

# SISTEMAS DE SANEAMENTO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

**HEBER PIMENTEL GOMES**  
organizador



---

# **SISTEMAS DE SANEAMENTO**

Eficiência Energética

---

Heber Pimentel Gomes  
Organizador

Editora Universitária – UFPB  
João Pessoa, Brasil - 2010

---

## 10 Variação da pressão dinâmica em redes de distribuição de água com e sem setorização

---

**José Almir Rodrigues Pereira, Daniel Mescoito Gomes, Davi Edson Sales de Souza e Luciano Louzada do Couto**

Universidade Federal do Pará – UFPA – Belém - Brasil

### INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) 2008, no Brasil foram produzidos e consumidos volumes de água de 14.303.079.000 m<sup>3</sup>/ano e de 8.364.361.000 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente, o que resulta em 41,5% de perda de água nos sistemas de abastecimento de água no território nacional (BRASIL, 2008).

As deficiências na prestação dos serviços de abastecimento de água explicam esse elevado percentual de perda de água no Brasil, o que pode ser constatado na observação dos usuários que, diariamente, sofrem com a intermitência do fornecimento ou com o consumo de água de qualidade duvidosa.

A ampliação da rede de distribuição sem respeito a qualquer critério técnico é um dos fatores para a precariedade da qualidade do abastecimento público de água (BRASIL, 1999), pois o planejamento dos sistemas de infraestrutura urbana não acompanha o crescimento populacional.

Cada vez mais, o aumento indiscriminado da rede de distribuição de água torna complexo e empírico o controle operacional. Ao exceder a área original de abrangência, é prejudicado o comportamento hidráulico da rede de distribuição da água, dificultando a identificação, o controle e a caracterização dos vazamentos e das ligações clandestinas.

A falta de observação dos projetos de engenharia resulta em exportação de água entre diferentes setores do sistema de abastecimento de água, com muitas tubulações não sendo isoladas no setor de origem, ou mesmo controladas, por registros e macromedidores, na passagem de um setor para outro. Essa situação impede a comparação dos valores projetados com os obtidos na operação, prejudicando o controle da vazão e da pressão da água em toda a rede, o que, naturalmente, afeta a qualidade do abastecimento da água fornecida aos usuários do sistema.

Gomes (2004) observa que o controle operacional é a principal ação na gestão das empresas prestadoras de serviços de saneamento, por influenciar diretamente na qualidade do abastecimento em relação aos aspectos sanitário, ambiental, econômico e social.

Além disso, a falta de controle operacional adequado resulta em diversos problemas nas unidades de reservação, elevação e distribuição de água, como perda de água, racionamento ou condições hidráulicas insatisfatórias, no caso baixas vazões e pressões, que tantos prejuízos ocasionam às concessionárias (de ordem econômica) e aos consumidores.

Difícilmente, as perdas físicas nos sistemas de abastecimento de água são eliminadas totalmente. É comum a ocorrência de vazamento em redes e ramais, porém a concessionária responsável pelo abastecimento de água deve ter agilidade na recuperação das tubulações danificadas, o que requer pessoal capacitado, com equipamentos adequados e com disponibilidade de materiais de reposição.

Nos programas e intervenções para redução da perda de água, é essencial a participação das equipes de controle e de campo, bem como a adoção de medidas estruturantes, como a setorização da rede, a macromedição da vazão distribuída, a instalação de micromedidores e a definição de rotinas de controle.

O monitoramento dos valores de pressão dinâmica é uma intervenção eficaz para a identificação de problemas e análise das perdas físicas na rede de abastecimento de água, pois possibilita o estabelecimento de valores de alerta e segurança a partir do conhecimento dos valores piezométricos extremos (pressões elevadas ou muito baixas).

Gonçalves et al. (2009) ressaltam que a setorização da rede de distribuição possibilita a manutenção de patamares de pressão, observando, ainda, ser a setorização a primeira medida para a gestão das

pressões, com a separação em setores de menor dimensão facilitando o monitoramento dessa variável hidráulica.

Em Brasil (1999), a setorização é citada como requisito básico para o controle de sistemas de abastecimento de água, o que é reforçado quando Tsutiya (2004) sugere distritos pitométricos como unidade de controle operacional, enfatizando, entre outros, a necessidade de isolamento da rede. Contudo, apesar do bom desempenho com a setorização da rede de abastecimento de água, alguns gestores ainda resistem à limitação da área de atendimento, pois isso requer estudos técnicos e demanda investimentos.

O isolamento da rede de distribuição de água provoca opiniões divergentes. Alguns técnicos defendem o imediato isolamento da rede na área destinada ao setor, seguindo a concepção original do projeto, o que, em muitos casos, pode ocasionar alterações nos valores de pressão e de vazão de água nas áreas limites. Em contrapartida, outros técnicos, especialmente os que atuam na operação do sistema, entendem ser o aumento da produção a prioridade, já que o crescimento constante da população exige atendimento imediato, o que torna a setorização uma ação secundária.

