

## A EVOLUÇÃO NA GESTÃO DE PERDAS – NOVAS FERRAMENTAS E METODOLOGIAS

### **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:** Av. Antônio Sales, 2367 ap.1001 - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.135.101 - Brasil - Tel: +55 (85) 3268-3208 - Fax: +55 (85) 3101-1877 - e-mail: luizp@cagece.com.br

### **RESUMO**

Estimativas conservadoras apontam que o mundo perde atualmente, em seus sistemas de água, 1/3 de toda a água tratada, equivalente a 32 bilhões de metros cúbicos, a um custo anual de 18 bilhões de dólares. Com a crescente demanda mundial e o aumento da escassez, o controle de perdas tem a cada dia mais importância. A maioria dos especialistas acredita que se ações de alto impacto não forem executadas em curto prazo, acontecerá uma crise mundial sem precedentes dentro de quinze anos. Por outro lado, considerando as tendências demográficas e econômicas, estima-se que o mundo demandará 40% mais de água até 2025. Este trabalho traz melhorias para a gestão de perdas, devidamente experimentadas e seus benefícios.

**Palavras-chave:** perdas, gestão, planejamento.

### **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. Nesse contexto, a redução de perdas de água é a melhor solução para que se possibilite o atendimento dessa demanda. Os países mais desenvolvidos já vêm obtendo bons resultados, entretanto, o Brasil ainda se encontra acima da média mundial em relação a países desenvolvidos e em desenvolvimento, com aproximadamente 36% de perdas. As Figuras 1 e 2 apresentam os níveis de perdas de água potável em algumas cidades e países do mundo.

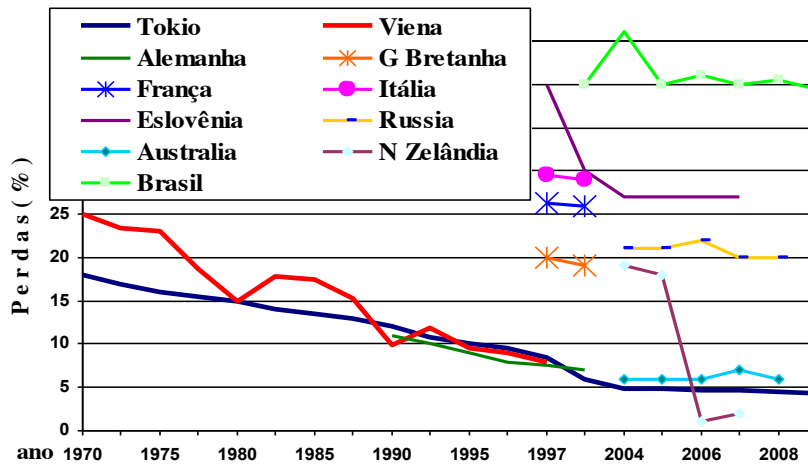


Figura 1 - Perdas de água potável no mundo. Fonte: IWA.

### Perdas no Mundo - Países em Desenvolvimento

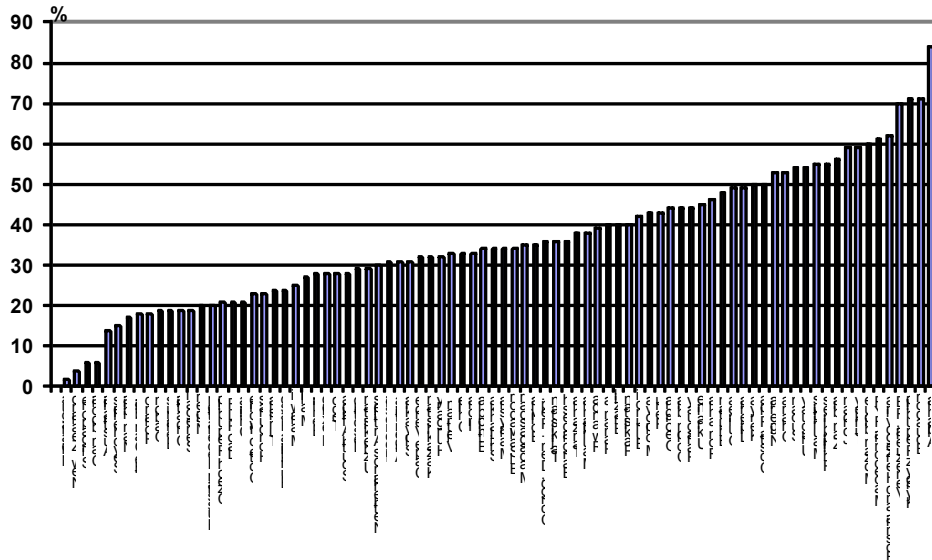


Figura 2 - Perdas de água potável no mundo. Fonte: IWA.

Muitos prestadores de serviços de saneamento básico já utilizam técnicas e métodos eficazes de controle e redução de perdas, mas partes dessas ações ainda não são utilizadas de maneira expressiva e rotineira, o que prejudica o resultado final. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, ano base 2010, os Índices de Perdas na Distribuição (IPD) de companhias estaduais de saneamento básico variaram de 24,9(Caesb) a 77,3%(Caesa), o que demonstra um forte contraste para companhias do mesmo país. Dessa forma, é inevitável que todo prestador de serviços de saneamento básico tenha um programa de controle e de redução de perdas continuado, eficaz e dinâmico.

Jane Pessoa 23/3/13 13:19  
**Comment [1]:** Falta indicar o ano da publicação. É preciso inserir essa referência na bibliografia final.

## OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar o controle de perdas, do ponto de vista teórico, por meio de estudos de caso, demonstrando as principais ações para a gestão de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Vale lembrar que as ações de combate a perdas a cada dia se confundem mais com as ações de eficiência energética e recomenda-se, sempre que possível, utilizar conjuntamente as ações de ambas para um melhor resultado final. A seguir são mostrados os métodos de gestão, tipologia de perdas, indicadores de desempenho, monitoramento de pressões, medição de vazões e de volumes, vazamentos e combate a fraudes, os quais se constituem nas principais ferramentas e segmentos a serem trabalhados para a elaboração de uma política eficaz de controle e redução de perdas, além de servir como um roteiro passo a passo para a criação de um programa de controle de perdas em um prestador de serviços de saneamento básico.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As perdas de água atualmente são responsáveis por grande parte do consumo de água de mananciais, provando que a gestão operacional está estreitamente relacionada à gestão ambiental. Também devem estar estreitamente relacionadas e geridas em conjunto com a eficiência energética, pois as ações de controle de perdas de água e eficientização energética muitas vezes se confundem, podendo, em alguns casos, serem exatamente as mesmas.

A recente ampliação da conscientização mundial pelo valor e pela escassez dos recursos naturais conduz à busca de novos mecanismos e metodologias, para que estes sejam utilizados da forma mais racional possível.

As perdas de água são muitas vezes responsáveis também pela saúde financeira de um prestador de serviços de saneamento básico, tendo seus efeitos relacionados diretamente com a capacidade de obter resultados positivos ou negativos em termos de faturamento e de lucro líquido, além de outros correlatos e, dessa forma, devem ser apurados e mitigados com todas as ferramentas e recursos disponíveis.

Entre os diversos métodos de gestão de perdas, utiliza-se genericamente os recomendados pela International Water Association (IWA), que podem ser obtidos no site <http://www.iwahq.com>. Uma nova e versátil metodologia a ser aplicada no controle e na redução de perdas de água em sistemas de distribuição decorre da utilização das ferramentas 5W2H e Teoria de Pareto.

A utilização da ferramenta 5W2H e da Teoria de Pareto

A metodologia se baseia na criação de um novo modelo de gestão de perdas, no qual são adotados os seguintes passos:

- Deve ser criada uma área ou equipe especialista, que será a responsável pela gestão e pelo apoio a todas as ações voltadas ao controle e redução de perdas. Essa área ou equipe monitorará constantemente os indicadores relacionados a perdas e assessorará todas as outras áreas e unidades do prestador de serviços no mesmo tema.
- Deve ser elaborada uma nova diretriz de trabalho, a ser revisada anualmente, de forma que se monitore o desempenho da aplicação da metodologia.
- Elaborar o Plano de Causas e Ações (PCA). O objetivo principal do PCA é concentrar esforços em ações que trazem maior retorno a curto e médio prazo. O PCA será criado com a aplicação do 5W2H e da Teoria de Pareto. No PCA são descritas, em ordem de importância, as principais causas que determinam altos indicadores de perdas.
- A Ferramenta 5W2H:
  - What – O quê?
  - Who – Quem?
  - Where – Onde?
  - When – Quando?
  - Why – Porquê?
  - How – Como?

- How much – Quanto custa?

- Teoria de Pareto (princípio 80-20). Afirma que para a grande maioria dos fenômenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas.

Após a identificação das causas, são descritas as ações possíveis para reduzir ou neutralizar os motivos que causam as suas respectivas perdas. Para cada ação, deve ser relacionado o custo, o prazo e a responsabilidade de execução.

O PCA deve ser difundido em todas as unidades de negócios (UN) e/ou áreas correlatas (comerciais e operacionais) do prestador de serviços. É importante que cada UN ou regional tenha seu próprio PCA, de forma que ele sirva como referência para ações operacionais e de controle de perdas. Esse plano é chamado de plano unitário de causas e ações. Para que se foquem as ações nos locais de maiores perdas, as UNs devem iniciar seus planos pelos sistemas de abastecimento de água com indicadores de perdas mais elevados.

De posse dos planos unitários, é então elaborado o plano geral, no qual são reunidas todas as necessidades de ações relativas a determinadas causas específicas. Com esse plano, é possível então estimar o custo para a execução das ações e priorizar os investimentos de acordo com as necessidades do prestador de serviços.

Já para a identificação das principais causas de perdas em sistemas de abastecimento é recomendada a elaboração do balanço hídrico. Ambas as ferramentas serão descritas adiante. Essa metodologia foi aplicada no estado do Ceará, através da Cagece, com o objetivo principal de reduzir as perdas para níveis próximos a 20%. O principal indicador adotado para mensurar e representar as perdas foi o Índice de Água Não Faturada (IANF), similar ao Índice de Perdas de Faturamento. Na Cagece, após três anos de experiência, a aplicação da metodologia e a execução de ações associadas se demonstraram extremamente eficientes, reduzindo o IANF de 35,17% para 28,24% durante o período de estudo (dez. 2005 a mar. 2008).

Indicadores de desempenho

Para quantificação das perdas em um sistema são utilizados indicadores de desempenho e/ou de performance. Existe um grande rol de indicadores de desempenho utilizados pelos prestadores de serviços de saneamento básico e entidades governamentais. Apesar de alguns desses indicadores apresentarem a mesma nomenclatura ou sigla, suas formulações podem ser diferentes. A seguir são descritos os indicadores e variáveis mais recomendados pela IWA para o acompanhamento em conjunto com o balanço hídrico.

Índice de Perdas na Distribuição (IPD)

$IPD = (VPC - VCAU) / VPC \times 100$ , onde:

VPC – Volume Produzido para Comercialização.

