BALANÇO HÍDRICO INFORMATIZADO E CUSTOMIZADO ÀS CONDIÇÕES BRASILEIRAS

Luiz Celso Braga Pinto
Eng. Civil pela FEC – Itajubá; Mestre e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento pela Unicamp e MBA em gestão empresarial FGV, foi consultor do banco mundial por 4 anos na Cia. de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH), perito da Agência Reguladora do Estado do Ceará (ARCE), diretor executivo da Grypho Engenharia, onde coordenou estudos para cobrança para a Agência Nacional de Águas (ANA), atual gerente de controle de perdas e eficiência energética da Cia. de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Endereço: Rua Tibúrcio Cavalcante, 1222, apto. 2003 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.125-100 - Brasil - Tel: +55 (85) 3268-3208 - Fax: +55 (85) 3101-1877 - e-mail: luizp@cagece.com.br

RESUMO

O balanço hídrico foi customizado para atender todas as necessidades de uma empresa nacional de saneamento no que diz respeito à gestão de perdas. Diante das experiências e recomendações da *International Water Association* (IWA), customizou-se um modelo que atende totalmente às necessidades da Companhia de água e Esgoto do Ceará – Cagece e contempla todos os tipos de consumos e perdas do sistema de Fortaleza e dos sistemas dos anteriores, com capacidade de condensar todos os dados a nível de sistema, município, unidade de negócios ou estado, gerando relatórios e gráficos que dão suporte à gestão de perdas de todo o estado.

Palavras-chave: perdas, medição, balanço hídrico.

INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos é atualmente uma preocupação que assola todo o planeta, inclusive países que historicamente têm fontes hídricas em abundância, como o Brasil. A *International Water Association* (IWA) divulga há tempos o balanço hídrico (BH) como umas das principais ferramentas de controle e redução de perdas de sistemas de distribuição de água.
Na busca da eficiência do aproveitamento hídrico, o setor de saneamento pode contribuir na conscientização do controle do consumo e atuando sobre as perdas reais e aparentes de forma a atuar sobre a demanda e não necessitar de ampliar os investimentos, cada vez maiores, na busca da ampliação da oferta.
A CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará, vem passando por modernizações e inovações para que continue se mantendo uma empresa competitiva e atualizada, objetivando a busca contínua da execução de sua missão. Tem em sua política o compromisso com a população o abastecimento de água da melhor forma possível, a partir do contínuo aperfeiçoamento das técnicas e métodos utilizados.
Apesar do último plano diretor da região metropolitana de Fortaleza ter sido recentemente finalizado, as ações sugeridas pelo mesmo em relação a controle de perdas estão em fase de projeto. A principal ação será a divisão do sistema integrado da região metropolitana em 121 distritos de monitoramento e controle(DMCs), o que incontestavelmente facilitará a gestão operacional e trará uma significante redução de perdas, pois será mais fácil identificar as causas principais, além de se possibilitar a gestão de pressões de cada sistema de forma independente.

OBJETIVO

A customização do BH teve por objetivo o aprimoramento da gestão operacional e conseqüente redução de consumo de energia e perdas de água. O monitoramento através do balanço hídrico possibilita a otimização operacional em relação ao abastecimento, assim como subsidia ações de mitigação de perdas em sistemas de abastecimento. As informações coletadas foram disponibilizadas de uma forma transparente para o usuário em um banco de dados, facilitando e viabilizando o uso da informação atualizada a qualquer instante.
Através deste trabalho, apresentou-se uma descrição técnica de um sistema que permite a utilização das informações gerenciais operacionais de forma integrada e voltadas para uma análise ampla e estratégica dos principais indicadores relacionados ao controle de perdas. O BH também objetivou proporcionar manutenção simples e de baixo custo, implantação em curto espaço de tempo, possibilidade de expansão de funções do

sistema para outras necessidades, padronização e facilidade de uso, com interface amigável e ampla divulgação, através de plataforma web e acesso via intranet.