Vale ressaltar a importância do controle da pressão na rede de distribuição de água, que, segundo recomendação da NBR 12.218/1994 (projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público), deve ter valor mínimo de 10 mca para pressão dinâmica em qualquer ponto nas tubulações distribuidoras. Assim, independentemente da setorização ou não, é indispensável à realização de estudos de desempenho hidráulico da rede de distribuição, pois isso permite prever as alterações de vazão e de pressão da água na área de atendimento.

No controle operacional é recomendado simular o comportamento hidráulico do sistema de abastecimento de água, pois isso possibilita a visão sistêmica e o acompanhamento contínuo dos parâmetros hidráulicos, elétricos e comerciais, complementando o conhecimento e a experiência dos técnicos envolvidos no planejamento, projeto e diagnóstico de tais sistemas.

Entre os modelos de simulação hidráulica desenvolvidos, o EPANET 2.0 pode ser destacado pela confiabilidade e grande quantidade de usuários existentes em muitos países. Esse programa é um *software* de domínio público, desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), com acesso livre por qualquer usuário.

O EPANET 2.0 tem um ambiente gráfico integrado para editar os dados descritivos da rede e dos cenários a modelar, executar simulações hidráulicas e de qualidade da água, aferir o modelo e visualizar os resultados em vários formatos. Estes incluem a possibilidade de examinar mapas da rede de acordo com códigos de cores, organizar tabelas de dados, desenhar gráficos em séries temporais, perfis de condutas, isolinhas, frequências e outros, e ainda produzir relatórios específicos (energia, calibração e reação).

Entre as funcionalidades desse *software* estão as obtenções de valores de vazão em cada tubulação, de pressão em cada nó, de altura de água em cada reservatório, de nível variável e de concentração de espécies químicas através da rede, ajudando a analisar estratégias e alternativas de gestão, melhorando a qualidade da água do sistema. Logo, o EPANET 2.0 foi concebido para ser uma ferramenta de apoio a análise de sistemas de distribuição, melhorando, para o consumo humano, o conhecimento do destino dos constituintes da água e de seu transporte (ROSSMAN, 2000).

Assim, este texto tem como objetivo avaliar hidraulicamente os impactos da setorização na distribuição de água na área urbana, com a utilização do *software* EPANET 2.0, tendo como exemplo de aplicação prática em setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém.

## **METODOLOGIA**

No trabalho, foram elaborados dois Cenários (1 e 2) para simulação hidráulica da variação dos valores de pressão dinâmica, sendo utilizados dados da rede de distribuição de água do 3º setor da Região Metropolitana de Belém (RMB). Em seguida, foi realizada a simulação, com auxílio do *software* EPANET 2.0, do comportamento hidráulico dessa rede para o Cenário 1 (rede interligada) e para o Cenário 2 (rede setorizada), por período de 24 horas. Finalizando, foram analisados e comparados os resultados das duas simulações hidráulicas, verificando qual dos dois Cenários estabelecidos tinha o melhor desempenho quanto aos valores médios de pressão na rede, durante o período de simulação.

## REDE UTILIZADA NA SIMULAÇÃO

O trabalho teve como área de estudo a rede de distribuição do 3º setor de abastecimento de água da RMB, gerenciado pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Esse setor é constituído por reservatório apoiado, elevatória de água tratada, reservatório elevado e rede de distribuição, recebendo água tratada do sistema Utinga – ETA São Braz, conforme representado na Figura 1.

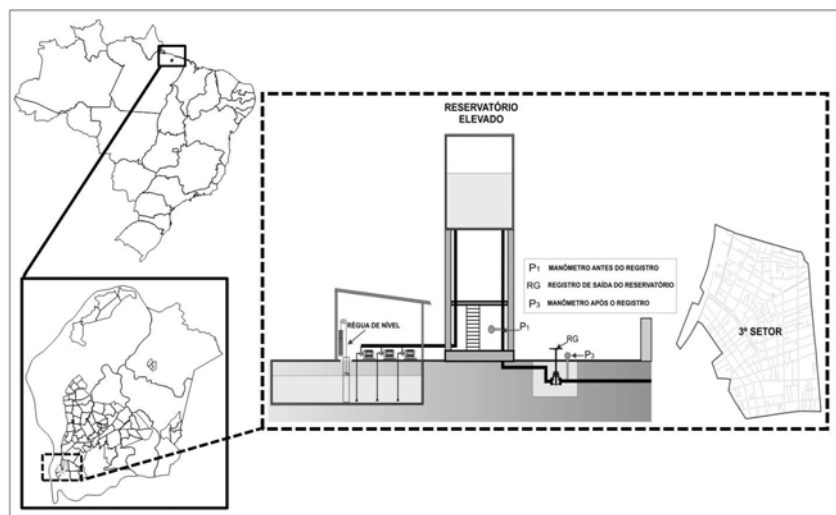


Figura 1: Localização do 3º setor de abastecimento de água  
Fonte: COSANPA (2004).

De acordo com o Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém, o 3º setor tinha valor do consumo per capita de 386 L/hab.dia, área de 4,74 ha, 10.093 ligações e 233.175 m de rede, abastecendo população de 89.484 habitantes.

