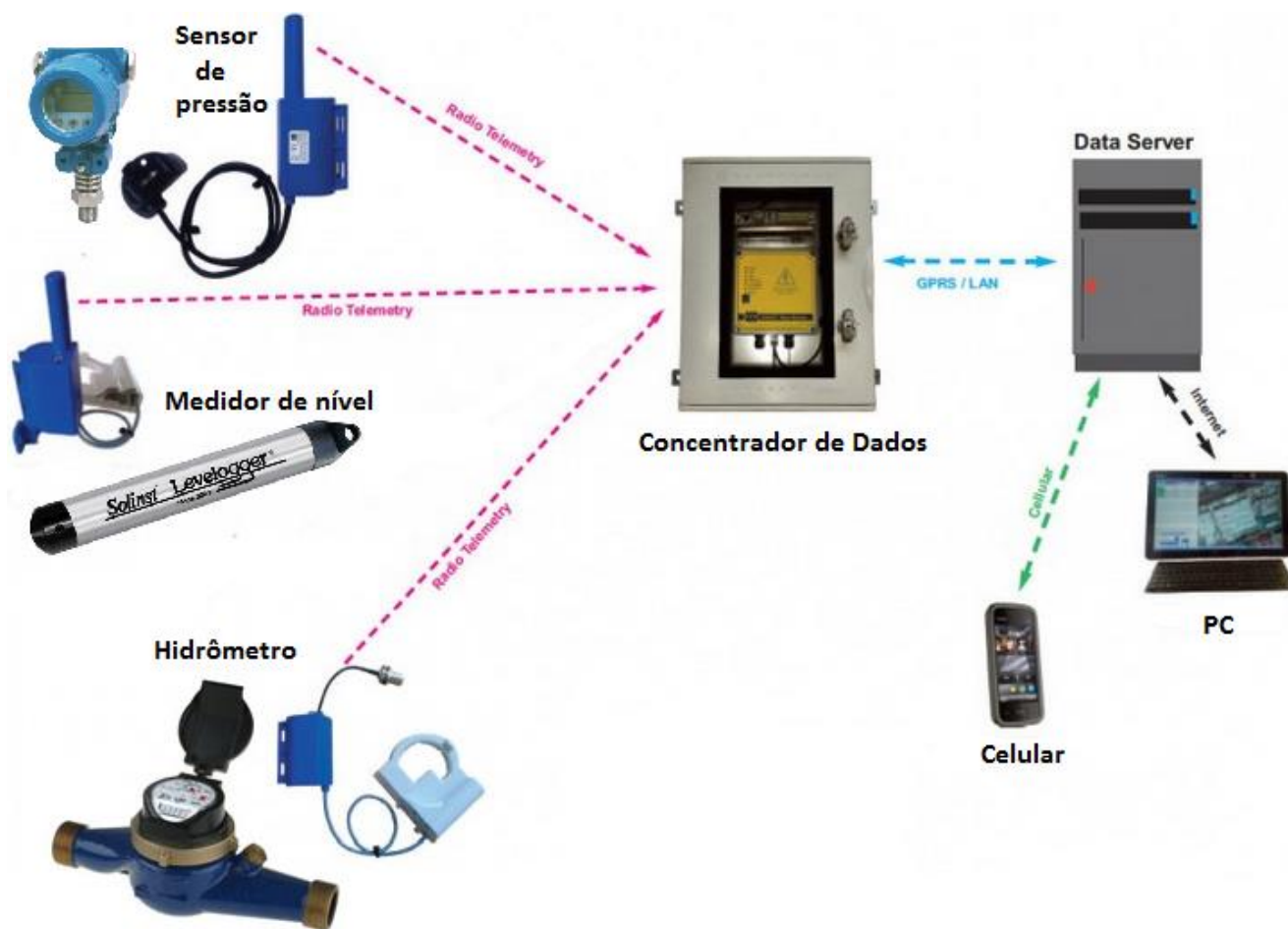


Figura 5 – Arquitetura geral do sistema: integração dos sensores e transmissão da informação para o usuário.

