

# 17

CAPÍTULO

## MODELAGEM HIDRÁULICA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BAIRRO PONTAL NORTE, CATALÃO-GO

*Marcelo Victor Mesquita Pires<sup>1</sup>*

*Ed Carlo Rosa Paiva<sup>1</sup>*

**Agradecimentos:** Ao meu orientador, professor Ed Carlo, como também à equipe da concessionária de água e esgoto de Catalão, SAE, pela disponibilidade de atendimento e fornecimento dos dados necessários para realização de todo o trabalho.

**Resumo:** A crise hídrica é uma oportunidade para que a população e os gestores se conscientizem do uso racional da água, visando maior economia pos-

---

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica Especial de Engenharia, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, Brasil.

E-mail de contato: marcelovictor@outlook.com

sível. Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar a rede de abastecimento de água potável no bairro Pontal Norte na cidade de Catalão-GO por meio de modelagem hidráulica. A modelagem foi realizada por intermédio do software EPANET 2.0. Foram realizadas diversas simulações, visando encontrar os pontos críticos de altas pressões na rede. Este fator é determinante para a economia da água, pois, quanto maior a pressão, maiores a vazão e a probabilidade de ruptura da rede, o que acarreta mais vazamentos. Foram verificadas também se as pressões encontradas estão de acordo com as normas técnicas. Com a simulação, concluiu-se que, como o setor localizar-se em uma cota topográfica muito elevada, a disponibilidade de pressão é baixa, fazendo com que a metodologia de controle de pressão para gestão de perdas de água se torne ineficaz.

**Palavras-chave:** EPANET. Simulação. Modelagem. Água.

**Abstract:** The water crisis is an opportunity for the population and managers to be aware of the rational use of water, aiming the highest possible savings. Therefore, the present study had the objective to evaluate the water supply network at Pontal Norte suburb, Catalão-GO, using hydraulic modelling. The EPANET 2.0 software did the modelling. Several simulations were done aiming to find critical points with high pressures in the network. This factor is crucial for water savings, since the higher the pressure, the greater is the outflow and the probability of a network breakdown, resulting in overflows. In addition, verifications regarding the pressures found were made in accordance to technical standards. In the simulation, it is concluded that due to the sector being located in a very high topographical elevation, the pressure's availability is low, leading to an ineffective pressure control methodology for water loss management.

**Keywords:** EPANET. Simulation. Modeling. Water.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional das cidades, especialmente aquelas com grandes regiões metropolitanas, tem sido responsável pelo aumento da demanda hídrica. Para atender a essa demanda, têm sido construídas centenas de quilômetros de tubulações que muitas vezes não recebem a manutenção exigida ou não são executadas de forma adequada. Essa falha de execução e/ou manutenção tem ocasionado grandes perdas nos sistemas de abastecimento de água.

Segundo Leite (2014), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) possui índice de perdas de água da ordem de 31,2%, e, considerando que esta concessionária é uma das mais desenvolvidas do país, é de se

esperar que cidades do interior, como Catalão, tenham índices muito maiores. Portanto, com os problemas iminentes da disponibilidade de água potável, é inaceitável que uma quantidade tão grande seja desperdiçada. É importante ressaltar que o índice de perdas nos sistemas de abastecimento de água é encontrado através da diferença entre o consumo macromedido pela concessionária na saída do reservatório de distribuição e o somatório daquele micromedido nos hidrômetros, logo estão englobadas as perdas reais e aparentes.

Segundo Bezerra e Cheung (2013), as perdas reais dizem respeito aos vazamentos e à falta de estanqueidade que as redes de adução e distribuição estão sujeitas. Já as aparentes são relacionadas com ligações clandestinas, roubos e usos ilegais. Em todo mundo tem sido utilizada a metodologia de modelagem hidráulica computacional aplicada a redes de abastecimento de água para determinação de vazamentos, notadamente aqueles reais, ou seja, devido à falta de estanqueidade das redes. Dentre os *softwares* mais utilizados está o EPANET, desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pela Agência de Proteção Ambiental Americana. A par disso, através do EPANET 2.0, versão brasileira do *software*, foram realizadas diversas simulações hidráulicas, para a cidade de Catalão, especificamente no bairro Pontal Norte, conforme Figura 1, em que se buscou, por meio do controle de pressões, a redução do índice de perdas físicas, pois um dos importantes resultados emitidos com a simulação pelo *software* é um mapeamento de pressões na rede estudada.