VCAU – Volume de Consumo Autorizado.

Índice de Água Não Faturada (IANF)

$IANF = (VPC - VAF) / VPC \times 100$ , onde:

VAF – Volume de Água Faturada.

VPC – Volume Produzido para Comercialização.

Índice Bruto Linear de Perdas (ILP)

$ILP = (VPC - VCAU) / \text{Extensão da Rede}$ , onde:

VCAU – Volume de Consumo Autorizado.

Extensão de Rede – Extensão da Rede de água.

Índice de Perdas por Ligação (IPL)

$IPL = (VPC - VCAU) / \text{Ligações Ativas}$ , onde:

VCAU – Volume de Consumo Autorizado.

Ligações Ativas – Quantidade de Ligações ativas.

Indicador Técnico de Perdas Reais (ITPR)

$ITPR = VPRE / \text{Ligações Ativas}$ , onde:

VPRE – Volume de Perdas Reais.

Ligações Ativas – Quantidade de Ligações ativas.

Média de Perdas Reais Inevitáveis (MPRI)

$MPRI = (A \times Ct/Ni + B + C \times Cr/Ni) \times P$ , onde:

A = Parâmetro de valor litros/km de tubulação/dia/metro de pressão.  
 Ct = Comprimento das tubulações da rede (km).  
 NI = Número de ligações (unid).  
 B = Parâmetro de litros/ligação/dia/metro de pressão.  
 C = Parâmetro de litros/km de tubulação/dia/metro de pressão.  
 Cr = Comprimento total dos ramais até o cavalete (km);  
 P = Parâmetro de pressão média (mca).

#### Índice Vazamentos na Infraestrutura (IVI)

IVI = ITPR / MPR, onde:

ITPR – Indicador Técnico de Perdas Reais.

MPRI – Média de Perdas Reais Inevitáveis.

#### Balanço hídrico

Uma das ferramentas mais eficientes para o controle de perdas é o balanço hídrico, no qual é possível segmentar as causas principais ou a origem das perdas. Sua análise é imprescindível para a efetivação do programa de controle e redução de perdas. O balanço hídrico sugerido pela IWA é apresentado na figura 3.

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimado)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes)	
			Erros de medição	
		Perdas reais	Vazamentos em ramais prediais	
			Vazamentos adutoras/ redes de distrib.	
			Vazam. e extravasam. em reservatórios	
			Vazamentos nos ramais	

Figura 3 - Balanço hídrico IWA

O Balanço hídrico tende a ser mais preciso com o tempo, de acordo com a utilização de dados mais acurados, o que também pode ocorrer com o estudo e o acompanhamento dos sistemas. Ele ainda pode ser utilizado ou segmentado para avaliar sistemas, municípios, unidades de negócios, distritos de monitoramento e controle, setores hidráulicos e até mesmo o somatório de todos os segmentos.

#### Monitoramento de pressões

O monitoramento de pressões procura minimizar as pressões do sistema e a faixa de duração de pressões máximas, enquanto assegura os padrões mínimos de serviço para os usuários. Esses objetivos são atingidos pelo projeto específico e pela setorização dos sistemas de distribuição, pelo controle de bombeamento direto na rede (*boosters*) ou pela introdução de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs).

Todo programa de controle e de redução de perdas tem monitoramento de pressões como uma de suas principais ações. O monitoramento pode ser de modo simples, através de leituras de manômetros instalados em pontos estratégicos de redes ou adutoras, em intervalos pré-especificados, ou por meio de estações piezométricas automáticas, que enviam dados para uma central, a partir da qual podem ser tratados e utilizados para a geração de relatórios, mapeamento de pressões, consultas para manobras hidráulicas etc.

As informações coletadas devem ser disponibilizadas de forma transparente para o usuário em um banco de dados, facilitando e viabilizando o uso da informação atualizada a qualquer instante.

Com o passar do tempo, o ponto crítico pode se deslocar ao longo da rede, devido ao aumento de rugosidade em função da idade da tubulação, tendendo a se localizar inicialmente no ponto mais alto da zona de pressão e futuramente nos pontos mais distantes em relação ao referencial de pressão (reservatório, *booster* ou VRP).

Entre as possíveis alternativas, uma opção bastante viável é utilizar um sistema de monitoramento baseado em tecnologia de comunicações via celular GSM (Global System for Mobile Communications) – GPRS (General Packet Radio Service) ou 3G, por serem mais seguras e economicamente vantajosas, além de permitir reposicionamentos das estações para outros pontos que se queira monitorar de forma rápida e simples. A opção por rádio não é flexível a alterações de localização por necessitar de diversas potências de operação. A opção por telefonia fixa demanda constantes trâmites com a operadora para a habilitação e desabilitação entre pontos, e a solução por satélite é demasiadamente onerosa. Como premissas para a escolha do modelo mais adequado à aplicação, devem ser considerados os seguintes fatores:

- Baixo investimento de implantação e de operação.
- Tarifas reduzidas, manutenção simples e de baixo custo.
- Implantação em curto espaço de tempo.
- Possibilidade de expansão de funções do sistema para outras medições.
- Padronização de modelo de monitoramento e facilidade de uso.
- Possibilidade de coleta de dados em intervalo de tempo programável.
- Baixo consumo de energia elétrica, podendo o equipamento ser alimentado por baterias.

#### Medição de vazões e volumes

Os hidrômetros, devido às suas características construtivas e de acordo com sua curva de precisão característica, são fabricados com tendências de medirem menos que o real (submedição) quando não estão dentro de sua faixa ideal de utilização (entre  $Q_{min}$  e  $Q_{max}$ ). Na prática, isso ocorre com grande parte das ligações de baixo consumo. O valor referente a esse tipo de submedição é estimado em torno de 0,4% para sistemas com mais de 100 mil ligações. Entretanto, pode variar em função do perfil de consumo e do correto dimensionamento de hidrômetros.