O estudo foi justificado pela necessidade da COSANPA conhecer e avaliar os impactos no abastecimento de água decorrentes da falta de delimitação física da rede de distribuição de água, já que a rede do 3º setor era interligada com as redes dos setores 1º, 2º e 8º da Zona Central da RMB, conforme pode ser observado na Figura 2 e no Quadro 1..

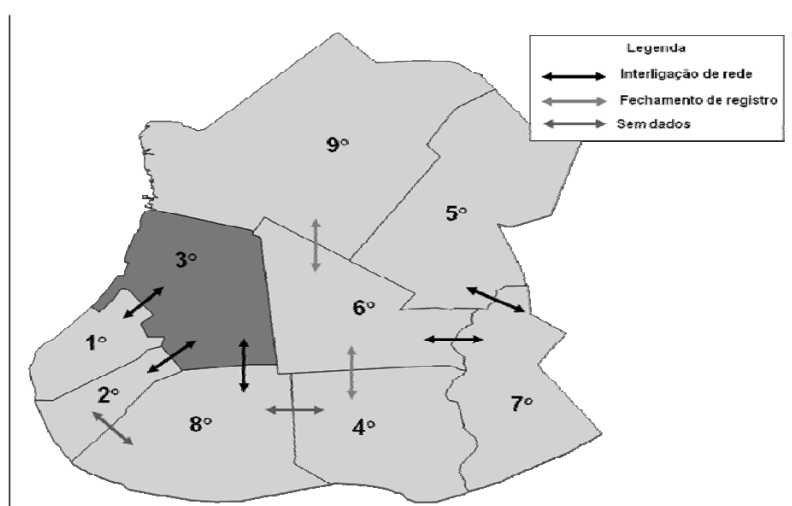


Figura 2: Interligações do 3º setor com o 1º, 2º e 8º setores de abastecimento da Zona Central da RMB.

Quadro 1: Trechos de interligação do 3º setor com o 1º, 2º e 8º setores de abastecimento da Zona Central da RMB.

| LOCALIZAÇÃO                                       | DIÂMETRO<br>(mm) | SETOR<br>INTERLIGADO |
|---------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| Avenida Conselheiro Furtado com Trav. Dr. Moraes. | 300              | 1º setor             |
| Av. Gentil Bittencourt com Dr. Moraes.            | 75               | 1º setor             |
| Trav. Dr. Moraes com Av. Nazaré.                  | 75<br>200        | 2º setor             |
| Av. Governador José Malcher com Trav. Piedade     | 200              | 2º setor             |
| Rua Aristide Lobo com Trav. Benjamim Constant.    | 75<br>100        | 2º setor             |
| Trav. Benjamim Constant com Trav. Ó de Almeida.   | 250              | 2º setor             |
| Trav. Benjamim Constant com Rua Manoel Barata     | 75               | 2º setor             |
| Trav. Benjamim Constant com Rua 28 de Setembro    | 200              | 2º setor             |
| Trav. Dr. Moraes com Av. Braz de Aguiar.          | 75<br>75         | 8º setor             |

## SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Para avaliar o funcionamento hidráulico da rede de distribuição do 3º setor de abastecimento, foi utilizado o *software* EPANET 2.0, sendo simulados dois cenários hidráulicos:

No Cenário 1 foi realizada a simulação do abastecimento de água, considerando a rede de distribuição do 3º setor interligada com a rede do 1º, 2º e 8º setores da zona central. Em seguida, foi simulado o Cenário 2 para a mesma condição de abastecimento do Cenário 1, tendo como diferença o isolamento da rede de distribuição do 3º setor de abastecimento de água da zona central.

Inicialmente, foram definidos os dados necessários para a realização das simulações estáticas e dinâmicas nas unidades componentes do 3º setor, com a finalidade de alimentação e sistematização dos dados de entrada e de processamento dos mesmos durante o uso do EPANET 2.0.

Da estação elevatória de água tratada foram verificadas as dimensões das tubulações de sucção e de recalque, os níveis operacionais e suas variações, bem como as características dos conjuntos motor e bomba. No caso dos reservatórios, apoiado e elevado, foram obtidos dados de volume (m³), profundidade útil (m), níveis operacionais, variação dos níveis operacionais, dimensão, extensão e material das tubulações de entrada e saída. Já para a rede de distribuição foram verificados:

- O Hidrograma de vazão (saída do reservatório elevado);
- O traçado e as dimensões de todos os trechos da rede (extensão, diâmetro e tipo de material);
- A topografia da área de abrangência da rede.

Na realização das simulações hidráulicas foram adotadas as seguintes considerações:

- A vazão adotada foi obtida por meio de macromedidor do tipo tubo de Pitot ligado a um Data Logger, instalados na saída da tubulação de distribuição de água, no período de outubro de 2004 a novembro de 2005, sendo adotado a vazão média no período;
- Foi adotado o mesmo hidrograma de vazão para os Cenários 01 e 02;
- Cada um dos cenários estudados continha 1.143 números de nós, os quais foram analisados em 24 horas, gerando, assim, uma amostragem de 28.575 valores de pressões.
- Para a distribuição do consumo de água nos nós, foi utilizada planilha do *software* Excel, considerando as variáveis: vazão específica e comprimento do trecho;
- O nível da lâmina d'água no reservatório elevado de distribuição foi considerado constante.