MATERIAIS E MÉTODOS

É importante caracterizar o conceito das perdas de água que, em grandes linhas, correspondem a todos os consumos não autorizados, que determinam aumento no custo de funcionamento ou que impeçam a realização plena da receita operacional e esses englobam:

- As Perdas Reais (Físicas): originam-se de vazamentos no sistema, em redes, ramais e acessórios, bem como extravasamentos em reservatórios (a pressão na rede exerce grande influência sobre a variação das perdas reais).
- As Perdas Aparentes (Não Físicas): originam-se de consumos não autorizados, problemas no cadastro e faturamento, bem como imprecisão dos equipamentos de macro e micromedição.

Sob o ponto de vista de resultados:

- A redução das Perdas Aparentes permite aumentar o faturamento, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro. Contribui indiretamente para a ampliação da oferta efetiva, uma vez que induz à redução de desperdícios.
- A redução das Perdas Reais permite diminuir os custos de produção de água - mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos, de serviços de terceiros e outros insumos - e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema de abastecimento.

Balanço Hídrico IWA

A estrutura básica definida pela IWA – *International Water Association* é representada na Figura 01.

<table>
<tr><td rowspan="5">Consumos Autorizados</td><td rowspan="2">Faturados</td><td>Consumos Medidos</td><td rowspan="2">Água Faturada</td></tr>
<tr><td>Consumos Não Medidos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Não Faturados</td><td>Consumos Medidos</td><td rowspan="8">Água Não Faturada</td></tr>
<tr><td>Consumos Não Medidos</td></tr>
<tr><td>Usos Operacionais</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Perdas</td><td rowspan="4">Perdas Aparentes</td><td>Consumos Não Autorizados</td></tr>
<tr><td>Erros da Macromedição</td></tr>
<tr><td>Erros da Micromedição</td></tr>
<tr><td>Falhas no Cadastro e Faturamento</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Perdas Reais</td><td>Vazamentos na Rede</td></tr>
<tr><td>Vazamentos nos Ramais</td></tr>
<tr><td>Vazamentos e Extrav. em Reservatórios</td></tr>
</table>

Figura 01 – Balanço Hídrico IWA

O balanço hídrico em sua forma básica permite uma primeira aproximação para identificação das principais causas de perdas, mas para se priorizar as ações de combate a perdas de forma mais eficaz, é necessário detalhar os campos do balanço original.
Em paralelo, recomenda-se realizar o acompanhamento da evolução dos principais índices e indicadores de perdas, calculando e apresentando os seguintes índices:

Índice de Perdas na Distribuição-IPD (%)

$$IPD = \frac{(\text{Volume Produzido} - \text{Volume Consumido})}{\text{Volume Produzido}} \times 100$$

Índice de Faturamento = Rendimento do Sistema-IF (%)

$$IF = \frac{\text{Volume Consumido}}{\text{Volume Produzido}} \times 100$$

Índice Bruto Linear de Perdas (m3/dia.Km)–ILP ou LLI (Linear Loss Index)

$$ILP = \frac{(\text{Volume Produzido} - \text{Volume Consumido})}{\text{Extensão de Rede}}$$

Índice Bruto de Perdas por Ligação (litro/dia.lig)-IPL

$$IPL = \frac{\text{(Volume Produzido – Volume Consumido)}}{\text{Quant. de Ligações Ativas}}$$

Gestão da Micromedição

A micromedição é um dos tópicos mais importantes e abrangentes, em virtude da componente "micromedição" representar, em geral, a parcela mais expressiva das perdas aparentes, excluindo as fraudes. Diversos estudos realizados no laboratório da Cagece com hidrômetros de diversas marcas apontaram que é economicamente viável manter o parque com idade média em torno de 3 anos (hoje com 3,2 anos). Com a extrapolação dos dados destes estudos e seguindo uma linha de tendência, foi possível desenvolver um ábaco que retrata a situação do parque de hidrômetros da Cagece (Figura 02).