Figura 1. Delimitação do bairro Pontal Norte. Fonte: adaptada de Google Earth (2015).

## 2 METODOLOGIA

No presente trabalho foram realizadas simulações hidráulicas computacionais utilizando o *software* EPANET 2.0 na rede de abastecimento de água potável

do bairro Pontal Norte, em busca de dados como pontos de pressões acima das permitidas em normas técnicas do setor.

Para esta simulação, a setorização da rede e a completa independência de outras redes, ou seja, uma rede que seja hermética em relação a outros pontos de modo a não sofrer interferências, são fatores determinantes para a maior precisão possível da simulação. Em vista disso, foi escolhido o referido bairro para a modelagem hidráulica, pois este setor se enquadra nas características descritas.

A simulação foi feita primeiramente com a entrada de dados no *software*, como comprimento, diâmetro, rugosidade, cotas topográficas, conjunto motobombas, reservatórios, consumos bases dos nós, entre outros. Houve a necessidade de se realizar várias simulações em decorrência da falta de dados precisos e concisos da rede, principalmente em relação ao conjunto motobomba lá locado.

Com o EPANET 2.0 é possível fazer duas formas de simulação, dinâmica e estática. A primeira considera a variação temporal do consumo, ou seja, é baseada na curva de consumo padrão da cidade. A segunda é uma simulação pontual que considera valores médios para o consumo da população. Em virtude da falta de dados reais para construção da curva padrão de consumo, foi feita uma simulação estática, em que para estimativa dos consumos em cada nó, foram utilizadas as teorias das áreas de influência (TSUTIYA, 2013), ou seja, considerou-se uma distribuição populacional homogênea e calculou-se uma área proporcional a cada nó, sendo possível então determinar o consumo médio.

## 2.1 Dados iniciais de projeto

O traçado da rede, juntamente com as cotas topográficas e diâmetros das tubulações, foram obtidos via contato direto com os responsáveis técnicos da concessionária de abastecimento de água de Catalão, a Superintendência de Água e Esgoto (SAE). A rede principal é toda com diâmetro nominal de 100mm e a secundária, de 50mm, ambas confeccionadas em PVC. Na Figura 2 é possível identificar o traçado da rede em que a linha vermelha representa a rede secundária e a amarela representa a rede principal, sendo possível também visualizar a posição do reservatório, que será abordada mais abaixo.

Como citado anteriormente, para executar a simulação faz-se necessário o cálculo dos consumos-base de cada nó da rede. Para tanto, necessitou-se da população do bairro Pontal Norte. Juntamente com o escritório regional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na cidade, foi conseguida a população do bairro para o último censo de 2010 com valor de 3.768 habitantes

A partir da Tabela 1, com os últimos dados levantados pelo IBGE (2015) para a cidade de Catalão, utilizando-se dos censos de 2010 e com a estimativa

populacional para 2014, calculou-se uma taxa de crescimento populacional linear, obtendo-se valor de 1,118. Ou seja, neste intervalo de tempo a população apresentou um crescimento linear de 11,8%. De posse desse percentual e com a população do setor para 2010, tem-se uma estimativa para 2014 de 4.213 habitantes.



**Figura 2.** Traçado da rede de abastecimento. Fonte: adaptada de Google Earth (2015).

**Tabela 1.** Censo populacional

Ano	Catalão	Goiás	Brasil
1991	54525	4018903	146825475
1996	58279	4478143	156032944
2000	64347	5003228	169799170
2007	75623	5647035	183987291
2010	86647	6003788	190755799

Fonte: IBGE (2015).

Para facilitar o cálculo dos consumos-base, identificou-se cada nó com um respectivo número, conforme Figura 3. Além disso, fez-se antes necessário determinar uma parcela de influência de cada nó, como mostrado na Figura 4, em que se dividiu todo o setor em áreas de influências (linha amarela), a partir da rede secundária (linha vermelha). O traçado foi feito por intermédio do *software* Google Earth®, em que através dele é possível se determinar também a área aproximada de cada região.