- Para calcular o volume explotado das tubulações do 3º setor para o 1º, 2º e 8º setores, foram utilizados valores de vazão limite para pré-dimensionamento (ver Quadro 2), sendo inseridos no parâmetro consumo-base na caixa de edição do nó, no software EPANET 2.0.

Quadro 2: Valores de vazão para pré-dimensionamento de rede de distribuição de sistemas de abastecimento de água.

| LIMITES DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO |                   |         |
|--------------------------------|-------------------|---------|
| DN                             | hf máx. ou V máx. | Q (l/s) |
| 75                             | 8m/Km             | 3,14    |
| 100                            | 8m/Km             | 6,77    |
| 200                            | 8m/Km             | 41,00   |
| 300                            | 8m/Km             | 119,30  |

- Em função das características operacionais dos 1º, 2º e 8º setores, como baixa pressão e intermitência do abastecimento, foi adotada a exportação de água do 3º setor para os demais.

## RESULTADOS

Na COSANPA foram obtidos dados referentes ao 3º setor de abastecimento de água, os quais podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3- Caracterização das unidades constituintes do 3º Setor de abastecimento de água

| Características Operacionais |                        |                |
|------------------------------|------------------------|----------------|
| Reservatório apoiado         | Volume útil (m³)       | 8.600          |
|                              | Área útil (m²)         | 1.792          |
| Reservatório elevado         | Volume útil (m³)       | 320            |
|                              | Área útil (m²)         | 49             |
| Estação elevatória - CMB     | Potência (cv)          | 150, 150 e 150 |
|                              | Vazão nominal (l/s)    | 242, 242 e 242 |
|                              | Altura manométrica (m) | 35, 35 e 35    |
| Tubulação de chegada         | Diâmetro (mm)          | 500            |
|                              | Material               | C              |
| Tubulação de recalque        | Diâmetro (mm)          | 350            |
|                              | Material               | fofo           |
| Tubulação de distribuição    | Diâmetro (mm)          | 400            |
|                              | Material               | fofo           |
|                              | Vazão distribuída      | 42.189         |

Na simulação foi considerado nível constante de água no reservatório apoiado, sendo a curva da bomba gerada por meio da utilização do EPANET 2.0. Para isso, o programa foi alimentado com dados da altura manométrica e de vazão nominal da bomba, conforme mostrado na Figura 3.

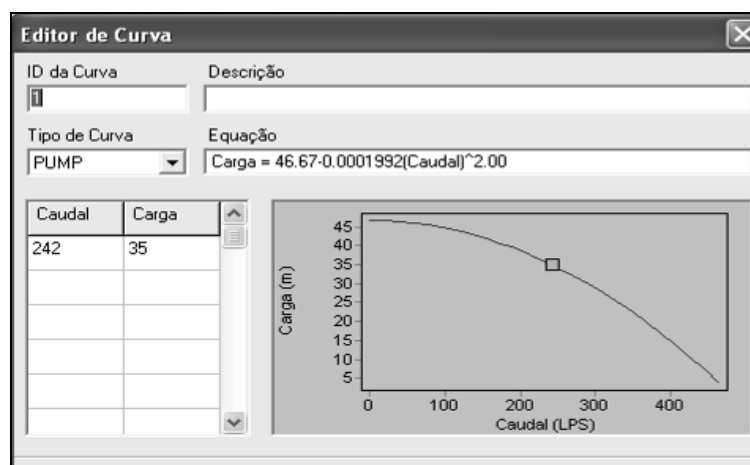


Figura 3: Curva da bomba utilizada na simulação do 3º setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém.

Os dados do reservatório elevado foram obtidos na gerência de projetos da Companhia de Saneamento do Pará e podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 – Dados do reservatório elevado de distribuição do 3º setor de abastecimento da Região Metropolitana de Belém.

| DADOS E INFORMAÇÕES          |       |
|------------------------------|-------|
| Cota do terreno              | 14,50 |
| Cota do fundo                | 34,95 |
| Cota do nível de água médio  | 38,70 |
| Cota do nível de água máximo | 42,45 |
| Altura do reservatório       | 20,40 |
| Altura útil do reservatório  | 7,50  |
| Altura manométrica máxima    | 27,90 |
| Altura manométrica mínima    | 20,40 |
| Diâmetro do reservatório     | 7,37  |

Na Figura 4 é mostrado o hidrograma de vazão na saída do reservatório elevado de distribuição do 3º setor de abastecimento.