Tempo (anos)	m3	%	Tempo (anos)	m3	%	Tempo (anos)	m3	%
0		0,00	4	0,80	6,43	8	2,06	16,48
0,1	0,03	0,21	4,1	0,82	6,53	8,1	2,11	16,85
0,2	0,05	0,42	4,2	0,83	6,64	8,2	2,15	17,21
0,3	0,08	0,64	4,3	0,84	6,75	8,3	2,20	17,58
0,4	0,11	0,85	4,4	0,86	6,85	8,4	2,24	17,95
0,5	0,13	1,06	4,5	0,87	6,96	8,5	2,29	18,32
0,6	0,16	1,27	4,6	0,88	7,07	8,6	2,34	18,69
0,7	0,19	1,48	4,7	0,90	7,17	8,7	2,38	19,05
0,8	0,21	1,70	4,8	0,91	7,28	8,8	2,43	19,42
0,9	0,24	1,91	4,9	0,92	7,39	8,9	2,47	19,79
1	0,27	2,12	5	0,93	7,44	9	2,52	20,16
1,1	0,29	2,33	5,1	0,97	7,74	9,1	2,57	20,53
1,2	0,32	2,54	5,2	1,01	8,04	9,2	2,61	20,89
1,3	0,34	2,76	5,3	1,04	8,34	9,3	2,66	21,26
1,4	0,37	2,97	5,4	1,08	8,64	9,4	2,70	21,63
1,5	0,40	3,18	5,5	1,12	8,95	9,5	2,75	22,00
1,6	0,42	3,39	5,6	1,16	9,25	9,6	2,80	22,37
1,7	0,45	3,60	5,7	1,19	9,55	9,7	2,84	22,73
1,8	0,48	3,82	5,8	1,23	9,85	9,8	2,89	23,10
1,9	0,50	4,03	5,9	1,27	10,15	9,9	2,93	23,47
2	0,53	4,24	6	1,31	10,45	10	2,98	23,84
2,1	0,54	4,35	6,1	1,34	10,75	10,1	3,03	24,21
2,2	0,56	4,45	6,2	1,38	11,06	10,2	3,07	24,57
2,3	0,57	4,56	6,3	1,42	11,36	10,3	3,12	24,94
2,4	0,58	4,67	6,4	1,46	11,66	10,4	3,16	25,31
2,5	0,60	4,77	6,5	1,50	11,96	10,5	3,21	25,68
2,6	0,61	4,88	6,6	1,53	12,26	10,6	3,26	26,05
2,7	0,62	4,99	6,7	1,57	12,56	10,7	3,30	26,41
2,8	0,64	5,09	6,8	1,61	12,86	10,8	3,35	26,78
2,9	0,65	5,20	6,9	1,65	13,16	10,9	3,39	27,15
3	0,66	5,31	7	1,68	13,47	-11	3,44	27,52
3,1	0,68	5,41	7,1	1,72	13,77	11,1	3,49	27,89
3,2	0,69	5,52	7,2	1,76	14,07	11,2	3,53	28,25
3,3	0,70	5,63	7,3	1,80	14,37	11,3	3,58	28,62
3,4	0,72	5,73	7,4	1,83	14,67	11,4	3,62	28,99
3,5	0,73	5,84	7,5	1,87	14,97	11,5	3,67	29,36
3,6	0,74	5,95	7,6	1,91	15,27	11,6	3,72	29,73
3,7	0,76	6,05	7,7	1,95	15,57	11,7	3,76	30,09
3,8	0,77	6,16	7,8	1,98	15,88	11,8	3,81	30,46
3,9	0,78	6,27	7,9	2,02	16,18	11,9	3,85	30,83

Figura 02 – Precisão de hidrômetros do parque da Cagece

Componentes do BH

Todos os componentes do BH foram revisados e devidamente customizados (Figura 03) para que compusessem os campos do demonstrados adiante (RESULTADOS - Figura 04).

Campo ou Fórmula	Componente	Descrição
A	**VPC**	**Volume Produzido para Comercialização**
AA	**VDIS**	**Volume Distribuído**
R	VFATnc	**Volume de Água Faturado Não Consumido**
H	**VFATm = H1 + H2**	**Volume Faturado Medido**
I	**VFATnm = I1 + I2**	**Volume Faturado Não Medido**
J	**VANFm =J1 + J2 + J3**	**Volume de Água não Faturado Medido**
M	**VPAPna**	**Volume de Consumo Não Autorizado**
N	**VPAPs**	**Volume de Perdas por Submedição em Hidrômetros**
F	**VPAP**	**Volume de Perdas Aparentes**
O	**VPRERedes**	**Vazamentos das Redes**
P	**VPRERamais**	**Vazamentos dos Ramais**
Q	**VPREoutras**	
U	**PSD**	**Perdas no Sistema Distribuidor**
G	**VPRE**	**Volume de Perdas Reais**
L	**VANFnm**	**L1 + L3**
D	**VCAUF**	**VFATm + VFATnm**
E	**VCAUnf**	**VANFm + VANFnm**
B	**VCAU**	**VCAUf + VCAUFnf**
C	**VPAG**	**Volume de Perdas de Água**
S	**VAF**	**Volume de Água Faturada**
T	**VANF**	**Volume de Água Não Faturada**

