

VIII-078 - SIMULADOR DE ÁGUAS URBANAS – SAU. UMA PLATAFORMA PARA O ENSINO, TREINAMENTO E PESQUISA

Pedro de Souza Garrido Neto⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Monica Pertel

Doutoranda em Engenharia Civil. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Isaac Volschan Junior

D.Sc., Professor Associado do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Escola Politécnica/UFRJ.

Jorge H. Alves Prodanoff

Ph.D. Professor Associado da COPPE/UFRJ.

José Paulo Soares de Azevedo

D.Sc., Professor Adjunto do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Escola Politécnica/UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, nº 149, Centro de Tecnologia – Depto. De recursos Hídricos e Meio ambiente, Bloco D, sala 2020 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21941-909 - Brasil - Tel: +55 (21) 2562-7982 - e-mail: volschan@poli.ufrj.br.

RESUMO

O projeto Eficiência em Águas Urbanas foi concebido no sentido de promover a expansão das atividades do Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ (CESA/UFRJ), a partir da condução de projetos de pesquisas experimentais aplicados ao saneamento ambiental urbano, notadamente: abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Apesar do incremento da cobertura de prestação dos serviços de saneamento nas cidades brasileiras, indicadores do setor ainda apontam para sérias deficiências operacionais dos sistemas existentes e que resultam em comprometimentos estruturais de suas próprias instalações, impactos ambientais aos corpos hídricos naturais, uso irracional de energia elétrica, e conseqüentemente custos econômicos não sustentáveis para a prestação dos mesmos serviços. Neste contexto é que o Projeto Eficiência em Águas Urbanas, objeto do Edital FAPERJ Proteção ao Meio Ambiente (2008) foi idealizado, prevendo a realização de estudos de investigação em plataformas experimentais a serem instaladas e/ou ampliadas no CESA/UFRJ, e cujos conteúdos objetivariam o desenvolvimento da tecnologia aplicada aos sistemas de águas urbanas, no sentido de dotá-los de maior eficiência, confiabilidade e sustentabilidade estrutural, ambiental, energética e econômica. Neste trabalho será apresentada a estrutura física do Simulador de Águas Urbanas (SAU), além de um protocolo de procedimentos experimentais desenvolvido para o sistema de abastecimento de água, quando submetido a condições operacionais específicas.

PALAVRAS-CHAVE: Simulador, águas urbanas, plataforma pedagógica.

INTRODUÇÃO

O CENTRO EXPERIMENTAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA UFRJ

O Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ (CESA/UFRJ) é um laboratório de ensino, pesquisa e extensão, subordinado ao Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica e tem como principal missão atender aos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental da UFRJ.

Ocupando área de 2.500 m² e localizado em um dos acessos principais da Cidade Universitária da UFRJ, o CESA/UFRJ teve origem no projeto UFRJ-HIDRO, conduzido no âmbito do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (Edital MCT/FINEP/CT-HIDRO nº1).

O CESA/UFRJ consiste em um conjunto de instalações em escala piloto, contemplando o Simulador de Águas Urbanas (SAU) e as Unidades de Tratamento de Esgotos (UTES). Na Sala de Aula Prof. Eduardo Pacheco Jordão são conduzidas atividades regulares de disciplinas dos cursos de graduação e pósgraduação. As análises físico-químicas e biológicas relativas ao monitoramento das UTES são realizadas nas instalações do Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente. Antes da implantação do Simulador de Águas Urbanas, o CESA/UFRJ

somente contava com as Unidades de Tratamento de Esgotos (UTES), e que concediam ao laboratório a antiga denominação de Centro Experimental de Tratamento de Esgotos (CETE/UFRJ).

O CESA/UFRJ é uma das mais diversificadas instalações do país para o desenvolvimento de atividades de pesquisa, ensino e capacitação em saneamento ambiental, fazendo parte do grupo de laboratórios e instalações piloto que compõem o Programa PROSAB (FINEP/CNPq), a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (FINEP/MCidades), e o Programa Habitação e Saneamento (FINEP/CNPq).