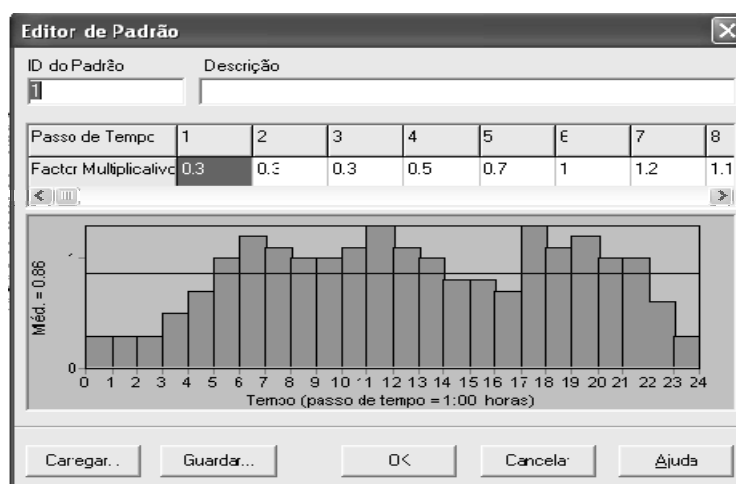


Figura 4: Hidrograma de vazão da saída do reservatório elevado do 3º setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém.



Como pode ser observado na Figura 4, o consumo de água na rede é da ordem de 30% do consumo médio no horário de 00h00min a 03h00min. Enquanto que nos horários de 07h00min, 12h00min e 18h00min, os consumos variam entre 120% a 130% de vazão média.

Na Tabela 1 são relacionados dados da rede de distribuição de água, como o comprimento total de 115.151,00 m, os diâmetros variando de 32 mm a 800 mm, com predominância do diâmetro de 75 mm (50,63%).

Tabela 1 – Dados da rede de distribuição do 3º setor de abastecimento da Região Metropolitana de Belém.

| DIAMETRO     | COMPRIMENTO (m) | COMPRIMENTO (%) |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 32           | 40              | 0,03%           |
| 50           | 11.634          | 10,10%          |
| 75           | 58.300          | 50,63%          |
| 100          | 12.641          | 10,98%          |
| 125          | 1.194           | 1,04%           |
| 150          | 9.371           | 8,14%           |
| 200          | 8.591           | 7,46%           |
| 250          | 4.446           | 3,86%           |
| 300          | 6.449           | 5,60%           |
| 350          | 158             | 0,14%           |
| 400          | 1.258           | 1,09%           |
| 450          | 308             | 0,27%           |
| 500          | 409             | 0,36%           |
| 600          | 304             | 0,26%           |
| 800          | 48              | 0,04%           |
| <b>TOTAL</b> | <b>115.151</b>  | <b>100%</b>     |

Na Figura 5 é mostrado o gráfico de isolinhas com a representação, em diferentes escalas de cinzas, dos valores de cotas do terreno, sendo os valores mínimo e máximo de 2,89 m e 14,76 m, respectivamente.

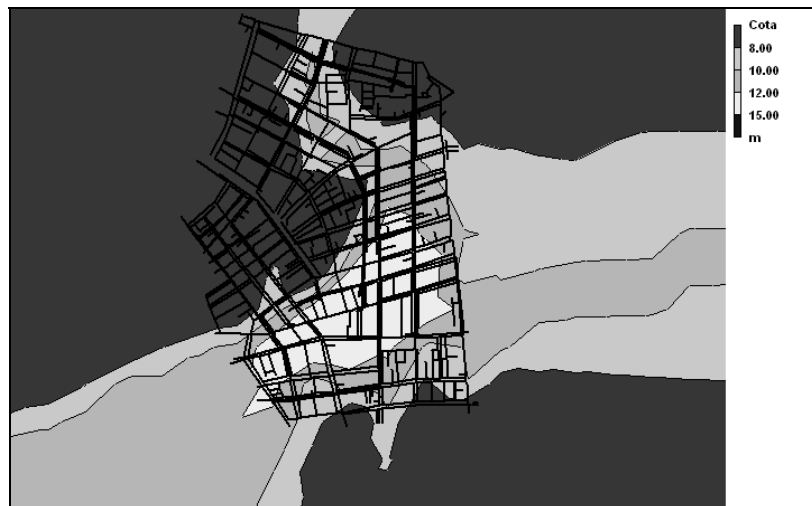


Figura 5: Isometria topográfica do 3º setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém.

## SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DO 3º SETOR

Para comparar a eficiência hidráulica nos Cenário 01 (rede interligada) e Cenário 02 (rede setorizada), foram gerados relatórios de pressão para os horários de maior e menor consumo, visando identificar as alterações dos valores desse parâmetro com a variação do consumo de água ao longo do dia. Nas Figura 6 e Figura 7 são mostrados os valores médios de pressão nos sistemas interligado e setorizado, nas 24 horas de simulação.

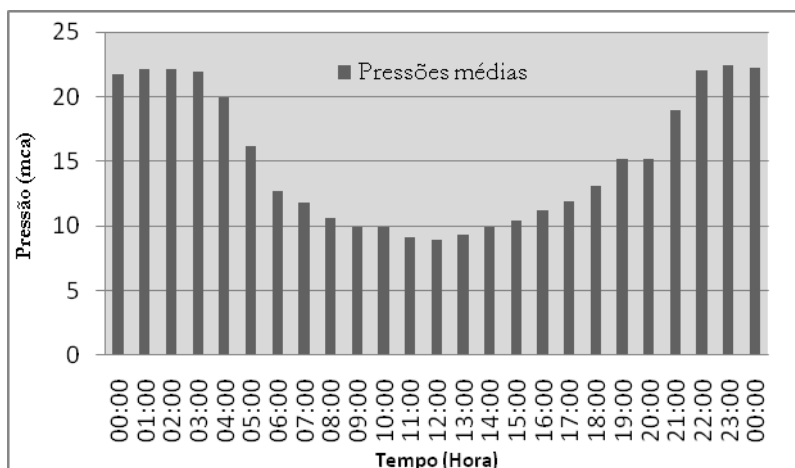


Figura 6: Valores médios de pressão nas 24 horas de simulação para o Cenário 1 (rede interligada).