Figura 03 – Componentes do Balanço Hídrico

RESULTADOS

Com a geração do BH, todos os gestores de sistemas de abastecimento passaram a ter uma ferramenta poderosa de tomada de decisão, pois o mesmo possibilita gerir as perdas combatendo as causas principais, permitindo um rápido e eficiente retorno das ações executadas. O sistema atendeu os objetivos perseguidos, se tornando uma ferramenta prática e de interface amigável.

Após a seleção do período do intervalo de dados e universo(abrangência) a ser pesquisado, o BH é demonstrado automaticamente, buscando os dados nos sistemas-base em tempo real e apresenta o balanço com grande grau de detalhamento, conforme Figura 04.

O BH também se demonstrou altamente consistente, com diversas informações gerenciais de apoio a tomada de decisão.

<table>
<tr><td colspan="5"></td><td>R- Volume de Água Faturado Não Consumido</td><td></td><td>38,672,664
11.41%</td><td rowspan="5">S- Volume de Água Faturada

252,352,461
74.46%</td></tr>
<tr><td rowspan="23">A – VPC

338,899,053
100.0%</td><td rowspan="22">AA- VDis

333,708,089
98.47%</td><td rowspan="9">B- Volume de Água Consumo Autorizado
217,895,791
64.3%</td><td rowspan="3">D- Volume de Água de Consumo Autorizado Faturado

213,679,797
63.05%</td><td rowspan="2">H- Vol. de Água Faturado Medido
211,730,643
62.48%</td><td>Consumo de Ligações Hidrometradas</td><td></td><td>211,561,637
62.43%</td></tr>
<tr><td>Venda de Água em Carro-Pipa</td><td></td><td>96,229
0.03%</td></tr>
<tr><td>I- Volume de Água Faturado Não Medido
1,949,154
0.58%</td><td>Volume Recuperado de Fraude</td><td></td><td>1,391,606
0.41%</td></tr>
<tr><td rowspan="6">E- Volume de Água de Consumo Autorizado Não Faturado

4,215,994
1.24%</td><td rowspan="3">J- Volume de Água Não Faturado Medido
2,705,728
0.8%</td><td colspan="2">Ligações Não Hidrometradas</td><td>557,548
0.16%</td><td rowspan="19">T- Volume de Água Não Faturada

125,219,256
25.54%

(IANF)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Imóveis Isentos de Faturamento</td><td>196,549
0.06%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Volume Dispensado por Consumo Excessivo</td><td>1,471,140
0.43%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">L- Volume de Água Não Faturado Não Medido
1,510,266
0.45%</td><td colspan="2">Consumo das Unidades Próprias da Cagece</td><td>1,016,198
0.3%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Retirada de Água dos Hidrantes</td><td>19,110
0.01%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Consumo Operacional</td><td>Descargas Limpeza Redes</td><td>33,890
0.01%</td></tr>
<tr><td rowspan="14">C- Volume de Perdas de Água