**Figura 3.** Numeração dos nós. Fonte: adaptada de Google Earth (2015).



**Figura 4.** Consumo-base nos nós. Fonte: adaptada de Google Earth (2015).

De posse das áreas de influência, determinou-se a área total do setor, que foi de 760.829,77m<sup>2</sup> e, dividindo-se a população total por esta área, obteve-se a chamada densidade demográfica, com valor de 0,005537 hab/m<sup>2</sup>. Com isso, segundo Gomes (2009), o cálculo da vazão de projeto para uma rede de abastecimento pode ser feito através da Equação 1 abaixo.

$$Q = \frac{P \times q \times K_1 \times K_2}{3600 \times b} \quad (1)$$

A população P foi definida em 4.213 habitantes, o consumo per capita será de  $0,2\text{m}^3/\text{hab}$  conforme recomendação da literatura para a cidade do porte de Catalão, os coeficientes K1 e K2 são respectivamente 1,2 e 1,5, conforme recomendação de Gomes (2009). Em relação às horas de bombeamento da estação de recalque, foi obtido juntamente com a SAE, um valor de 19 horas.

Multiplicando-se a vazão, calculada pela equação anterior, pela densidade demográfica, encontrou-se a taxa de vazão superficial do setor, de  $2,914 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{sm}^2$  e, ao multiplicá-la pelas áreas de influência de cada nó, determinou-se então a vazão de consumo para cada um deles. Na Tabela 2 estão apresentadas as vazões de consumo de cada nó. De posse de todos os dados necessários fez-se a transferência deles para o EPANET 2.0, para a realização da simulação estática.

**Tabela 2.** Consumos-base dos nós

Nó	$Q_{\text{superficial}} \left( \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \right) \times 10^{-8}$	Área ( $\text{m}^2$ )	$Q_{\text{consumo}} \left( \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{s}} \right) \times 10^{-3}$	Nó	$Q_{\text{superficial}} \left( \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \right) \times 10^{-8}$	Área ( $\text{m}^2$ )	$Q_{\text{consumo}} \left( \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{s}} \right) \times 10^{-3}$
1	2,914	0,00	0,000	41	2,914	6.048,25	0,176
2	2,914	0,00	0,000	42	2,914	27.028,24	0,788
3	2,914	2.129,55	0,062	43	2,914	8.026,98	0,234
4	2,914	0,00	0,000	44	2,914	8.453,46	0,246
5	2,914	7.489,58	0,218	45	2,914	5.104,16	0,149
6	2,914	14.710,05	0,429	46	2,914	8.161,63	0,238
7	2,914	15.344,33	0,447	47	2,914	8.720,40	0,254
8	2,914	0,00	0,000	48	2,914	7.357,24	0,214
9	2,914	0,00	0,000	49	2,914	0,00	0,000
10	2,914	0,00	0,000	50	2,914	8.344,17	0,243
11	2,914	0,00	0,000	51	2,914	11.555,71	0,337
12	2,914	0,00	0,000	52	2,914	0,00	0,000
13	2,914	14.249,15	0,415	53	2,914	0,00	0,000
14	2,914	29.302,54	0,854	54	2,914	38.178,79	1,113
15	2,914	12.322,21	0,359	55	2,914	25.526,81	0,744
16	2,914	3.310,52	0,096	56	2,914	24.067,84	0,701
17	2,914	0,00	0,000	57	2,914	24.726,78	0,721
18	2,914	0,00	0,000	58	2,914	31.954,75	0,931
19	2,914	14.038,09	0,409	59	2,914	14.428,92	0,420
20	2,914	0,00	0,000	60	2,914	12.626,83	0,368

Nó	$Q_{\text{superficial}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \text{m}^2 \right) \times 10^{-8}$	Área (m <sup>2</sup> )	$Q_{\text{consumo}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times 10^{-3}$	Nó	$Q_{\text{superficial}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \text{m}^2 \right) \times 10^{-8}$	Área (m <sup>2</sup> )	$Q_{\text{consumo}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times 10^{-3}$
21	2,914	0,00	0,000	61	2,914	9.788,49	0,285
22	2,914	9.378,32	0,273	62	2,914	0,00	0,000
23	2,914	0,00	0,000	63	2,914	9.902,19	0,289
24	2,914	9.724,68	0,283	64	2,914	12.461,24	0,363
25	2,914	8.557,92	0,249	65	2,914	12.205,13	0,356
26	2,914	5.597,09	0,163	66	2,914	31.630,96	0,922
27	2,914	5.324,28	0,155	67	2,914	0,00	0,000
28	2,914	3.721,36	0,108	68	2,914	0,00	0,000
29	2,914	5.710,35	0,166	69	2,914	18.331,46	0,534
30	2,914	12.002,84	0,350	70	2,914	12.823,98	0,374
31	2,914	12.871,32	0,375	71	2,914	12.114,85	0,353
32	2,914	36.083,77	1,052	72	2,914	9.614,78	0,280
33	2,914	21.193,76	0,618	73	2,914	8.503,74	0,248
34	2,914	21.650,86	0,631	74	2,914	18.943,40	0,552
35	2,914	9.630,95	0,281	75	2,914	0,00	0,000
36	2,914	8.971,18	0,261	76	2,914	4.259,73	0,124
37	2,914	8.718,25	0,254	77	2,914	0,00	0,000
38	2,914	5.809,22	0,169	78	2,914	0,00	0,000
39	2,914	0,00	0,000				
40	2,914	32.096,69	0,935				