Outro tipo de submedição é referente ao desgaste do hidrômetro. Estudos realizados no laboratório da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) mostraram erro médio de 3,5% em sistema com 600 mil ligações e idade média do parque de hidrômetros de cinco anos.

Deve-se evitar também o superdimensionamento do hidrômetro. O ideal é que a faixa de utilização esteja entre  $Q_{min}$  e  $Q_{nom}$  na maioria do período de operação.

Na criação de um programa de substituição de hidrômetros, deve ser considerada não apenas a vida útil deles, mas também a análise do perfil de utilização e o volume medido.

#### Vazamentos

A detecção e a retirada de vazamentos são uma atividade fundamental para a redução efetiva das perdas reais de um sistema.

O controle ativo de vazamentos se opõe ao controle passivo, que é, basicamente, a atividade de reparar os vazamentos apenas quando estes se tornam visíveis. A metodologia mais utilizada no controle ativo de vazamentos é a pesquisa de vazamentos não visíveis, realizada através da escuta dos vazamentos (por geofones mecânicos ou eletrônicos e correlacionadores). Essa atividade reduz o tempo de vazamento, ou seja, quanto maior a frequência da pesquisa, maior será a taxa de vazão anual recuperada. Uma análise de custo-benefício pode definir a melhor frequência de pesquisa a ser realizada em cada área.

Desde o conhecimento da existência de um vazamento, o tempo gasto para sua efetiva localização e seu estancamento é um ponto chave do gerenciamento de perdas físicas. Entretanto, é importante assegurar que o reparo seja sempre bem realizado. Uma qualidade ruim do serviço fará com que haja uma reincidência do vazamento horas ou dias após a repressurização da rede de distribuição.

#### Detecção de vazamentos ocultos

A localização de vazamentos ocultos é uma das estratégias mais modernas disponíveis para combater as perdas dos sistemas de abastecimento de água. A redução de perdas reais diminui os custos de produção, pois propicia menor consumo de energia, de produtos químicos e outros insumos, utilizando as instalações existentes para a ampliação da oferta, sem expansão do sistema produtor e/ou distribuidor. No caso das perdas aparentes, sua redução permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador dos serviços.

O gerenciamento de pressões objetiva reduzi-las do sistema, diminuindo a duração de períodos de máximas, o que nem sempre é possível. A utilização de *loggers* de ruído e correlacionadores otimiza a localização de vazamentos ocultos, imperceptíveis a olho nu, possibilitando uma gestão integrada e eficiente das perdas de água distribuída.

Devido à complexidade de se encontrar vazamentos ocultos, e a dificuldade de localizá-los sem a definição dos pontos críticos, torna-se oneroso o trabalho de procura desses vazamentos sem o apoio de um programa específico. Dessa forma, a pesquisa de vazamentos ocultos tem como principal característica promover a localização exata e a manutenção do vazamento, ação esta praticamente impossível de ser realizada pelos métodos convencionais.

Dessa forma, evita-se desperdício de trabalho, pois quando não se tem a localização exata do vazamento, procura-se visualmente os pontos mais próximos, que nem sempre correspondem ao ponto crítico. Ademais, quando não se tem o local exato, promovem-se intervenções na malha viária e quebras na estrutura asfáltica, na maioria das vezes em áreas desnecessárias.

Com a implantação do trabalho da equipe de caça-vazamentos ocultos, busca-se uma identificação do ponto crítico para a possível intervenção. Através da utilização de equipamentos de última geração e de programas específicos para cada trecho a ser pesquisado, procura-se constituir uma manutenção mais rápida e objetiva, através da identificação exata do ponto crítico a ser trabalhado, evitando assim contratempos e custos prescindíveis.

Quando há um vazamento em uma tubulação, um ruído contínuo e de intensidade irregular é emitido pela abertura existente no tubo.

A localização de vazamentos é realizada em duas etapas:

- Mapeamento com os *loggers* de ruídos.
- Pesquisa de campo com geofonamento.

#### Mapeamento com os *loggers* de ruídos

Essa primeira etapa é planejada em função de uma área predeterminada. Com o auxílio dos mapas da rede de distribuição, instala-se em torno de trinta *loggers* em trechos com espaçamento médio de 60 m, permitindo cobrir diariamente uma extensão de aproximadamente 2,0 km de rede.

O *logger* deverá ser instalado em cavalete domiciliar durante o período diurno e permanecer instalado até o dia seguinte. O equipamento geralmente é programado para ligar automaticamente das 2h às 4h, horário considerado com menos interferências externas, como, por exemplo, trânsito de veículos e atividades residenciais. É durante esse período que o equipamento registra as leituras de ruído e, após análise dos dados, identifica ou não a suspeita do vazamento.

A coleta das informações é realizada pela equipe de campo utilizando o concentrador de dados dos *loggers*. Após essa etapa, eles já podem ser retirados dos pontos onde foram instalados e reinicializados, estando assim prontos para uma nova pesquisa (em locais com grande incidência de vazamentos, os *loggers* podem ficar instalados por períodos mais extensos). Nos pontos onde os *loggers* não acusaram vazamentos, não há necessidade de geofonamento, reduzindo dessa forma o trabalho do geofonador, que poderá dedicar-se à investigação dos pontos críticos.