### 3.2 TESTE EM CAMPO

Durante períodos de entre uma e quatro semanas, foi instalado uma sonda de nível no reservatório superior em vários prédios de Salvador. Em paralelo com a sonda submersa, um medidor de pressão atmosférica compensava as leituras da sonda de nível (sonda de pressão hidrostática). As fontes de incerteza na medição usando este sistema são: a precisão do sensor capacitivo de pressão, a variação do volume de água com a temperatura e a variação da pressão atmosférica. Para minimizar o erro devido à variação da temperatura de água, a sonda leva incorporada um sensor de temperatura RTD de platina com precisão de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  que compensa automaticamente as leituras de pressão hidrostática. A maior fonte de incerteza resultou a variação da pressão atmosférica, cuja contribuição ao erro de leitura foi de  $\pm 5$  mm após fazer a compensação com um medidor de pressão atmosférica de precisão  $\pm 0,05$  kPa.

A precisão final deste sistema de medição de nível foi avaliada em  $\pm 6$  mm para colunas de água dentre 0 e 3m. A resolução deste sistema medidor, definida como a medida do menor incremento mensurável, é de 1,5mm.

A sonda e o medidor atmosférico foram programados para coletar dados de forma automática a cada 5 minutos. No sistema proposto, estas leituras automáticas de nível seriam transmitidas por telemetria para um servidor. Embora, nesta experiência, os dados em vez de transmitidos foram registrados num data-logger. Após finalizar a leitura de cada reservatório, o medidor era retirado e os dados descarregados no computador para serem analisados.

Para a elaboração dos perfis de consumo de água, os registros de nível (um a cada 5 minutos) foram integrados em períodos de uma hora e posteriormente transformados em volume de água consumida. A conversão entre variação de nível do reservatório e volume de água foi realizada mediante um programa informático que realiza operações algébricas levando em conta os intervalos em que a bomba está ligada (entradas de água no reservatório) e a área do reservatório (relação nível/volume). Desta forma, foram elaborados os perfis de consumo de água para cada prédio, que mostram o volume de água consumida em cada uma das 24h do dia. Foram elaborados perfis de consumo para cada um dos dias em que o medidor foi instalado, fossem eles dias úteis ou feriados.

Ainda, foi testado o medidor de nível no reservatório inferior de alguns prédios, com o objetivo de avaliar sua estanqueidade, isto é, avaliar a existência de perdas de água por infiltração através das paredes do tanque. O critério seguido foi que durante o período em que a válvula de entrada do reservatório está fechada e a bomba parada o nível deve permanecer constante. A elevada resolução do medidor (1,5mm) permite detectar com clareza se o nível está num valor estável ou se pelo contrário está descendo lentamente devido a vazamentos através de gretas no concreto das paredes.

Os prédios escolhidos foram a Escola Politécnica da UFBA e uma dúzia de edifícios administrativos do CAB. Estes prédios possuem uma tipologia similar: prédios públicos com grande ocupação durante um horário definido (segunda a sexta) e que permanecem vazios durante a noite e dias festivos. O consumo de água de todos estes prédios é monitorado pelo sistema AGUAPURA, mediante leituras diárias do hidrômetro de entrada.

As figuras 3 e 4 mostram um dos prédios monitorados, com destaque nos três pontos de interesse: hidrômetro principal, reservatório inferior e reservatório superior de distribuição.