Semanalmente, o CESA/UFRJ é visitado por diferentes instituições de pesquisa e de ensino superior, de ensino médio, associações científicas, empresas operadoras e prefeituras municipais, fazendo com que também assuma o papel institucional de disseminador do conhecimento sobre saneamento ambiental, bem como sobre as causas, efeitos e ações de controle da poluição das águas.

Em função de sua dimensão, natureza e complexidade, a condução diária das atividades do laboratório requer a permanente assistência de profissionais encarregados por sua manutenção e operação, e que inclui a realização de reparos hidráulicos e elétricos, além da manutenção de condições adequadas de higiene e limpeza.

O SIMULADOR DE ÁGUAS URBANAS

O projeto de implantação do Simulador de Águas Urbanas (SAU) do Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ (CESA/UFRJ) tem origem na Chamada Pública 01/2005 (MCT/FINEP/CT-HIDRO), que por iniciativa do Ministério das Cidades, estabeleceu a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA. A UFRJ é uma das instituições condutoras das atividades da ReCESA no âmbito da região sudeste do país.

Dentre os investimentos em infra-estrutura previstos para a consecução do projeto ReCESA, fora planejada a implantação de uma plataforma pedagógica – denominada “minirede” – cujos objetivos seriam o de, em escala real, demonstrar o funcionamento e simular procedimentos operacionais e de manutenção de redes de distribuição de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial, como esquematicamente representa o desenho da Figura 1.

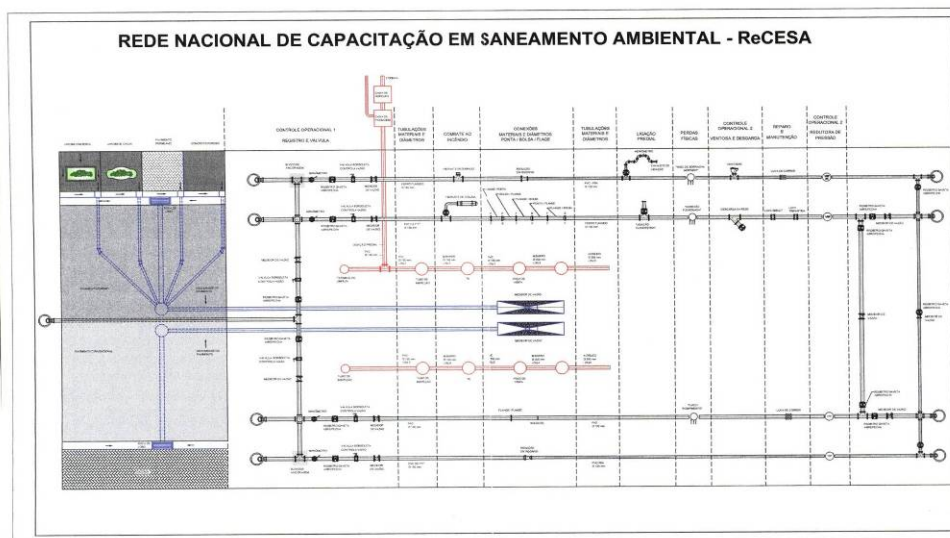


Figura 1: Esquema original do plataforma pedagógica “minirede” ReCESA

O projeto “minirede” ReCESA teve como referência as instalações do Centre National de Formation aux Metiers de L'Eau, instituto pertencente ao Office International de L'Eau, e que serve ao treinamento profissional do setor de saneamento da França.

Além dos objetivos originais propostos pela ReCESA, o SAU-CESA/UFRJ serve aos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharias Civil e Ambiental, mais diretamente relacionados ao tema Saneamento Ambiental, assim como aos propósitos de outras áreas e especialidades da engenharia que atendem o setor de saneamento, tais como: automação e controle, robótica, máquinas hidráulicas, etc.

O SAU-CESA/UFRJ também contempla o desenvolvimento de projetos experimentais aplicados em: hidráulica dos coletores de esgotos; eficiência hidráulica e energética dos sistemas de abastecimento de água; e técnicas compensatórias para a drenagem urbana. A evolução dos objetivos da “minirede” ReCESA para o que hoje contempla o SAU-CESA/UFRJ é devida aos investimentos realizados por meio do Programa FAPERJ Soluções para o Meio Ambiente - 2008.