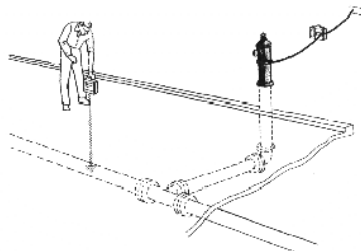
#### Pesquisa de campo com geofonamento

Após a identificação da área a ser pesquisada com a utilização dos *loggers* de ruídos, inicia-se o processo de varredura ao longo do trecho onde se detectou vazamentos. Inicialmente utiliza-se a haste de escuta, um equipamento que necessita de uma apurada acuidade auditiva, permitindo dessa forma diminuir ainda mais o trecho a ser pesquisado.

Após a análise com a haste de escuta, inicia-se a fase do geofonamento, onde a equipe define a localização do vazamento com uma taxa de acerto em torno de 99%.

A metodologia aplicada prevê que, nos pontos onde foram detectados vazamentos, sejam reinstalados os *loggers* após terem sido feitos os reparos, iniciando um novo ciclo de pesquisa para a verificação da incidência de outros vazamentos não localizados no primeiro ciclo. Resumidamente, a metodologia consiste nas seguintes etapas:

- Medir pressão na área pretendida para verificar condições mínimas de pesquisa e avaliar as formas de instalação.
- Instalação dos *loggers* por período de uma noite.
- Leitura dos *loggers* instalados na véspera e identificação dos pontos críticos.
- Varredura ao longo do quarteirão onde foi detectado o ponto crítico.
- Pesquisa com geofone eletrônico nos pontos críticos e locação dos vazamentos (vide Figura 4).
- Registro em relatório de campo e informe à equipe de manutenção sobre os vazamentos localizados.
- Após o reparo dos vazamentos, repetir os procedimentos anteriores, tantas vezes quanto forem necessárias, até a extinção dos vazamentos.



**Figura 4 – Localização de vazamentos.**

Apesar dos filtros, podem ocorrer interferências de outros ruídos que o *logger* pode identificar como vazamento. Essas interferências geralmente são provocadas por chuva muito intensa ou consumo contínuo no horário em que o equipamento está ativo, bem como por obstruções na rede ou nos ramais, por registros de manobra parcialmente fechados, por motores, refrigeradores, compressores e aparelhos de ar-condicionado.

Sugere-se realizar os trabalhos em setores que possuem medição de vazão, preferencialmente com históricos de registros.

#### Combate a fraudes

As fraudes, na maioria dos casos, são a principal causa de perdas de um sistema. Para reduzi-las, existem dois tipos de ações: prevenção e contenção.

#### Prevenção

São as ações com utilização de equipamentos e materiais que por si só mitigam ou dificultam a disseminação de fraudes ou ligações clandestinas. Entre as principais estão:

- Utilização de caixas de hidrômetros reforçadas e lacradas.
- Utilização de dispositivos no cavalete que dificultem sua manipulação, como, por exemplo, junções especiais que necessitem de ferramentas próprias para desinstalação (roscas em falso, que só operam em um sentido).
- Cápsulas para suspensão do fornecimento de água (Chibágua – vide Figura 5). Estudo prático na Cagece, durante período de oito meses no ano de 2007, envolveu 9.188 ligações cortadas pelo método convencional, por irregularidades ou débito dentro de um setor, revelando que 3.231 foram religados (35%). Nessas 3.231 ligações, foi utilizado o corte por cápsula e a quantidade de religações foi reduzida para 3,9%.



- Lacs de reconhecida qualidade, preferencialmente em inox.
- Instalação de cavaletes sempre dentro de caixas, evitando sua demansitada exposição.



**Figura 5 – Chibáguas.**

Pamela

**Comment [2]:** Enviar figura com resolução acima de 300 dpi.

#### Contenção

São ações, principalmente de fiscalização, que objetivam identificar ligações fraudadas ou clandestinas. As mais utilizadas são:

- Inspeção regular de hidrômetros, cavaletes e possíveis desvios de ramais. A inspeção deve ser criteriosa e recomenda-se também a utilização de válvulas geradoras de golpe de aríete em conjunto com geofones, para a localização de *by-pass* (desvios).
- Verificação constante dos níveis de fraudes no balanço hídrico e intensificação dos serviços de inspeção nas áreas de maior possibilidade de ocorrência.
- Aplicação de medidas severas quando da identificação de ligação fraudada.
- Acompanhamento intensificado próximo a áreas de invasão ou litígio.

#### Dados e informações

Gerir perdas com informações imprecisas ou em duplicidade (fontes distintas) conduz a diversos problemas e erros. Dentro do programa de combate a perdas, deve existir um projeto que garanta parâmetros mínimos de precisão e confiabilidade aos dados e informações. Para isso, deve-se acompanhar a idade média do parque de hidrômetros, tornar a macromedição adequada e atualizada, além de manter sistemas de informações (telemetria, *softwares*, bancos de dados) isentos de falhas e imprecisões.

#### Controle operacional

O manejo hidráulico de um sistema é fundamental para o controle de perdas. Altas pressões desnecessárias são grandes causas de altas perdas. Deve-se equalizar o sistema de forma que toda a rede de distribuição seja atendida com a pressão mínima necessária e o restante dela opere com a menor pressão possível.

#### Acompanhamento dos resultados

Os indicadores de perdas e suas análises devem ser divulgados mensalmente. Sugere-se a realização de reuniões mensais entre os envolvidos com perdas para acompanhamento dos resultados e levantamento de novas necessidades. No mínimo uma vez ao ano deve-se realizar um encontro com a direção do prestador de serviços para divulgar os avanços e demonstrar as demandas do programa.

