

**CONTROLE OPERACIONAL EM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ÁGUA PARA ABASTECIMENTO VISANDO O CONTROLE DE  
PERDAS: EXPERIÊNCIA EM SUB-SETORES DA CIDADE DE SÃO  
CARLOS, SP**

**AUTORES:**

Eng<sup>o</sup> . CIVIL FERNANDO DAS GRAÇAS BRAGA DA SILVA <sup>1</sup>

Eng<sup>o</sup> .CIVIL URANDI GRATÃO <sup>2</sup>

Eng<sup>o</sup> .AGr<sup>o</sup> . ADILSON DOS SANTOS <sup>3</sup>

PROF.Dr<sup>a</sup> . LUISA FERNANDA RIBEIRO REIS <sup>4</sup>

PROF.Dr . RODRIGO DE MELO PORTO <sup>5</sup>

PROF.Dr . FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY <sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. RUA 6 DE FEVEREIRO, VILA SANTA CLARA, 10, DOURADO - SP, 13590.-000. [email:ferbraga@sc.usp.br](mailto:ferbraga@sc.usp.br) . AGENCIA FINANCIADORA: [FAPESP](#)

<sup>2</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. RUA OSCAR DE SOUZA GERIBELLO, 635, Apto 24, SÃO CARLOS-SP, 13564.-000. [email:gratao@sc.usp.br](mailto:gratao@sc.usp.br) . AGENCIA FINANCIADORA: [CNPq](#).

<sup>3</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. RUA ANA PRADO, 231, VILA PRADO, SÃO CARLOS-SP, 13560.-520. [email: adilson@sc.usp.br](mailto:adilson@sc.usp.br). AGENCIA FINANCIADORA: [CNPq](#)

<sup>4</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. AV. Dr CARLOS BOTELHO, 1465, VILA PUREZA, SÃO CARLOS-SP, 13560.-250. [email: fernanda@sc.usp.br](mailto:fernanda@sc.usp.br)

<sup>5</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. AV. Dr CARLOS BOTELHO, 1465, VILA PUREZA, SÃO CARLOS-SP, 13560.-250. [email: rodrigo@sc.usp.br](mailto:rodrigo@sc.usp.br).

<sup>6</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. AV. Dr CARLOS BOTELHO, 1465, VILA PUREZA, SÃO CARLOS-SP, 13560.-250. [email: fazal@sc.usp.br](mailto:fazal@sc.usp.br).

**CONTROLE OPERACIONAL EM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
PARA ABASTECIMENTO VISANDO O CONTROLE DE PERDAS:  
EXPERIÊNCIA EM SUB-SETORES DA CIDADE DE SÃO CARLOS, SP**

## **INTRODUÇÃO**

O controle da operação de sistemas hídricos constitui tema da maior relevância na atualidade, principalmente se encarado sob a ótica da sustentabilidade dos recursos água e energia elétrica. Dentre os sistemas hídricos urbanos, destacam-se as redes de distribuição de água para abastecimento, que, espalhadas pelo mundo todo, chegam a perder até 60% do volume total bombeado e quimicamente tratado. Tais perdas implicam em despesas desnecessárias relativas a custos de bombeamento e tratamento da água e requerem investimentos prematuros no que se refere à expansão do sistema ou necessidade de exploração de novas fontes de recursos hídricos. Tais fatos, associados à perspectiva atual de pagamento pelo uso da água, vem preocupando os profissionais da área, e levando-os a propor soluções no sentido de minimizar o problema das fugas de água em sistemas de distribuição.

O controle operacional dos referidos sistemas pode ser realizado desde que o comportamento do mesmo possa ser simulado, face a diferentes estratégias operacionais atuais e futuras. Para tanto, é requerido um ferramental básico que vise a análise do comportamento de redes, os modelos matemáticos de simulação hidráulica.

O presente trabalho descreve resultados preliminares já obtidos da experiência em desenvolvimento por equipe de pesquisadores do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), em parceria com o Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE) de São Carlos, que tem como objetivo o controle operacional de setores da rede da Cidade, com vistas à redução de perdas consideradas expressivas. Trata-se de um projeto apoiado pela Financiadora Nacional de Estudos e Projetos (FINEP), que compreende levantamentos de campo e simulações computacionais.

O trabalho demonstra a viabilidade desse tipo de análise com resultados muito positivos na direção de se exercer um controle efetivo de perdas. Para tanto, utiliza-se de um modelo de simulação hidráulica que incorpora a Equação Universal de perda de carga, na sua forma mais geral, ao mesmo tempo que considera a relação

pressão-vazamento explicitamente no modelo Germanopoulos & Jowitt(1989), Jowitt & Xu (1990).

## **OBJETIVOS**

Dentre todos os objetivos do trabalho, destacam-se:

- Estudo dos vazamentos e a determinação de parâmetros do modelo pressão x vazamento, através de testes de campo nos sub-setores em estudo de acordo com Khadam et al (1991);
- Estudo da distribuição de demanda espacial e temporalmente;
- Calibração do modelo hidráulico e simulações de possíveis cenários futuros; e
- Elaboração de propostas para subsidiar o controle efetivo das perdas nas áreas de estudo.