O SAU-CESA/UFRJ consiste em um logradouro público com 37 m de extensão e 10 m de largura, que expõe, propositadamente, a infra-estrutura física e demais elementos componentes dos sistemas urbanos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial. A Figura 2 ilustra vistas gerais das instalações do SAU-CESA/UFRJ.



Figura 2: Vistas das instalações do SAU-CESA/UFRJ

O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO SAU/CESA-UFRJ

As instalações que demonstram o funcionamento e simulam a operação do sistema de abastecimento de água do SAU-CESA/UFRJ são constituídas por um sistema hidráulico fechado, cuja carga piezométrica é disponibilizada por um castelo d'água, com desnível geométrico máximo de 7,0 metros em relação ao nível de assentamento das redes de distribuição, como indica a Figura 3.

Logo junto a base do castelo d'água, e instalado no tronco principal adutor da rede de distribuição, o sistema conta com um booster pressurizador, do tipo in line (ABS MEGABLOC N A2744.0.1/1E), capaz de elevar a carga piezométrica para até 40 m.c.a., como indica a Figura 4.



Figura 3: Castelo d'água



Figura 4: booster tipo *in line*

Ainda no tronco principal adutor, porém antes da derivação dos 4 diferentes tramos da rede de distribuição, a vazão total e a pressão disponibilizada são instantaneamente registradas por meio de um medidor de vazão do tipo turbina e um manômetro analógico. Os tramos da rede de distribuição se diferem em função de:

- material da tubulação - PVC-PBA, Vinilfer MPVC e ferro fundido;
- diâmetros - 50 mm até 250 mm; e
- tipos de conexões - ponta e bolsa e ponta e flange.

A montante e a jusante, os 4 tramos de distribuição (A, B, C e D) são interligados entre si e a uma elevatória de recalque, desde a qual a água distribuída é novamente recirculada ao castelo d'água, como indica a Figura 5. A Tabela 1 seguinte informa as principais características de cada um dos 4 tramos da rede de distribuição.



Figura 5: Derivação dos 4 tramos da rede de distribuição

Para o controle operacional do sistema de abastecimento de água, cada tramo da rede de distribuição possui um registro de manobra para controle da respectiva vazão afluente e um medidor de vazão do tipo turbina e um manômetro analógico instalados junto a tubulação de interligação a jusante, como indica a Figura 6.

O Sistema de Abastecimento de Água da SAU-CESA/UFRJ conta ainda com instalações experimentais específicas para a caracterização e avaliação de perdas físicas em cavaletes de micromedição predial (Figura 7) e em tubulações de redes de distribuição de diferentes materiais (Figura 8).

Tabela 1: Principais características de cada um dos 4 tramos da rede de distribuição

Tramo	Material	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Conexões
A	Vinilfer MPVC	200	6,29	Tê (200) Redução (200-150)
		150	6,13	Tê (150) Adaptador (150-100)
	PVC-PBA	100	5,49	Tê* (100) Redução* (100-75)
		75	6,03	Tê* (75) Redução* (75-50)
		50	5,81	-
B	Ferro Fundido	250	3,35	Luva de correr (250) Redução (250-200)
		200	6,65	Redução (200-150)
		150	6,45	Redução (150-100) Extremidade flange e ponta (100)
		100	6,20	Redução com flanges (100-80)
		80	7,10	-
C	Vinilfer MPVC	250	10,43	Luva de correr* (250) Redução (250-200)
		200	6,11	Luva de correr* (200) Redução (200-150)
		150	6,19	Redução (150-50)
		100	7,02	-
D	PVC-PBA	100	7,24	Redução* (100-75) Tê* (75)
		75	5,95	Redução* (75-50) Tê* (50)
		50	16,56	-

**Figura 6: Medidores de vazão e pressão**



Figura 7: Cavaletes de micromedicação predial



Figura 8: Tubulações de redes de distribuição de diferentes materiais

O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO SAU/CESA-UFRJ

As instalações que demonstram o funcionamento e simulam a operação do sistema de esgotamento sanitário do SAU-CESA/UFRJ são constituídas por um sistema hidráulico fechado. A jusante dos coletores de esgotos, um conjunto submerso de bombeamento, continuamente recalca o afluente para a cabeceira dos mesmos.