#### Balanço hídrico

O modelo aqui apresentado foi derivado do balanço hídrico da IWA, com o diferencial de apresentar mais componentes e maior nível de detalhamento.

No figura 6 é demonstrado o balanço hídrico detalhado, desenvolvido para atender aos propósitos e às particularidades da Cagece. A utilização da esquerda para a direita dá uma

visão das perdas reais na distribuição. A utilização da direita para a esquerda permite uma análise das perdas comerciais ou de faturamento. Na primeira linha, o volume de água faturado não consumido deverá ser utilizado apenas para a análise comercial, pois, apesar de se tratar de um volume virtual, é faturado quando a empresa adota o volume mínimo de faturamento (geralmente 10 m<sup>3</sup>).

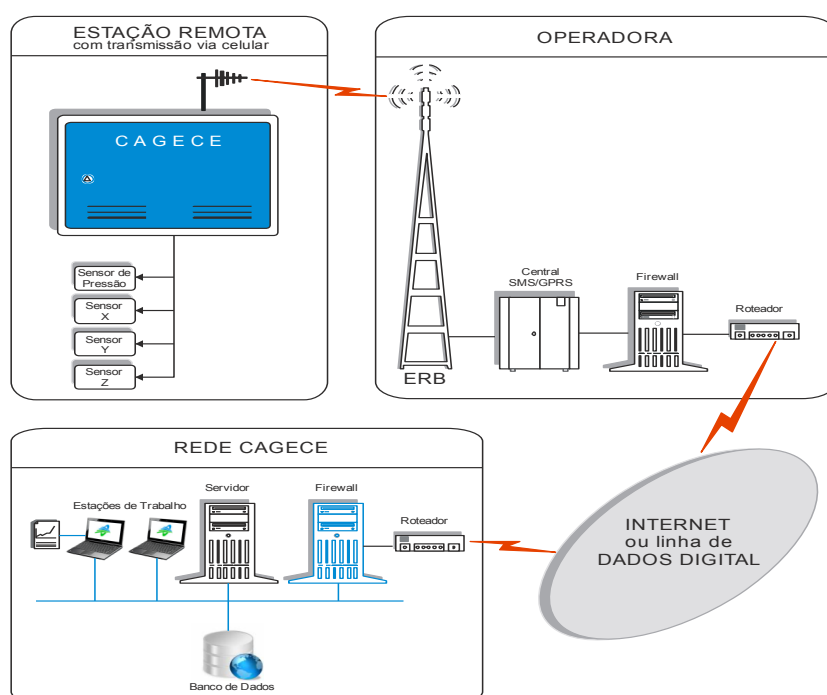
				Volume de Água Faturado Não Consumido	21,186,958 9.6%		
				Consumo de Ligações Hidrometradas	128,963,764 58.43%	Volume de Água Faturada 151,157,787 68.48%	
				Recup. Cons. Elevado + Rec. Erro Leitura	191,418 0.09%		
				Venda de Água em Carro-Pipa	0 0.0%		
				Volume Recuperado de Fraude	769,023 0.35%		
			Volume de Água de Consumo Autorizado Faturado 129,970,829 58.89%	Volume Faturado Não Medido 815,647 0.37%	Ligações Não Hidrometradas	46,624 0.02%	
			Volume de Água Consumo Autorizado 132,388,206 59.98%	Volume de Água Não Faturado Medido 1,374,177 0.62%	Imóveis Isentos de Faturamento	216,622 0.1%	
			Volume de Água de Consumo Autorizado Não Faturado 2,417,377 1.1%	Volume de Água Não Faturado Não Medido 1,043,200 0.47%	Volume Dispensado por Consumo Excessivo	374,522 0.17%	
					Consumo das Unidades Próprias da Cagece	760,932 0.34%	
					Conjuntos Sociais	22,101 0.01%	
					Retirada de Água dos Hidrantes Pelo Corpo de Bombeiros	72,040 0.03%	
			Volume de Água Não Autorizado 44,819,174 20.31%	Volume de Perdas por Inexistência ou Erros de Medição 9,278,955 4.2%	Consumo Operacional	Descargas de Limpeza	22,072 0.01%
						Esvaziamento de Redes	441,437 0.2%
						Limpeza de reservatórios	507,652 0.23%
			Volume de Perdas Reais 34,231,930 15.51%	Volume de Perdas por Inexistência ou Erros de Medição 9,278,955 4.2%	Fraudes em Ligações Factíveis / Potenciais	Fraudes em Ligações Inativas	3,507,694 1.59%
						Fraudes em Ligações Ativas nos Hidrômetros	11,566,410 5.24%
						Fraudes em Ligações Ativas nos Hidrômetros	9,290,360 4.21%
						By-Pass em Ligações Ativas	9,310,036 4.22%
						Ramal Clandestino em Ligações Ativas	11,144,675 5.05%
						Submedição Fabricação dos Hidrômetros	1,005,252 0.46%
						Desgaste Vida Útil dos Hidrômetros	7,314,910 3.31%
						Superdimensionamento dos Hidrômetros	879,595 0.4%
						Subestimação Ligações Não Hidrometradas	79,198 0.04%
						Volume de Perdas Reais 34,231,930 15.51%	Volume de Perdas por Inexistência ou Erros de Medição 9,278,955 4.2%
			Vazamentos Detectáveis	5,250,355 2.38%			
			Vazamentos Inerentes	561,466 0.25%			
			Vazamentos Visíveis em Ramais	8,396,130 3.8%			
			Volume de Perdas Reais 34,231,930 15.51%	Volume de Perdas por Inexistência ou Erros de Medição 9,278,955 4.2%	Vazamentos não Visíveis em Ramais	Vazamentos Detectáveis	4,768,051 2.16%
						Vazamentos Inerentes	3,008,457 1.36%
						Extravasamentos em Reservatórios	220,718 0.1%
Volume Produzido 220,718,266 100.0%	Volume Distribuído 218,831,629 99.15%	Volume de Perdas de Água 88,330,059 40.02%  (IPD)				Volume de Água Não Faturada 90,747,437 31.52%  (IANF)	