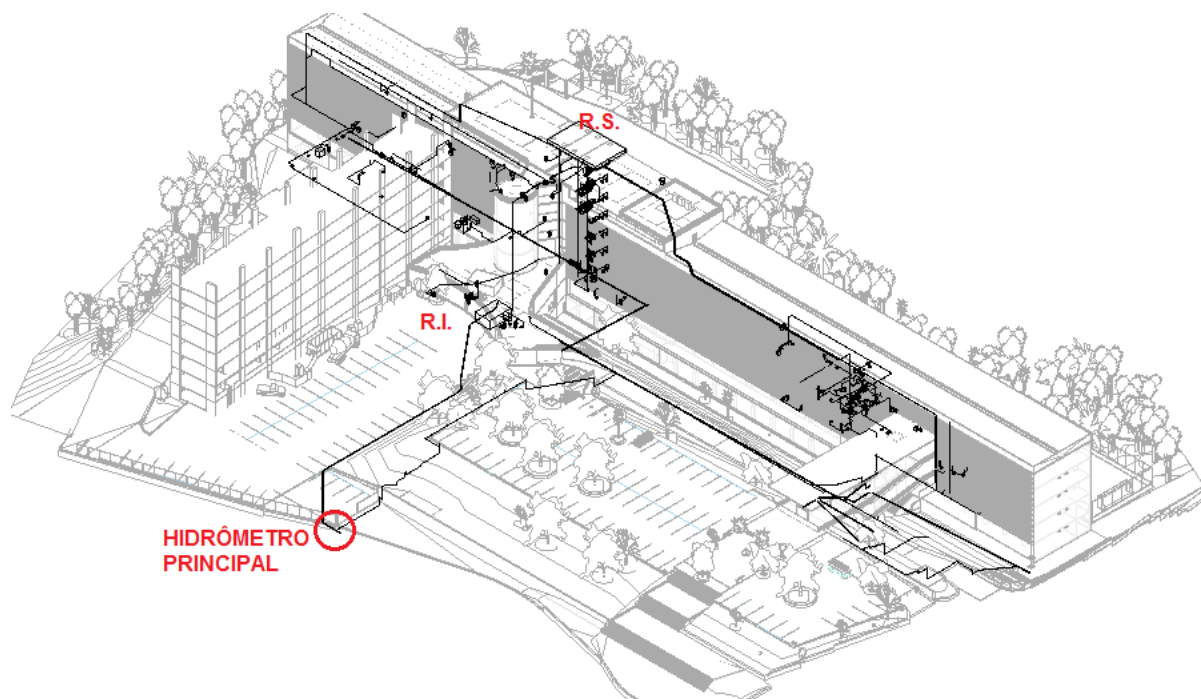


Figura 3 – Instalação dos sensores no sistema hidráulico de um prédio já existente: exemplo da Escola Politécnica. Os pontos de medição escolhidos foram o hidrômetro principal de entrada, o reservatório inferior (R.I.) e o reservatório superior (R.S.)