O sistema é dotado de 2 redes de esgotamento sanitário, sendo uma delas em manilha de barro e a outra em tubulação plástica (Figura 9). Cada uma das redes possui 4 trechos coletores, definidos por singularidades de inspeção a montante e a jusante (Figura 10).



Figura 9: Sistema de esgotamento sanitário



Figura 10: Singularidades de inspeção da rede coletora de esgotos

Enquanto a rede em manilha de barro apresenta trechos com diâmetros de 150 e 200 mm, a rede em material plástico liso possui diâmetro de 150 mm e, em plástico corrugado, diâmetro de 200 mm. Em todos os casos, os trechos encontram-se assentados de acordo com diferentes declividades. Ambas as redes plástica e em manilha de barro têm instaladas diferentes tipologias de ligações prediais, como também indica a Figura 10.

O SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DO SAU/CESA-UFRJ

Como também ilustra a Figura 3 anterior, a cabeceira do SAU reproduz a realidade de um logradouro público ao expor propositadamente as calçadas e a pista de rolamento. Em ambas, são empregados diferentes tipos de pavimento e sarjeta, sujeitos a diferentes taxas de infiltração de águas pluviais, podendo-se naqueles mais permeáveis se aplicar o conceito da drenagem sustentável e da técnica compensatória em drenagem urbana.

Esta instalação somente ocupa 6 m da extensão da plataforma, a partir da qual toda a água pluvial que nela precipita é drenada por uma galeria de águas pluviais de 400 mm, assentada paralelamente e entre os coletores de esgotos. A hidráulica deste sistema também obedece a um circuito fechado. No caso, a água recirculada é precipitada sobre as calçadas e a pista de rolamento através de um simulador de chuva, modelo UFMS.

Visando demonstrar o potencial da plataforma pedagógica Simulador de Águas Urbanas, o presente trabalho tem como objetivo descrever um protocolo experimental aplicado ao sistema de abastecimento de água, quando operado sob condições específicas.

METODOLOGIA

Como anteriormente descrito e como ilustrado pela Figura 6, o sistema de abastecimento de água do SAU possui um reservatório elevado, cuja possível variação do seu nível d'água (via operação do reservatório) é capaz de variar a carga piezométrica inicial desde 3,0 até 6,5 m.c.a.

Todos os 4 tramos da rede de distribuição, como definidos na Tabela 1, e como mostra a Figura 5, podem ser operados individualmente, concomitantemente, ou de acordo com outra qualquer combinação. Para efeito deste trabalho, da Tabela 2 que contempla os diferentes cenários de operação do SAU, são destacados os Cenários I e II, que respectivamente correspondem a operação, de forma independente, dos tramos A e D, e sujeitos a carga piezométrica inicial de 6,5 m.c.a.

As seguintes variáveis de controle dinâmico do sistema puderam ser comparadas com os resultados obtidos com base em avaliação hidráulica teórica, da seguinte forma:

- leitura de pressão obtida diretamente no visor analógico dos manômetros (IP-007-M ½") instalados no fim dos tramos A e D, expressa em m.c.a.;

- leitura de vazão obtida diretamente no visor analógico dos medidores de vazão (COSMOS WPD 2'') instalados no início do trecho adutor e ao fim dos tramos A e D, expressa em L/s;
- imposição de coeficientes de perda de carga distribuída e localizadas, de acordo com a configuração física dos tramos A e D, como indica a Tabela 3.

Tabela 2: Cenários possíveis de operação do sistema de abastecimento de água

Combinações entre os tramos da rede de distribuição	Pressões disponíveis (m.c.a.)				
	6,5	6,0	5,0	4,0	3,0
A	I				
B					
C					
D	II				
AB					
AC					
AD					
BC					
BD					
CD					
ABC					
ACD					
ABD					
ABC					
ABCD					

Tabela 3: Coeficientes de perda de carga distribuída e localizadas

Perdas Localizadas		Perdas Distribuídas			
Peças de PVC e Ferro Fundido		Tubulações de Ferro Fundido		Tubulações de PVC	
Peça	k	Diâmetro (mm)	j (m/m)	Diâmetro (mm)	j (m/m)
Ampliação	0,30	250	0,000060	250	0,000030
Redução	0,15	200	0,000189	200	0,000075
Tê de passagem	0,60	150	0,000768	150	0,000270
Tê de saída bilateral	1,80	100	0,005530	100	0,002612
Tê de saída de lado	1,30	80	0,016394	75	0,008470
Registro Esfera	10,00			50	0,047900
Registro Borboleta	0,30				
Curva de 90°	0,40				