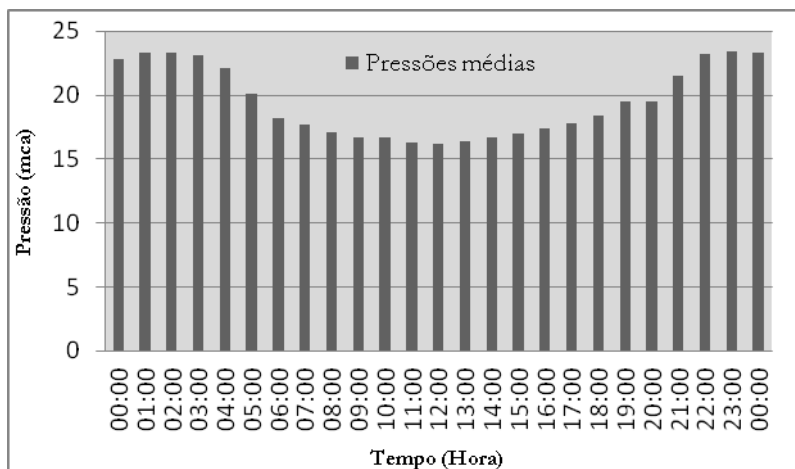


Figura 7: Valores médios de pressão nas 24 horas de simulação para o Cenário 2 (rede setorizada).

A seguir são comentados alguns resultados obtidos em horários específicos, os quais representam a variação nos valores de pressão ao longo das 24 horas nos dois cenários estudados.

### ANÁLISES DAS PRESSÕES ÀS 00h00min

No horário de 00h00min não foi observada diferença significativa nos valores médios de pressão entre o sistema interligado (cenário 01) e o sistema setorizado (cenário 02), os quais apresentaram valores de 21,77mca e 22,83mca, respectivamente. Na Figura 8 são representados os resultados gráficos das simulações realizadas nesse horário, podendo esses comportamentos hidráulicos semelhantes serem explicados pelo reduzido consumo de água nesse horário.

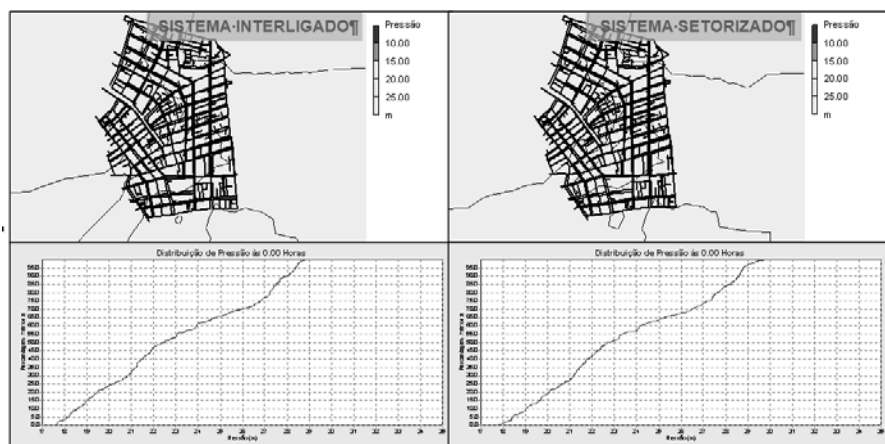


Figura 8: Desempenho das pressões às 00h00min nos Cenário 1 e Cenário 2.

No entanto, mesmo nesse horário, o sistema setorizado apresentou melhor resultado, pois a pressão média foi de 22,83mca, superior à pressão do sistema interligado.

### ANÁLISES DAS PRESSÕES ÀS 07h00min

Com o aumento do consumo de água no início da manhã, em relação aos horários anteriores, a diferença do desempenho hidráulico entre os dois cenários considerados foi relevante. No Cenário 1 (rede interligada) foi registrado valor da pressão média de 11,77mca no horário de 07h00min, enquanto no Cenário 2 (rede setorizada) esse valor foi superior (17,69mca), tendo o comportamento hidráulico do sistema setorizado melhores resultados de valores de pressão dinâmica na área estudada. É oportuno observar que, nos dois Cenários, os valores de pressão média atenderam à recomendação da NBR 12218/1994 para pressão mínima na rede de distribuição de água (10mca), conforme pode ser verificado na Figura 9.