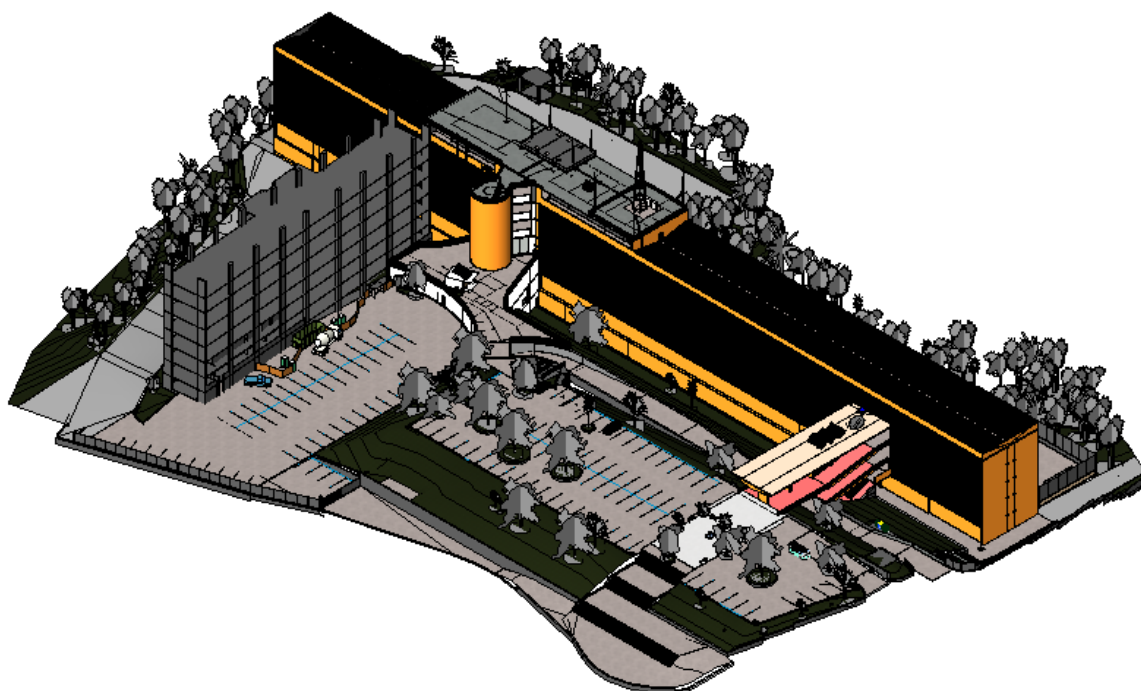


Figura 4 – Vista do prédio em que está sendo testado o protótipo na atualidade. A Escola Politécnica conta com uma população equivalente (alunos e funcionários) de 1000 pessoas por dia. O consumo médio em 2014 foi de  $19,8 \text{ m}^3/\text{dia}$ , isto é, mais de 7 milhões de litros de água por ano [12].

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi constatado que o monitoramento do nível do reservatório superior permite caracterizar o funcionamento do sistema hidráulico do prédio, em particular o enchimento de reservatórios e o funcionamento da bomba (número de partidas e paradas, comando-boia, etc). Mediante a instalação de sensores de nível com registrador de dados, foi avaliado o funcionamento do sistema hidráulico de mais de uma dúzia de edifícios. Para todos estes prédios foram traçadas curvas do nível dos reservatórios. A Figura 6 mostra uma destas curvas, que representa uma “radiografia” do funcionamento do reservatório e da qual podem ser extraídas interessantes conclusões.

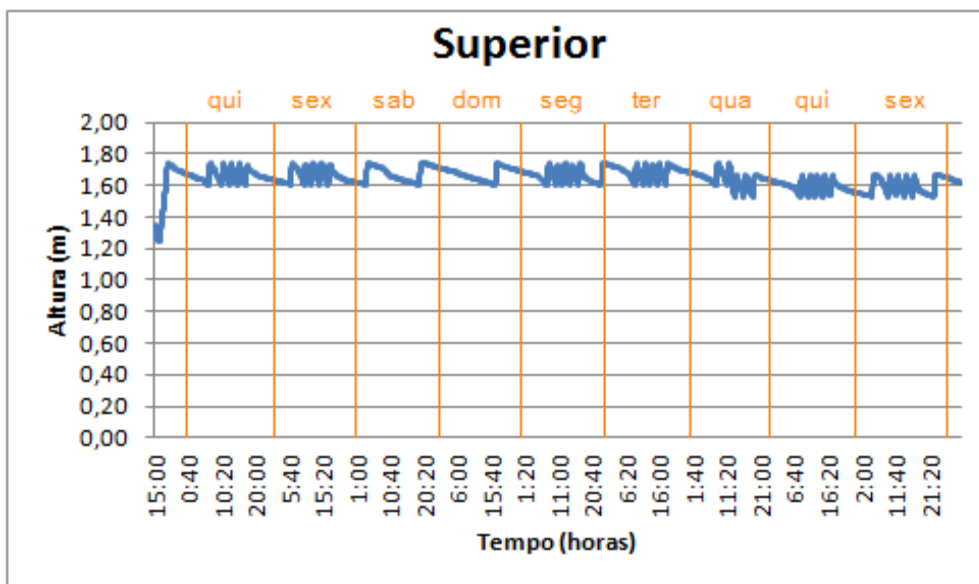


Figura 6 – monitoramento do nível de um reservatório superior durante uma semana. Prédio administrativo no CAB.

Na Figura 6, observam-se três bombeamentos durante os finais de semana e até sete por dia útil. A gráfica indica que o número de bombeamentos é adequado, embora a boia de comando poderia ser regulada para reduzir o número de partidas/paradas da bomba, incrementando sua vida útil.