				Vazamentos e Extravazamentos em Reservatórios	441,437	0.2%	
				Vazamentos em Elementos da Estrutura	110,359	0.05%	
				Vazamentos em Acessórios dos Reservatórios	110,359	0.05%	
				Perdas no Sistema Distribuidor	1,886,637	0.85%	

**Figura 6 – Balanço Hídrico Fortaleza**  
Sistema de monitoramento de pressões

A implantação de estações piezométricas remotas permite ganho substancial em procedimentos operacionais, de forma que as perdas de distribuição tendem a cair à medida que o operador equalize as pressões do sistema de acordo com a real necessidade, evitando pressões elevadas que geram vazamentos por toda a rede atendida. O volume antes perdido se converte em maior reserva hídrica dos mananciais, garantindo reserva estratégica para o abastecimento, além de preservar os recursos hídricos e o meio ambiente. As estações piezométricas permitem ainda conhecimento sempre atual das pressões em pontos estratégicos (críticos) das redes, possibilitando a otimização operacional em relação ao abastecimento, assim como auxilia ações de ampliação da rede, além de oferecer subsídios à manutenção da pressão mínima em pontos críticos, de 10 mca.

A arquitetura do sistema de estações piezométricas remotas é mostrada na Figura 7:



**Figura 7 – Arquitetura do sistema.**

Nesse sistema, a transmissão de dados é realizada por meio de telefonia móvel digital (celular) com tecnologia GPRS ou 3G. O GPRS permite a transmissão de dados através de blocos e tem como principal vantagem a possibilidade de custeio através do volume de dados transmitidos. Como o sistema telemétrico utiliza baixíssimos volumes, o custo de operação tende a ser reduzido.

As mensagens ou transmissões GPRS são enviadas à Estação Rádio Base (ERB) mais próxima de cada estação telemétrica e chegam até a central GPRS da operadora de telefonia. Nessa central, as mensagens são identificadas e redirecionadas a um computador (servidor) da estação central através da internet. Nesse computador, um *software* reconhece e processa as mensagens, atualizando o banco de dados e disponibilizando assim os dados telemétricos para futuras interpretações. Para o funcionamento do sistema são necessários:

- Convênio entre a operadora de telefonia móvel e a central para envio de dados.
- Computador com endereço IP fixo conectado à internet e disponível 24 horas por dia.
- Acesso via rede local entre o computador que processa as mensagens e o banco de dados.
- Cobertura do serviço de telefonia móvel no local de instalação da estação telemétrica.

Os diversos componentes do sistema de aquisição de dados devem ser montados em uma caixa metálica com grau de proteção IP65 e fechadura de aço, permitindo que o sistema possa ser instalado ao tempo (vide Figura 17.12).

A alimentação é AC (ligado direto na rede elétrica) ou 9, 12 ou 24VCC (de acordo com a bateria a ser utilizada), a ser selecionado pela conveniência. No caso de utilização de baterias, a duração mínima de cada sistema, sem recarga, deverá ser de trinta dias.

São utilizados dispositivos de acordo com as necessidades de cada Estação Remota, podendo ser instalados sensores de nível, de vazão, pressão ou qualquer outro que venha a ser necessário. Os sensores poderão ter sua saída analógica ou digital.

Um *software* elaborado em linguagem de alto nível é responsável pelo recebimento e processamento das mensagens e atualização automática do banco de dados. Esse aplicativo também permite o cadastramento de estações, sensores, captações etc., conforme modelagem do banco de dados.

Como última função, esse *software* disponibiliza os dados em forma de arquivo texto em um endereço FTP para possibilitar o acesso aos dados via internet.

As caixas com os sistemas de telemetria são montadas em paredes, embutidas ou destacadas, conforme disposições locais.

## RESULTADOS

Com a geração do balanço hídrico, 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. Na CAGECE foi elaborado um sistema (SISCOPE) onde após a seleção do período do intervalo de dados e universo (abrangência) a ser pesquisado, o balanço hídrico é demonstrado automaticamente, buscando os dados nos sistemas-base em tempo real e apresenta o balanço com grande grau de detalhamento.

No tocante à produtividade, com a redução de perdas, deixou de ser utilizada no processo de tratamento grande quantidade de produtos químicos, água bruta e energia elétrica, gerando redução de despesas superior a R\$ 60 milhões em três anos, tomando como base os patamares iniciais dos principais indicadores de perdas.

Em relação aos indicadores de desempenho, obteve-se já no primeiro ano de utilização da referida metodologia o melhor resultado histórico da companhia, desde que o acompanhamento do IANF foi introduzido. Os dados parciais referentes ao segundo ano também apresentaram melhora significativa na eficiência dos sistemas de distribuição e nos indicadores, o que também se repetiu nos períodos posteriores.

A aplicação da metodologia gerou em seu primeiro ano uma redução no IANF de 3,26%, acarretando ampla redução de despesas operacionais e de insumos, quantificando uma economia de R\$9.666.629,00. Em contrapartida, os investimentos diretos para a execução do projeto nesse período foram da ordem de R\$ 820 mil, inferior a 10% do retorno obtido.