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A operação dinâmica do SAU para as condições planejadas para os Cenários I e II, resultou ao longo do monitoramento do sistema, a vazão média de 3,52 L/s, e as pressões médias disponíveis ao fim dos tramos A e D, de respectivamente, 2,30 m.c.a e de 1,20 m.c.a..

O esquema que ilustra a Figura 11 e 12 apresentam respectivamente os resultados da avaliação hidráulica teórica dos Cenário I e II.

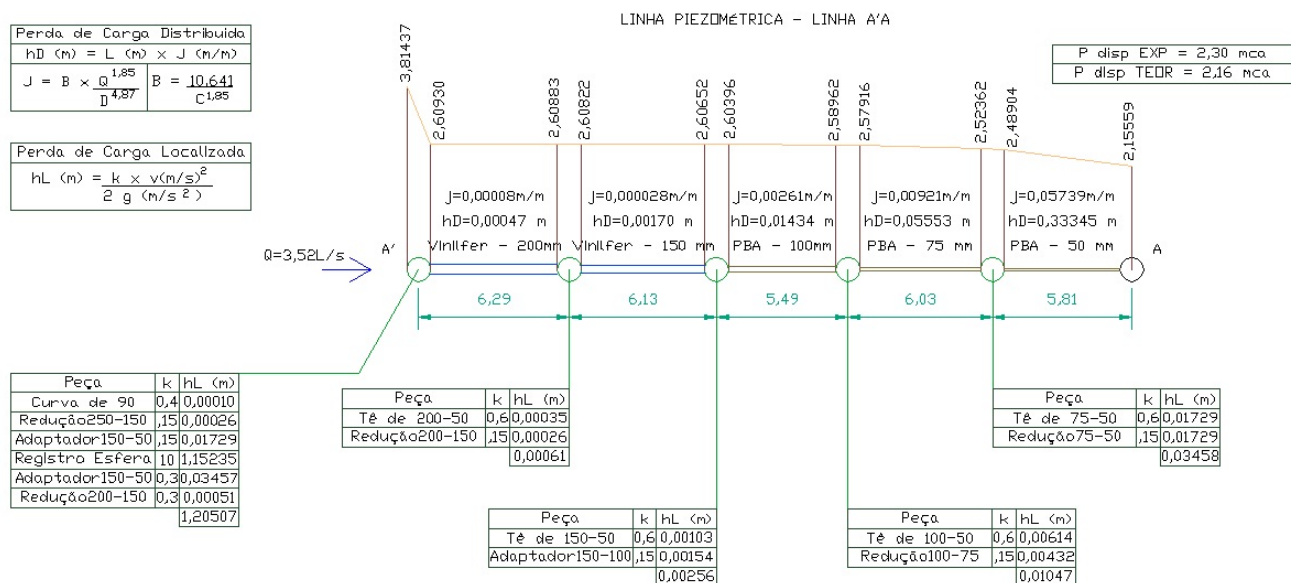


Figura 11: Avaliação hidráulica teórica para o cenário I

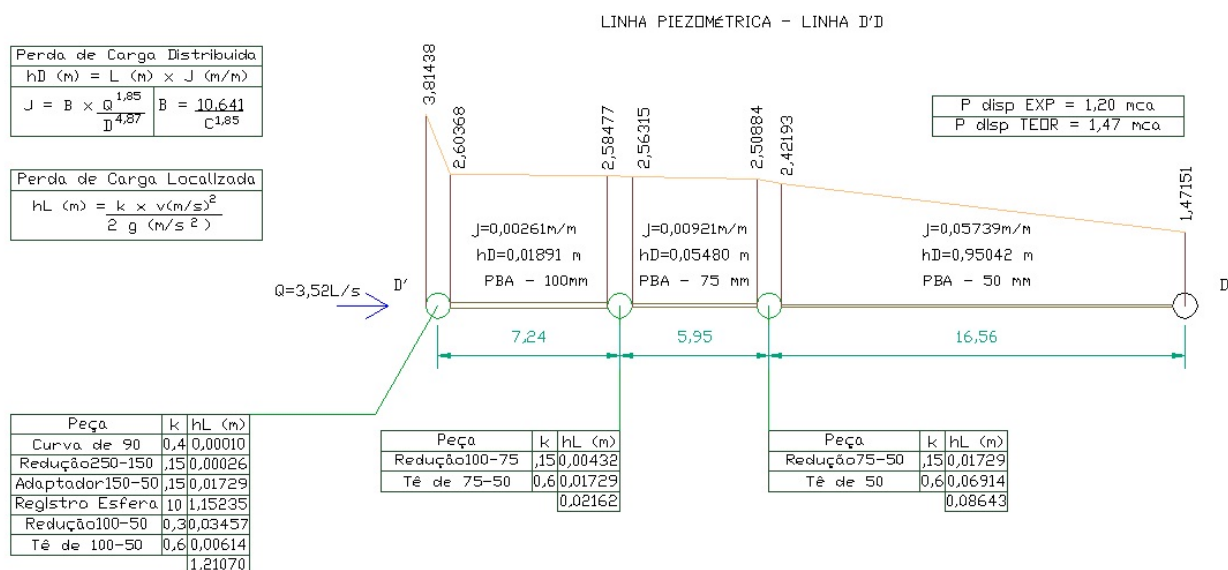


Figura 12: Avaliação hidráulica teórica para o cenário II

Considerando os coeficientes de perda de carga indicados na Tabela 3 e de acordo com o detalhamento de cada um dos tramos A e D, os resultados da avaliação teórica apontam para a disponibilidade de pressão de 2,16 m.c.a para o tramo A (Cenário I) e de 1,47 m.c.a. para o tramo D (Cenário II), em contraponto aos resultados da simulação dinâmica que apontaram 2,30 m.c.a para o tramo A (Cenário I) e de 1,20 m.c.a. para o tramo D (Cenário II). Cálculos semelhantes aos da Figura 5 foram realizados para o tramo D (Cenário II).

Ainda que os resultados obtidos sejam convergentes, ressalta-se que as diferenças obtidas podem ser associadas a:

- grau de incerteza das medições, associado ao erro de medição, usualmente da ordem de $\pm 2\%$ para vazões de transição e $\pm 5\%$ para vazões mínimas, de acordo com as especificações dos medidores de vazão e vazão.
- adoção e apropriação de coeficientes específicos de perda de carga para inúmeras singularidades existentes nos tramos de distribuição, como indicadas na Tabela 3.