Quando aplicado ao reservatório inferior, o medidor de nível permite avaliar sua estanqueidade. Enquanto a bomba está parada e a entrada do reservatório está fechada, um descenso do nível da água representaria perdas de água por infiltração através das paredes do tanque. A Figura 7 mostra a curva de variação do nível de um reservatório cuja entrada de água está fechada. Os trechos descendentes representam partidas da bomba enquanto os trechos horizontais indicam nível estável com ausência de vazamentos.

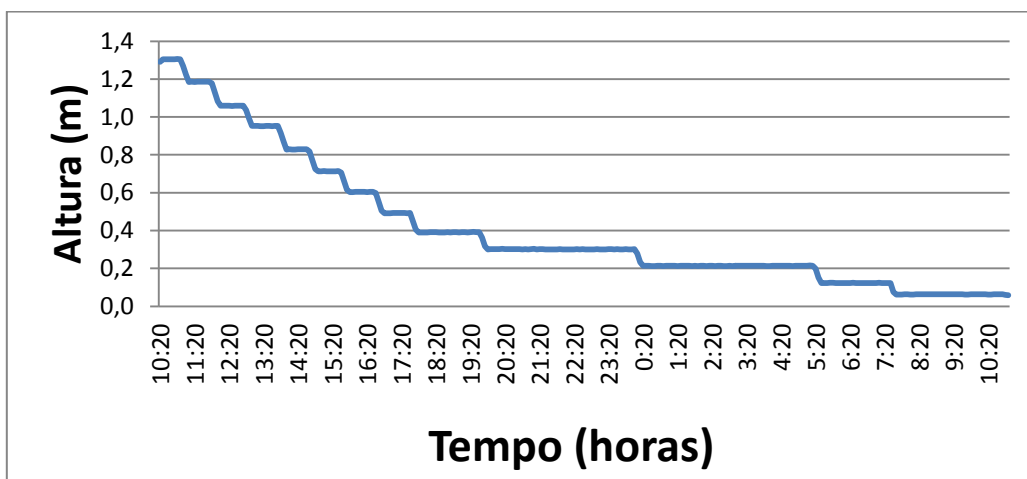


Figura 7 – monitoramento do nível de um reservatório inferior. Prédio administrativo no CAB.



Durante a instalação do medidor de nível no reservatório superior dos prédios também são realizadas medições de suas dimensões, o que permite relacionar as variações de nível da água com o volume consumido. O cálculo do volume de água consumida em cada intervalo de tempo permite a elaboração dos perfis diários de consumo de água do prédio (Figuras 8 e 9). As curvas correspondem ao volume de água consumido em cada hora, durante um dia útil (Figura 8) e um feriado (Figura 9), num grande prédio do CAB – Centro Administrativo da Bahia.