## 2.2 Simulação estática

Como dados de entrada para esta etapa são necessários conhecimentos das válvulas, características do conjunto motobomba, quando houver, dados geométricos dos reservatórios e cotas topográficas. Em relação às cotas topográficas, a concessionária SAE disponibilizou uma planta planialtimétrica da cidade, a qual continha todas as cotas do setor.

Conforme elucidado por Baptista e Lara (2003), para caracterização de um conjunto motobomba, são necessários dois pares de valores, vazão e altura manométrica. A vazão é definida pela demanda de água do setor, levando em consideração toda a população, sendo encontrada através da Equação 1. Já a altura manométrica é composta pela soma da perda de carga da tubulação de recalque e sucção e pelo desnível geométrico.

O bairro Pontal Norte conta com um reservatório apoiado de compensação, que possui diâmetro de 4m e altura de 10m, que ajuda o abastecimento do setor. Como caracterização do próprio EPANET 2.0, este reservatório é classificado como de nível variável. Também foi fixado, no início da rede, um reservatório de nível fixo simulando a Estação de Tratamento de Água.

Vale ressaltar que a metodologia adotada pelo EPANET 2.0 para cálculo da rede é por processos iterativos e se tem a opção da escolha de qual fórmula para perda de carga. Para esta modelagem, foi usada a fórmula de Hazen-Williams, conforme Equação 2, em que seu fator de atrito (C) é dependente do material, neste caso PVC. Assim, adotou-se o coeficiente de rugosidade de 140, indicado para tubos de plástico (BAPTISTA; LARA, 2003).

$$\Delta H = \frac{10,674 \times Q^{1,852} \times L}{C^{1,852} \times D^{4,871}} \quad (2)$$

Em relação ao conjunto motobomba, obteve-se um par de valores de vazão e altura manométrica juntamente com a SAE, com valores de 0,00694m<sup>3</sup>/s e 85m. c.a (metros de coluna d'água), respectivamente. Visando encontrar os pontos com altas pressões, foram realizadas três simulações estáticas, para três pares de vazão e altura manométrica.

### 3 RESULTADOS

A primeira simulação foi realizada para o par de valores obtidos junto à SAE. Na Figura 5 está apresentado o comportamento da rede para a primeira simulação. Como pode ser visto, toda a rede esteve sob pressões negativas, ou seja, a vazão disponibilizada não foi suficiente para abastecimento, estando abaixo do real.