121,003,262
35.7%

(IPD)</td><td rowspan="6">F- Volume de Perdas Aparentes

75,875,402
22.39%</td><td rowspan="5">M- Volume de Água Não Autorizado
60,625,516
17.89%</td><td>Esvaziamento de Redes (Manut.)</td><td>677,798
0.2%</td></tr>
<tr><td>Limpeza de reservatórios</td><td>779,468
0.23%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fraudes em Ligações Factíveis / Potenciais</td><td>6,987,133
2.06%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fraudes em Ligações Inativas</td><td>15,210,171
4.49%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fraudes em Ligações Ativas nos Hidrômetros</td><td>11,709,736
3.46%</td></tr>
<tr><td rowspan="5">N- Volume de Perdas por Inexistência ou Erros de Medição
15,249,886
4.5%</td><td colspan="2">By-Pass em Ligações Ativas</td><td>11,756,485
3.47%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ramal Clandestino em Ligações Ativas</td><td>14,961,992
4.41%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Submedição Fabricação dos Hidrômetros</td><td>1,664,616
0.49%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Desgaste Vida Útil dos Hidrômetros</td><td>11,883,603
3.51%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Superdimensionamento dos Hidrômetros</td><td>1,456,539
0.43%</td></tr>
<tr><td rowspan="8">G- Volume de Perdas Reais

45,127,860
13.32%</td><td rowspan="3">O- Volume de Vazamentos em Redes e Adutoras
18,524,857
5.47%</td><td colspan="2">Subestimação Ligações Não Hidrometradas</td><td>245,129
0.07%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vazamentos Visíveis em Adutoras e Redes</td><td>11,523,678
3.4%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Vazamentos Não Visíveis em Adutoras</td><td>Vazamentos Detectáveis</td><td>6,037,220
1.78%</td></tr>
<tr><td rowspan="4">P- Volume de Vazamentos nos Ramais Prediais até o Hidrômetro
20,734,241
6.12%</td><td>Vazamentos Não Detectáveis</td><td>963,959
0.28%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vazamentos Visíveis em Ramais</td><td>9,623,315
2.84%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Vazamentos não Visíveis em Ramais</td><td>Vazamentos Detectáveis</td><td>5,462,745
1.61%</td></tr>
<tr><td>Vazamentos Não Detectáveis</td><td>5,648,181
1.67%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Q- Volumes de Vazamentos e Extravazamentos em Reservatórios
677,798
0.2%</td><td colspan="2">Extravasamentos em Reservatórios</td><td>338,899
0.1%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vazamentos em Elementos da Estrutura</td><td>169,450
0.05%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vazamentos em Acessórios dos Reservatórios</td><td>169,450
0.05%</td></tr>
<tr><td colspan="3">Perdas no Sistema Distribuidor</td><td>5,190,964
1.53</td></tr>
</table>

Figura 04 – Análise de dados do balanço hídrico

O BH também deu suporte e apoio ao gerenciamento estratégico, auxiliando a obter resultados expressivos de redução de perdas, conforme é demonstrado na figura 05. Os usuários das Unidades de Negócios também já iniciaram a elaboração de ações corretivas e preventivas de controle de perdas baseadas na utilização do BH.