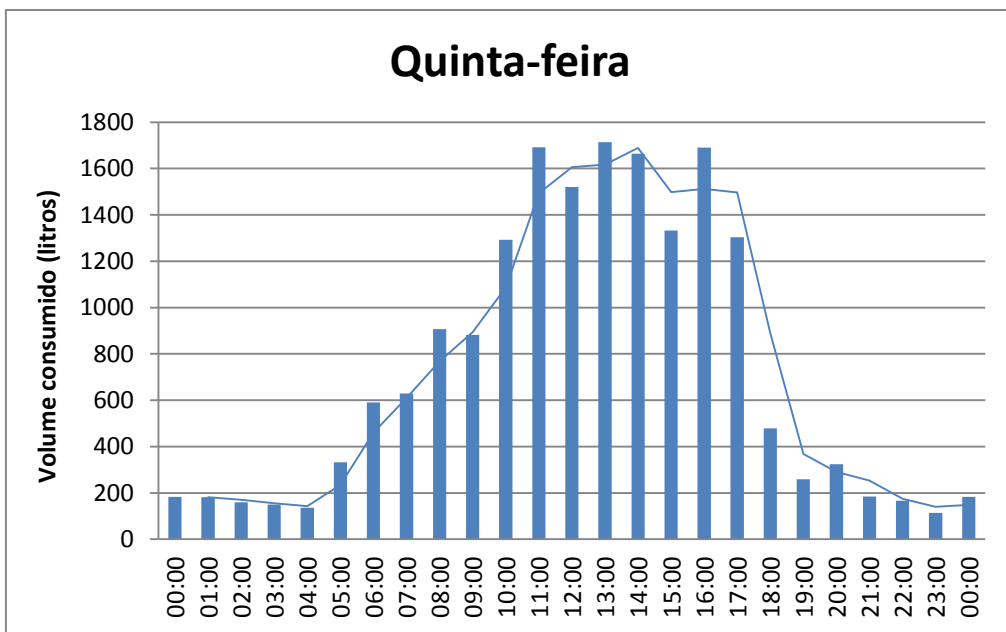


Figura 8 – Perfil de consumo de água em dia útil

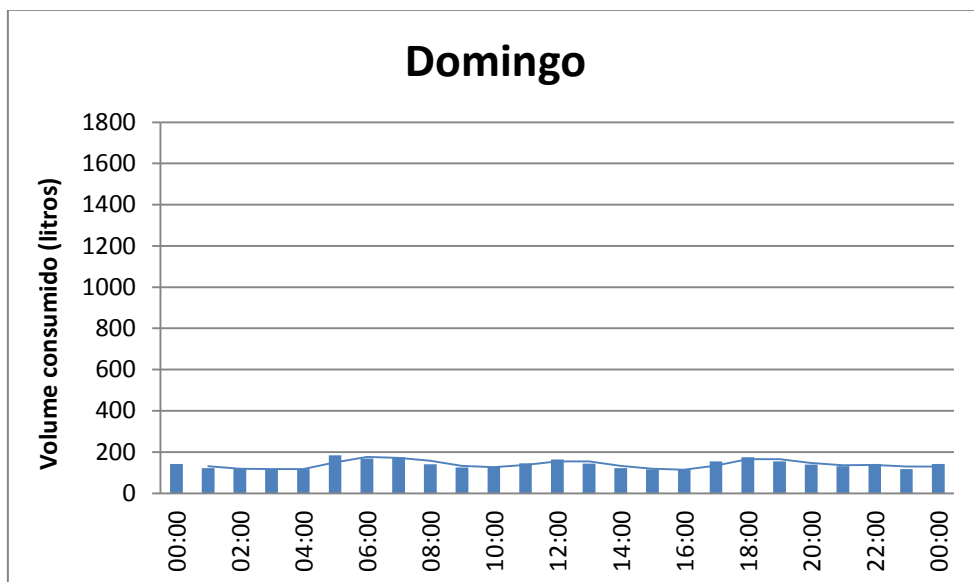


Figura 9 – Perfil de consumo de água em dia feriado

Das figuras 8 e 9 podem ser extraídos dois resultados de interesse:

Primeiro, o perfil de consumo de água do prédio. A demanda diária de água no prédio segue um padrão bem definido, característico de um prédio administrativo que permanece praticamente desocupado das 20:00 às 5:00 horas. Nos dias de expediente, o consumo entre as 11:00 e as 17:00 horas atinge o valor máximo de 1700 litros/hora. Nas horas em que o prédio está vazio, o consumo cai para 120-180 litros por hora. Este consumo se deve a eventuais acionamentos dos aparelhos hidro-sanitários pelos vigilantes noturnos, e a pequenos vazamentos de água no prédio.

Segundo, uma avaliação do nível de perdas do prédio. O monitoramento do nível de água no reservatório superior permite estabelecer para este prédio umas perdas mínimas de 100 litros por hora, devidas a pequenos vazamentos em tubulações, torneiras e bacias sanitárias. Este patamar de perdas de água por vazamentos corresponde a 72 m<sup>3</sup> por mês. Este volume de água, perdido em pequenos vazamentos no sistema hidráulico do prédio, tem um custo de R\$ 24.300,00 por ano.