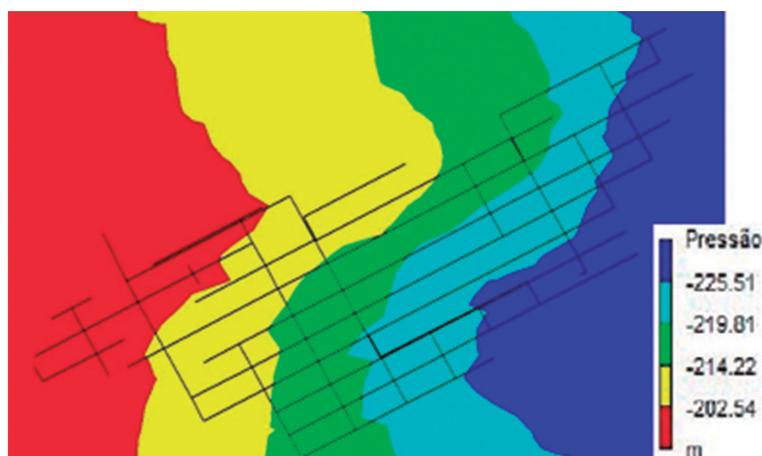
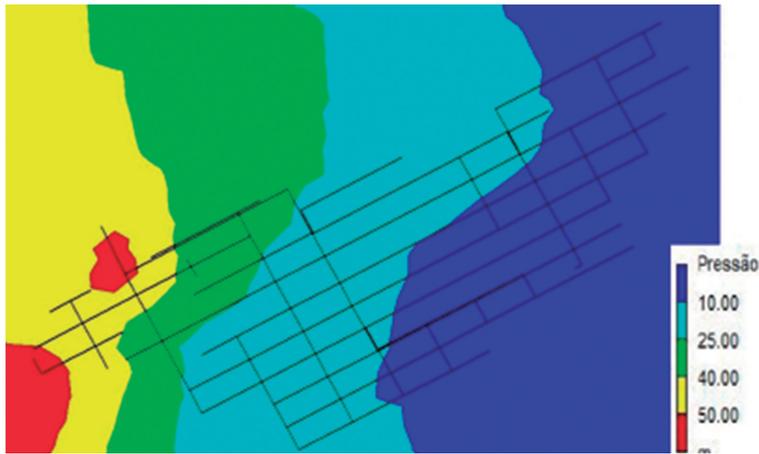


Figura 5. Gráfico das isolinhas para pressões para primeira simulação. Fonte: adaptada de EPANET (2015).

Este resultado incoerente leva a crer que o par de valores repassados pela concessionária não condizem com a realidade de funcionamento da bomba, fazendo com que estes dados sejam irrisórios para a análise aqui proposta.

Em vista disso, coma a primeira vazão definida foi um dado repassado pela concessionária, para a segunda simulação, optou-se por calcular uma nova vazão a partir da Equação 1, de posse de todos os parâmetros já elucidados anteriormente, tem-se então uma vazão de  $0,02217\text{m}^3/\text{s}$ . Em relação à altura manométrica, foi mantido o mesmo valor. Os resultados apresentados estão na Figura 6.

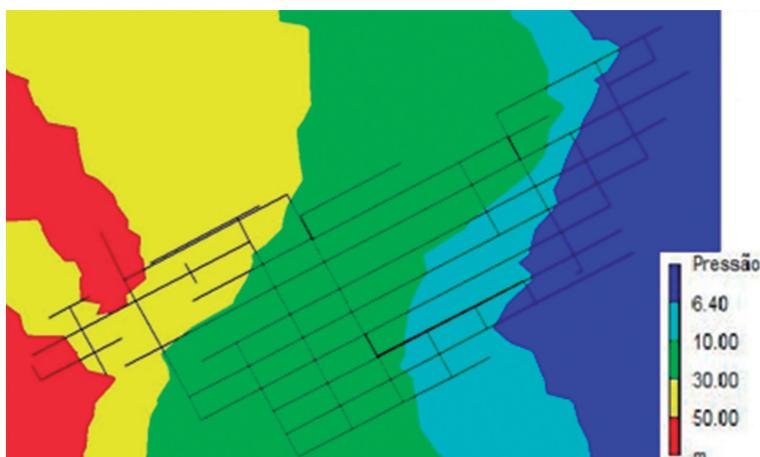


**Figura 6.** Gráfico das isolinhas para pressões para a segunda simulação. Fonte: adaptada de EPANET (2015).

Segundo a NBR 12218:1994 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, para situação estática da rede, ou seja, sem fluxo, a pressão máxima permitida é de 50m.c.a. Para a mínima, com a rede em escoamento, é de 10m.c.a. Então, como pode ser observado na Figura 6, para este par ordenado de vazão e altura manométrica, grande parte do setor apresenta valores abaixo do permitido. Um pequeno trecho apresentou pressão maior do que a máxima de 50m.c.a, o que faz todo sentido, visto a proximidade com o conjunto motobomba, fazendo com que a pressão seja mais alta, pois a perda de carga é relativamente pequena, em função da relação entre comprimento e perda de carga, em que quanto maior o comprimento da rede, maior a perda.