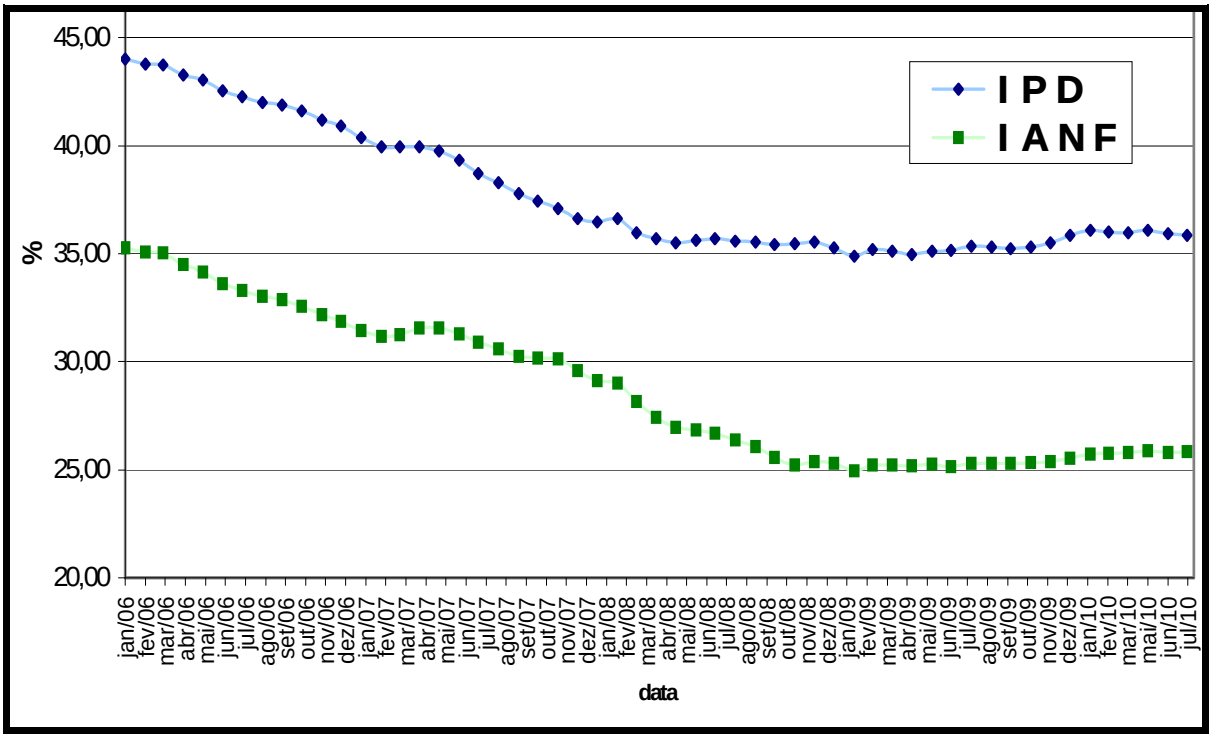


Figura 05 – Geração de gráficos dos indicadores de gestão

CONCLUSÃO

Com a implementação do BH, todos os sistemas de abastecimento de água do Estado do Ceará tiveram ganho substancial em procedimentos operacionais, de forma que as perdas de distribuição tendem a cair à medida que se execute ações focadas nas principais causas de perdas, como por exemplo evitando pressões elevadas desnecessárias que geram vazamentos por toda a rede atendida. O volume antes perdido se converte em maior reserva hídrica dos mananciais, garantindo uma reserva estratégica para o abastecimento, além de preservar os recursos hídricos do meio ambiente.

O desenvolvimento do BH customizado e automatizado também possibilitou:

Um retorno muito rápido do investimento, comprovando sua eficiência em ações de combate a perdas de água;

Reduzir o volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados;

Prover um serviço com maior garantias ao consumidor, diminuindo a ocorrência de desabastecimentos;

Otimizar a operação do sistema, de forma a subsidiar manobras para que se evite falta de água em pontos críticos;

Subsidiar o dimensionamento de sub-setores hidraulicamente confinados;

Subsidiar os programas de controle de vazamentos, micro e macromedição.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a constante revisão e manutenção do sistema, onde deverá se adequar por completo o sistema à arquitetura existente na empresa, com a integração do mesmo aos outros em desenvolvimento ou já implantados, como por exemplo, o Sistema Comercial.

Revisão e Manutenção

Devem ser previstas as atividades de implantação e validação das ferramentas integrantes do BH. Em paralelo, deverá ser oferecido o treinamento necessário a todos os usuários.

As seguintes etapas são recomendadas:

- Plano da implantação;
- Levantamento e revisão dos sistemas existentes(bancos de dados);
- Customização;
- Testes finais;
- Plano de treinamento dos usuários;
- Execução do treinamento dos usuários;
- Avaliação de desempenho dos usuários;
- Relatórios de monitoramento nos primeiros 30 dias da implantação, com todas as ocorrências, medição de performance e ajustes necessários e respectivos prazos;
- Execução das atividades de análise, programação e parametrização do sistema, com reuniões mensais de controle;
- Análise de aderência do sistema ao macroprocesso de perdas.

Com relação à manutenção, deve ser previsto o acompanhamento periódico do sistema, que visará a solução de problemas e dúvidas esporádicas relacionadas com a utilização do mesmo. São recomendados *backups* diários e procedimentos de segurança do banco de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION - Conceitos e Opções para a Determinação da Poupança de Energia e de Água - Volume 1 - www.evo-world.org - Abril 2007
2. GONÇALVES, ELTON; ALVIM, PAULO R. A.; - Pesquisa e Combate a Vazamentos Não Visíveis – PNCDA – Ministério das Cidades – 2007
3. PINTO, LUIZ C. B. e outros; Relatório Anual de Gestão – Diretoria de Operações Cagece – 2007/2008.