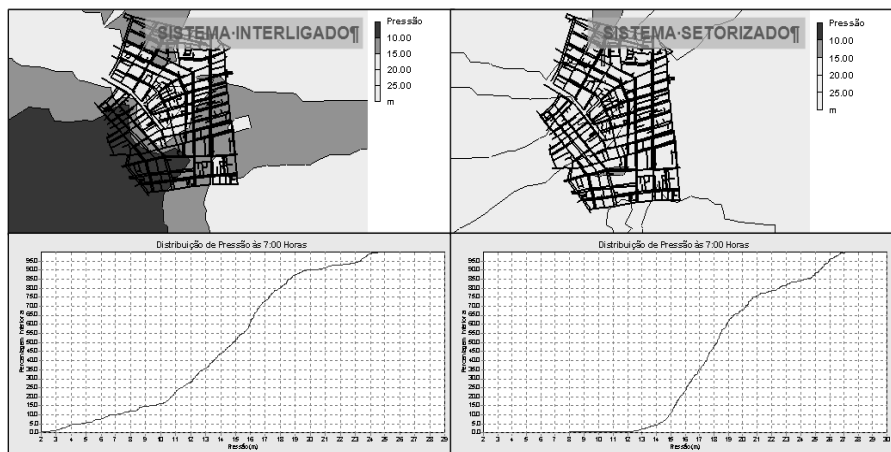


Figura 9: Desempenho das pressões às 07h00min nos sistema interligado e sistema setorizado.

### ANÁLISES DAS PRESSÕES ÀS 12h00min

Nesse horário foram observadas diferenças relevantes no desempenho hidráulico dos dois cenários considerados para a rede de distribuição do 3º setor de abastecimento de água, destacando-se que, em relação aos horários de 00h00min e 07h00min, no horário de 12h00min foi encontrado o menor valor médio de pressão no Cenário 1, conforme pode ser observado na Figura 10.

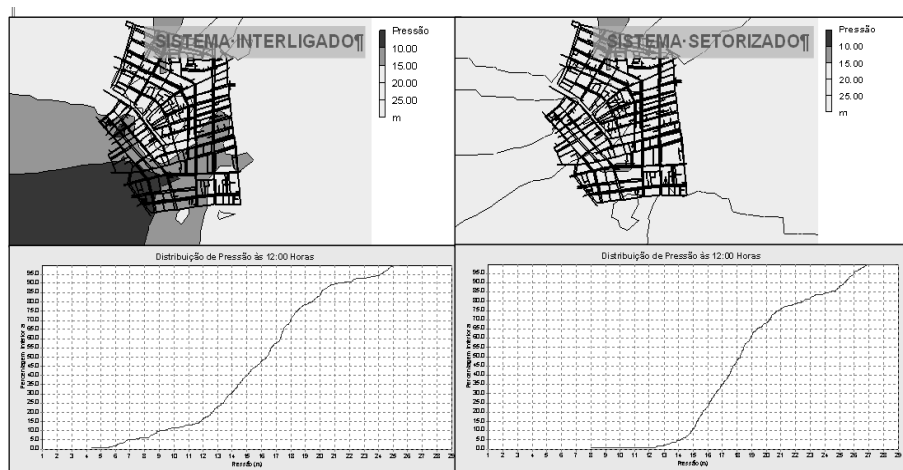


Figura 10: Desempenho das pressões para o horário de 12h00min no sistema interligado e sistema setorizado.

Os valores da pressão média foram de 8,92mca e de 16,16mca no Cenário 1 e no Cenário 2, respectivamente, com o sistema setorizado apresentando valor de pressão média superior ao valor mínimo de 10 mca, recomendado pela NBR 12218/1994, o que não ocorreu para o Cenário com a rede interligada.

O reduzido valor de pressão média no Cenário 1, assim como a diminuição no valor da pressão média do Cenário 2, quando comparado com os outros horários (00h00min e 07h00min), pode ser justificado pelo alto consumo de água no horário de 12h00min, que é um dos horários de pico de consumo ao longo do dia.

Considerando todos os valores de pressão média obtidos nas simulações dos dois cenários estabelecidos para o 3º setor de abastecimento de água, foi verificado que 24% dos valores de pressão média do Cenário 1 (rede interligada) foram inferiores ao limite mínimo recomendado pela NBR 12218/1994 (10mca), enquanto que 100% dos valores de pressão média do Cenário 2 (rede setorizada) ficaram acima de 10mca, conforme pode ser verificado na Figura 11 e na Tabela 2.

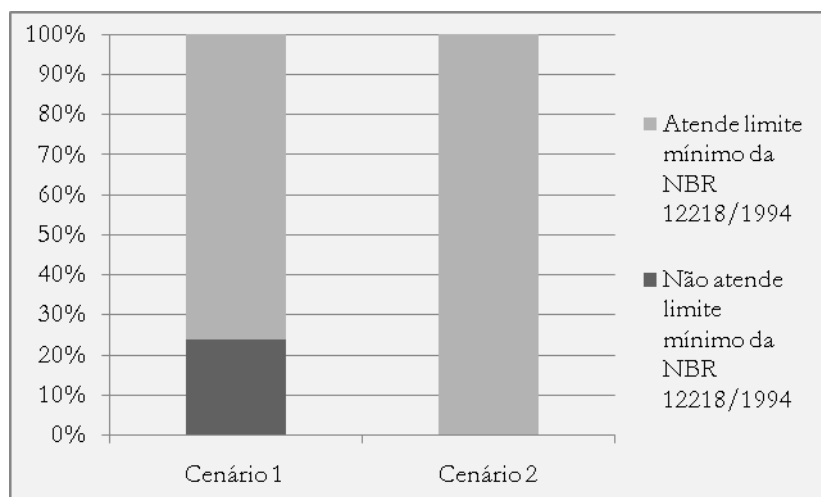


Figura 11: Análise do limite mínimo (10mca) estabelecido pela NBR 12218/1994 dos Cenários 1 e 2.