Com relação ao custo do protótipo, a Tabela 1 apresenta o valor do sistema básico e de cada elemento por separado. O custo é composto por um valor fixo que corresponde ao sistema que recebe as leituras dos sensores e as transmite para a internet e também gera as alarmes automaticamente, e um valor variável que depende do número de sensores instalados (isto é, do número de pontos monitorados). Por exemplo, para um sistema que monitore 1 reservatório e 1 hidrômetro, o custo total seria 1.000 (sistema básico) + 6.000 (custo 1 reservatório) + 400 (custo 1 hidrômetro) = R\$ 7.400,00.

Elementos do sistema de telemetria	Custo aproximado (R\$)
Sistema básico de telemetria	1.000,00
Sistema medidor de nível (para 1 reservatório)	6.000,00
Sistema medidor de nível (para 2 reservatórios)	9.000,00
Monitoramento de vazão (para 1 hidrômetro)	400,00
Monitoramento de vazão (para 5 hidrômetros)	1.030,00
Monitoramento de vazão (para 10 hidrômetros)	1.780,00
Monitoramento da pressão (para 1 único ponto)	3.000,00

Tabela 1 – Estimativa do custo do sistema proposto.

## 5. CONCLUSÕES

O monitoramento do nível do reservatório superior de um prédio oferece uma informação complementar às leituras do hidrômetro de entrada (a montante do reservatório), e dos hidrômetros dos diferentes setores do prédio (a jusante do reservatório). Em conjunto, ambos o medidor de nível e o hidrômetro permitem realizar o balanço hídrico do prédio e caracterizar o consumo, identificando eventuais vazamentos.

O monitoramento simultâneo de nível e vazão realizada por este novo sistema oferece uma série de vantagens para a gestão do consumo de água em prédios:

- Este sistema adequa-se muito bem em instalações hidráulicas já existentes, nem necessidade de obras adicionais ou modificações. Ainda, é idôneo para o tipo de instalações mais modernas que o estão surgindo no mercado recentemente: sistemas de aproveitamento de água de chuva, de reuso de águas servidas, sistemas de automação predial.
- O uso de válvulas de impulsos a montante dos hidrômetros incrementa a precisão das leituras do consumo de água em 10% [8-11]. Com este acréscimo na precisão na leitura, é possível detectar e quantificar vazamentos de água em qualquer sector de um prédio.
- A velocidade de detecção de vazamentos aumenta sensivelmente em relação a sistemas que monitoram unicamente a leitura diária do hidrômetro de entrada como, por exemplo, o sistema AGUAPURA em funcionamento em vários prédios públicos da Bahia. Pode-se detectar um vazamento em questão de horas, sem ter que aguardar um relatório semanal ou mensal.
- Ainda mais interessante do que o aumento na velocidade na detecção é o fato de não precisar de um grande vazamento para o sistema detectar uma anomalia no consumo. Pequenos vazamentos (que podem supor um grande prejuízo ao final do mês) são também detectados.
- Vazamentos nos reservatórios são também detectados, o que não acontece se monitorarmos unicamente os hidrômetros.
- A medição conjunta de vazão e nível permite caracterizar o funcionamento do sistema hidráulico do prédio, em particular o enchimento de reservatórios e o funcionamento da bomba (número de partidas e paradas, comando-boia, etc). Esta informação é muito valiosa para os responsáveis pela manutenção e pode evitar problemas de queima de bombas, perda de água e alagamento por extravassão de reservatórios, entre outros.
- O monitoramento do nível dos reservatórios permite uma estimativa precisa do volume de água perdida por vazamentos, indicada pelo consumo noturno ou em horários em que o prédio está vazio. Ter uma estimativa confiável do volume de água (e o dinheiro) que está sendo desperdiçado é um resultado valioso para o cliente, que pode assim realizar uma análise econômica para investir em pesquisa de vazamentos ou em modernizar sua instalação hidro-sanitária.
- O monitoramento do nível dos reservatórios também permite a elaboração de um perfil diário de consumo, baseado no descenso do nível do reservatório superior de distribuição. Este descenso do nível pode ser monitorado em intervalos de até 1 segundo. O perfil de consumo construído com este método é muito mais confiável que o construído mediante monitoramento exclusivo do hidrômetro de entrada, que é o que oferecem os sistemas convencionais disponíveis no mercado. A razão é que o descenso de nível indica a água realmente consumida nesse instante enquanto o volume de água que atravessa o hidrômetro pode estar destinado a encher o reservatório. Desta forma, o hidrômetro pode estar registrando passagem de água mesmo com o prédio vazio.