Em relação à proposta do presente trabalho para gestão das perdas de água com o controle de pressão, para esta simulação com os pares de vazão e altura manométrica, se mostrou ineficaz, pois grande parte da rede está atuando pressões muito baixas. Por fim, a última simulação foi feita mantendo-se a última vazão de  $0,02217\text{m}^3/\text{s}$ , mas aumentando a altura manométrica para 100m.c.a. A justificativa para este aumento da altura manométrica se deve ao fato da probabilidade do con-

junto motobomba lá locado esteja trabalhando fora da sua faixa ideal, pois as duas simulações anteriores evidenciaram resultados completamente incoerentes com a realidade. Com a nova simulação, os resultados apresentados aparentaram estar mais coerentes e concisos. Conforme a Figura 7, percebem-se trechos próximos à bomba ainda com pressões acima das permitidas em normas, entretanto a predominância é de pressões inferiores às mínimas permitidas, de 10m.c.a.



**Figura 7.** Gráfico das isolinhas para pressões para terceira simulação. Fonte: adaptada de EPANET (2015).

Os resultados apresentados podem ser justificados pelo fato do setor Pontal Norte está em uma cota relativamente elevada em relação à cidade e a ETA, fazendo com que a energia disponível para o abastecimento seja pouca. Outra evidência disto é que, segundo a SAE, este setor é o único que conta com uma estação elevatória própria, ou seja, devido à elevada altitude, houve-se necessidade de instalação de um conjunto motobomba próprio, para compensar o abastecimento.

## 4 CONCLUSÃO

Com isso, a redução do índice de perdas de água por vazamentos através da metodologia de controle de pressão se mostrou inadequada e ineficaz para o bairro, pois em um diminuto trecho foram encontradas pressões muito elevadas, estando toda a rede praticamente sobre pressões baixas. A recomendação que se tem é a manutenção e a adequação do conjunto motobomba lá locado, visando adequar o abastecimento aos valores permitidos pela NBR 12218:1994.

Como sugestão para estudo dos índices de perdas no setor, com a exclusão do controle de pressão para redução, tem-se a metodologia apresentada em Bezerra e Cheung (2013) em que se faz a aplicação de planilhas eletrônicas, efetuando-se o balanço hídrico. Esta metodologia se baseia na ideia da caracterização de todas

as formas possíveis de consumo, perda, faturamento, não faturamento, entre outros, do uso da água. Com isso é possível se identificar pontualmente onde estão ocorrendo os problemas, sejam vazamentos ou fraudes no sistema. Um exemplo desta separação se encontra no Quadro 1.

**Quadro 1.** Balanço hídrico

<b>Volume de entrada no sistema</b>	<b>Consumo autorizado</b>	<b>Consumo autorizado faturado</b>	Consumo faturado medido (incluir água exportada) Consumo faturado não medido (estimado)	<b>Água faturada</b>
		<b>Consumo autorizado não faturado</b>	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa etc.) Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc.)	
	<b>Perda de água</b>	<b>Perdas aparentes</b>	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro) Erros de medição (micromedição)	<b>Água não faturada</b>
		<b>Perdas reais</b>	Vazamentos nas adutoras e/ ou redes de distribuição Vazamentos e extravasamentos em reservatórios Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)	

Fonte: Bezerra e Cheung (2013 apud AWWA, 2012).

Este balanço é feito de posse da instalação de válvulas em pontos estratégicos da rede, para perfeito manuseio do fluxo de abastecimento. Utiliza-se também da chamada vazão noturna, em que é feita a medição do consumo em período noturno, na qual as variações são menores, o que facilita a identificação dos vazamentos. Por fim, simultâneo à metodologia do balanço hídrico, utilizar-se de aparelhos mecânicos e eletrônicos para identificação dos vazamentos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12218:1994** – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.
- AWWA. American Water Works Association. **IWA/AWWA Water Audit Method**, 2012.
- BAPTISTA, M.; LARA, M. **Fundamentos da engenharia hidráulica**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG; Escola de Engenharia, 2003.
- BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água: tecnologias de controle**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2013.
- EPANET. **Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água**. Disponível em: <<http://epanet.lnec.pt/>>. Acesso em: 13 mai. 2015.
- GOOGLE EARTH. **Google**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 13 mai. 2015.
- GOMES, H. P. **Sistemas de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operação de redes de elevatórias**. 3. ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Catalão**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=520510>>. Acesso em: 12 maio 2015.
- LEITE, F. Sabesp desperdiça 31% de água, mas diz perder 24%. **O Estadão de S. Paulo**, 2014. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,sabesp-desperdica-31-de-guamas-diz-perder-24,1131535,0.htm>>. Acesso em: 10 maio 2015.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/Default.aspx>>. Acesso em: 10 mai. 2015.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