Tabela 2 – Pressões na rede de distribuição para os Cenários 01 e 02 do 3º setor de abastecimento de água na Região Metropolitana de Belém

| PRESSÕES     | CENÁRIO 1 (INTERLIGADO) | CENÁRIO 2 (SETORIZADO) |
|--------------|-------------------------|------------------------|
| < 10 mca     | 24%                     | 0%                     |
| 10 -15 mca   | 28%                     | 0%                     |
| 15 - 20mca   | 20%                     | 60%                    |
| >20 mca      | 28%                     | 40%                    |
| <b>TOTAL</b> | <b>100%</b>             | <b>100%</b>            |

A simulação hidráulica na rede de distribuição de água demonstrou a necessidade de setorização (isolamento) das tubulações na área projetada para o abastecimento de água, sendo essa medida fundamental para a manutenção dos valores de pressão dinâmica em patamar superior ao limite mínimo recomendado pela NBR 12218/1994.

## CONCLUSÃO

Com a simulação hidráulica foi constatada a necessidade de definir e padronizar as atividades de controle e monitoramento do desempenho operacional de redes de distribuição de água, sendo a avaliação das variações das pressões dinâmicas, importante ferramenta para técnicos e funcionários de empresas de saneamento. Também foi observado ser a setorização indicada para garantir o equilíbrio dinâmico dos valores de pressão recomendados pelas normas brasileiras.

Para o setor analisado, no caso o 3º setor de abastecimento de água da RMB, foi sugerido o estabelecimento de pontos de registro de pressão em locais específicos da rede de distribuição de água, pois isso possibilita a formação de série histórica e a futura comparação desses valores quando da realização de simulações utilizando *softwares* e outras ferramentas informatizadas.

Ainda foi concluído que a setorização apresenta impacto positivo na distribuição de água, pois o isolamento da área atendida resulta em maiores valores de pressão, conforme foi percebido no Cenário em que a simulação do abastecimento de água ocorria em área sem saída (exportação) de água para outros setores.

No caso dos valores médios de pressão observados na simulação dos dois Cenários (interligado e setorizado), foi verificado que 24% dos valores médios de pressão do Cenário 1 (rede interligada) ficaram abaixo de 10 mca, que é o valor mínimo recomendado pela norma da NBR 12218/1994. Por outro lado, o Cenário 2 (rede setorizada) apresentou 100% dos valores médios de pressão acima desse limite mínimo, portanto, atendendo a NBR 12218/1994 durante todo o período estudado.

Além disso, é oportuno ressaltar que a setorização da rede de distribuição teve maiores períodos de estabilidade dos patamares de pressão, confirmando as citações na literatura técnica e, paralelamente, mostrando que o isolamento da rede é medida importante para o adequado desempenho das variáveis hidráulicas em setor de abastecimento de água, bem como medida técnica eficiente no combate as perdas físicas, o que resulta em qualidade no abastecimento de água aos consumidores.

Portanto, com a realização da simulação hidráulica foi possível recomendar a setorização do 3º setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém, pois tal procedimento produzirá impactos positivos no desempenho hidráulico do sistema de abastecimento de água, o que, naturalmente, contribuirá para o melhor atendimento aos usuários, bem como reduzir os custos operacionais da COSANPA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO. R. & NETTO. A. **Manual de hidráulica**. 8. Ed. São Paulo: EDGARD BLÜCHER LTDA. 1998;

\_\_\_\_\_. NBR12218 - **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano/ Secretaria de Política Urbana. **Programa nacional de combate ao desperdício de água: DTA-C3** medidas de redução de perdas elementos para planejamento. Brasília, 1999.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Brasília, 2008.

COSANPA. **Plano Diretor de Abastecimento de Água**. Belém, 2004.

GOMES. H.P. **Sistemas de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias**. ed. 2. João Pessoa: Editora Universitária. 2004.

ROSSMAN, L.A. **Epanet 2 Users Manual**. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2000.

SILVA, Benedito; CHEUNG, Peter; PERTEL, Monica; GONÇALVES, Ricardo; KIPERSTOK, Asher; PHILIPPI, Luiz; GOMES, Heber; ALVES, Wolney. Consumo de Energia. In: GONÇALVES, Ricardo (Coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. P. 99 – 152.

TSUTIYA. M.T. **Abastecimento de Água**. 1ª Edição. São Paulo – SP. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004. 643 p.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao PROCEL SANEAR / Eletrobrás, a Companhia de Saneamento do Pará, ao Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento - GPHS/UFPA e ao Laboratório de Eficiência Energética em Saneamento - LENHS/NORTE/UFPA.