## REFERENCES

- [1] Salvador City Council “Estudo de Aproveitamento dos Mananciais de Salvador – Estudo de Demandas”, (2010) Plano Municipal de Saneamento Básico.  
Available at: [http://www.infraestrutura.salvador.ba.gov.br/consultapublica/arquivos/VOLUME\\_II-PMSB\\_Sv-06-12.pdf](http://www.infraestrutura.salvador.ba.gov.br/consultapublica/arquivos/VOLUME_II-PMSB_Sv-06-12.pdf)
- [2] A.S. Sánchez, E. Cohim, R.A. Kalid “A review on physicochemical and microbiological contamination of roof-harvested rainwater in urban areas”, *Sustainability of Water Quality and Ecology* (2015), in press.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.04.002>
- [3] A.S. Sánchez, I.B.R. Nogueira, R.A. Kalid “Uses of the reject brine from inland desalination for fish farming, Spirulina cultivation, and irrigation of forage shrub and crops”, *Desalination* (2015) 364:96-107.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2015.01.034>
- [4] SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (National Secretary for Environmental Sanitation of Brazil) “Diagnóstico dos serviços de água e esgotos –2012” (2013) Accessed 10 July 2014.  
Available at: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=6>.
- [5] EMBASA – Empresa Baiana de Saneamento (Water utility of the State of Bahia) “Anexo IV – Tabela de Tarifas”, (2014).  
Available at: <http://www.embasa.ba.gov.br/centralservicos/index.php/tarifas>.
- [6] M. Marinho, M.S. Gonçalves, A. Kiperstok “Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university”, *Journal of Cleaner Production* (2014) 62:98-106.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.053>
- [7] S.F. da Silva, V. Britto, C. Azevedo, A. Kiperstok “Rational Consumption of Water in Administrative Public Buildings: The Experience of the Bahia Administrative Center, Brazil”, *Water* (2014) 6(9):2552-2574.  
<http://dx.doi.org/10.3390/w6092552>
- [8] S. Yaniv “Reduction of Apparent Losses Using the UFR (Unmeasured-Flow Reducer) – Case Studies”, *Sydney Efficient 2009 Conference* (2009) p. 26-28.  
Available at: [http://ariafrica.co.za/downloads/UFR\\_IWA.pdf](http://ariafrica.co.za/downloads/UFR_IWA.pdf)
- [9] B. Charalambous, S. Charalambous, I. Ioannou “Meter Under-Registration caused by Ball Valves in Roof Tanks”, *Water Loss Conference, Bucharest* (2007) Vol. 23.  
Available at: <http://www.mediafire.com/view/juyqjttznzon/Meter+Under-Registration.pdf>
- [10] H.E. Mutikanga, S. K. Sharma, K. Vairavamoorthy “Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems”, *Journal of Water Resources Planning and Management* (2013) 139(2):166-174.  
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000245](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000245)
- [11] L. Hovany “The contribution of UFR in measuring water volume by water meter in a single household” *Exploitation of Renewable Energy Sources (EXPRES)*, 3rd International Symposium on. IEEE (2011) p. 75-78.  
<http://dx.doi.org/10.1109/EXPRES.2011.5741795>
- [12] A.S. Sánchez “Aproveitamento de Águas Pluviais na Escola Politécnica da UFBA”, *Universidade Federal da Bahia, Salvador* (2014), 284p.  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4148.8084>