Ao considerar todas as incertezas que ocorrem no processo de obtenção dos dados, acrescidas da falta de algumas informações para a elaboração do modelo teórico, pode-se dizer que os resultados estão dentro de uma faixa razoável de ordem de grandeza.

CONCLUSÃO

O Simulador de Águas Urbanas é uma plataforma pedagógica com grande potencial para o ensino de graduação e pósgraduação em engenharias e área afins a temática das águas urbanas. Serve também ao treinamento de profissionais pertencentes aos quadros das empresas operadoras dos sistemas de águas urbanas, atendendo ao modelo pressuposto pela Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica (ReCESA), e que teve como referência as instalações do Centre National de Formation aux Metiers de L'Eau - Office International de Léau.

Por fim, toda a problemática associada à operação e manutenção dos sistemas de águas urbanas poderá ser experimentalmente avaliada em suas instalações, conferindo ao laboratório a condição de importante campo para o desenvolvimento de pesquisas técnicas e científicas.

O caso apresentado corresponde a um protocolo experimental em que a simulação dinâmica da operação do sistema de abastecimento de água pôde ser comparada a avaliação teórica hidráulica. Especificamente em relação aos resultados obtidos, houve convergência entre os resultados da avaliação teórica e os resultados da simulação dinâmica, ainda que as diferenças obtidas possam ser associadas ao grau de incerteza das medições e aos coeficientes específicos de perda de carga adotados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ; atualizada em 12/04/2011; "acesso em" 15/05/2011. Disponível em www.saneamento.poli.ufrj.br.