## **METODOLOGIA**

Os sub-setores alvo do estudo foram escolhidos pelo fato de serem isoláveis, além de constituírem regiões onde coexistem pressões elevadas e baixas, e os consequentes problemas de vazamentos significativos.

Estipuladas as áreas de interesse para o estudo, e adquiridos os equipamentos necessários a detecção de “vazamentos grosseiros” e monitoramento de pressão e vazão, foram iniciados os levantamentos de campo. Foi realizada a caracterização sócio-econômica da área, através da aplicação de questionário especialmente elaborado para esse propósito. Tais dados, juntamente com as informações quanto a ocorrências de vazamentos obtidos junto ao SAAE, serão empregados na confecção de sistema geo-referenciado de informações para a área, já em fase de construção. Os ensaios propriamente ditos foram conduzidos em duas áreas isoláveis distintas, para as quais monitoraram-se, continuamente durante períodos de dez dias, vazão e pressão na entrada, além da pressão em seis pontos internos à mesma e consumo de um prédio de dezesseis apartamentos. Foram feitos alguns testes no período da madrugada (demanda praticamente zero), para avaliar o efeito da pressão sobre o vazamento, através de manobras de dispositivos como VRP (válvula redutora de pressão) e registros existentes na entrada das áreas em estudo, cujos resultados são apresentados neste trabalho.

Os dados sócio econômicos levantados através de questionário foram organizados de maneira a possibilitar a extração informações tais como hábitos de consumo da população, relevantes à compreensão das necessidades de abastecimento da área.

Os dados de medição já levantados vêm sendo empregados para alimentar o modelo hidráulico de simulação, com vistas à reprodução do comportamento do sistema.

## RESULTADOS :

O gráfico da figura 1 ilustra as informações levantadas através de testes de campo realizados durante períodos noturnos, num dos setores em estudo. Ele possibilita a visualização de patamares de pressão a que a rede foi submetida para avaliação dos vazamentos, cujos valores também caracterizam-se por patamares bem definidos. Tais informações vem sendo utilizadas na determinação das relações pressão-vazamento de caráter local empregadas em modelos de simulação.

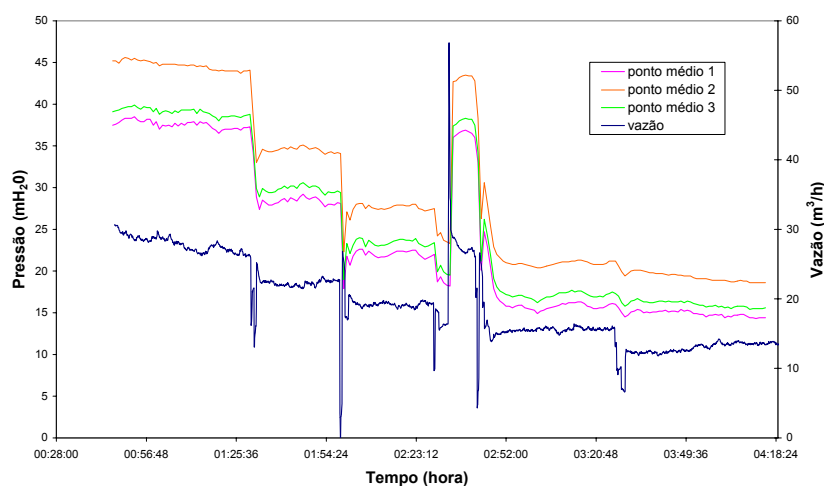


Figura 1. Valores de vazão e pressões registrados em campo.

## **CONCLUSÃO**

O presente trabalho demonstra a viabilidade do emprego de modelos de simulação que, alimentados de dados reais permitem a reavaliação do comportamento do sistema face a possíveis estratégias de controle de vazamentos a serem propostas (Reis et al (1997)).

## **AGRADEDIMENTOS**

Os autores agradecem à FINEP como agência financiadora do projeto RECOPE- REHIDRO, em que se insere o presente estudo; ao SAAE - São Carlos e sua equipe pelo apoio logístico no desenvolvimento deste trabalho; à FAPESP, pela bolsa de doutorado destinada ao primeiro autor do trabalho, ao CNPq pela concessão de bolsas de mestrado e de produtividade em pesquisa a autores deste trabalho; e à Sabesp, pela cooperação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**Germanopoulos, G.; Jowitt, P.W. (1989). Leakage reduction by excess pressure minimization in a water supply network. Proc. Instn. Civ. Engng, part1, n.87, p.215-224, June.**

**Jowitt, P.W.; Xu, C. (1990). Optimal Valve Control in Water Distribution Networks. Journal of Water Resources Planning and Management, v.116, n.4, p.455-472, July.**

**Khadam, M.O.; Shamas, N.Kh.; AL-Feraiheedi, Y.(1991). Water International. Water losses from municipal utilities and their impacts, v.14, n.4, p.254-261.**

**Reis L.F.R.; Porto R.M.; Chaudry F.H. (1997). Optimal location of control valves in pipe networks by genetic algorithm. Journal of Water Resources Planning and Management, v.123, n.6, p.317-326, Nov/Dec.**