O método apresentado se demonstrou uma ferramenta de extrema eficiência no controle e na redução de perdas da Cagece, fazendo com que esta venha registrando recordes

históricos sucessivos em sua eficiência. A Figura 8 demonstra a redução do IANF no período de dezembro de 2005 a março de 2008, quando foram executadas as principais ações de controle. A partir desse momento, foram aplicadas ações de manutenção, que mantiveram o IANF abaixo de 28%.

No âmbito de um projeto piloto, a Unidade de Negócios Metropolitana Leste (UNMTL) – Cagece foi pioneira na instalação de estações piezométricas (treze estações), com investimentos de R\$ 139 mil, hoje aplicado às demais UNs da empresa.

A mesma unidade, no prazo de um ano, reduziu suas pressões médias de 15 para 11 mca no período diurno, e de 15 para 7 mca no período noturno, com redução média geral de 5 mca. O volume atribuído a vazamentos antes da instalação das estações era de 540.583m<sup>3</sup>/mês.

Aplicando-se a fórmula da relação vazão x pressão (Golçalves e Lima, 2007), foi possível estimar o volume do vazamento final em função da redução de pressões, conforme descrito a seguir:

$Q_{final} = Q_{inicial} \times (p_{final} / p_{inicial})^{1,15}$ , onde:

$Q_{final}$  = Volume do vazamento final = 339.123 m<sup>3</sup>/mês.

$Q_{inicial}$  = Volume do vazamento inicial = 540.583m<sup>3</sup>/mês.

$p_{final}$  = Pressão final = 10mca.

$p_{inicial}$  = Pressão inicial = 15mca.

Com a redução de 201.460m<sup>3</sup>/mês, obteve uma economia de R\$ 215.562,00 /mês com a despesa de exploração (DEX) de R\$1,07/m<sup>3</sup>. Dessa forma, o *pay-back* simples é da ordem de 19,3 dias.

Mesmo que a redução de pressão fosse de apenas 1 mca, o *pay-back* seria de 94 dias.

Assim, o monitoramento de pressões da rede possibilitou:

- Retorno rápido do investimento, comprovando sua eficiência em ações de combate a perdas de água.
- Reduzir o volume perdido em vazamentos, economizando água e custos associados à sua produção e distribuição, além da redução da frequência de arrebentamentos de tubulações e consequentes danos cujos reparos são onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigos causados ao público usuário de ruas e estradas.
- Prover um serviço com pressões mais estabilizadas ao consumidor, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários (tubulações, registros e boias).
- Reduzir os consumos relacionados com a alta pressão da rede, como, por exemplo, a rega de jardins ou lavagem de calçadas com utilização de volumes além da necessidade.
- Otimizar a operação do sistema, de forma a subsidiar manobras, evitando falta de água em pontos críticos (baixa cota piezométrica).
- Subsidiar o dimensionamento de subsetores hidráulicamente confinadosm
- Orientar o projeto de novos sistemas de repressurização para atendimento de pontos críticos (*boosters*), sem que se pressurize as áreas de altas cotas piezométricasm

Considerando que o monitoramento ora realizado pela Cagece atende principalmente seu sistema macro, torna-se imprescindível o mínimo de controle em pontos críticos da rede, estrategicamente localizados. O ponto crítico é aquele, dentro da zona de pressão, onde se verifica a menor pressão dinâmica, isto é, o ponto mais elevado, o mais distante, ou a combinação de ambos. A instalação de uma rede de monitoramento mínima na rede subsidia o diagnóstico total do sistema, de forma que as manobras operacionais são otimizadas e as necessidades hidráulicas são identificadas de forma rápida e eficaz.

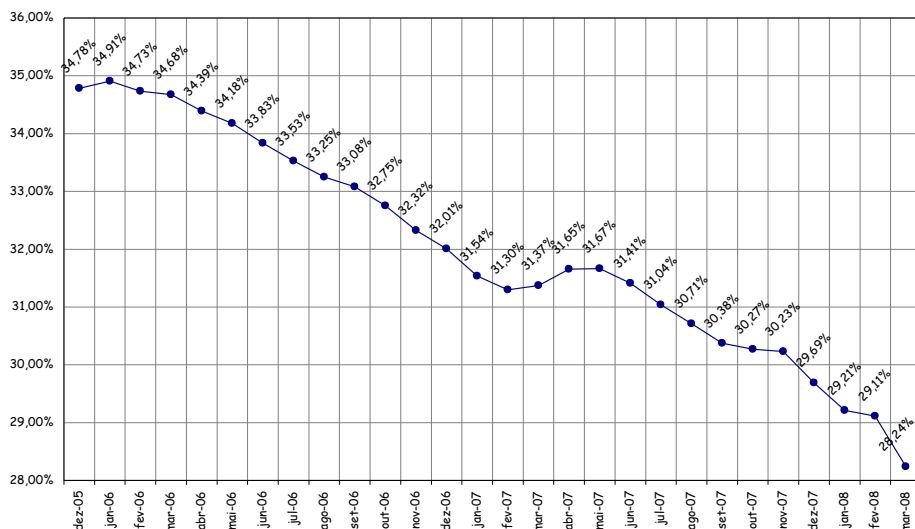


Figura 8 – Índice de água não faturada no Ceará.

Vazamentos ocultos - No Ceará, de junho de 2008 a junho de 2009, foram pesquisados 552.651m de rede de distribuição, compreendendo parte da extensão de rede das cidades de Quixadá, Juazeiro do Norte, Russas, Aracati (Canoa Quebrada), Tabuleiro do Norte, Crateús e Fortaleza. Na Figura 17.13 apresentam-se os resultados das ocorrências detectadas das referidas cidades.

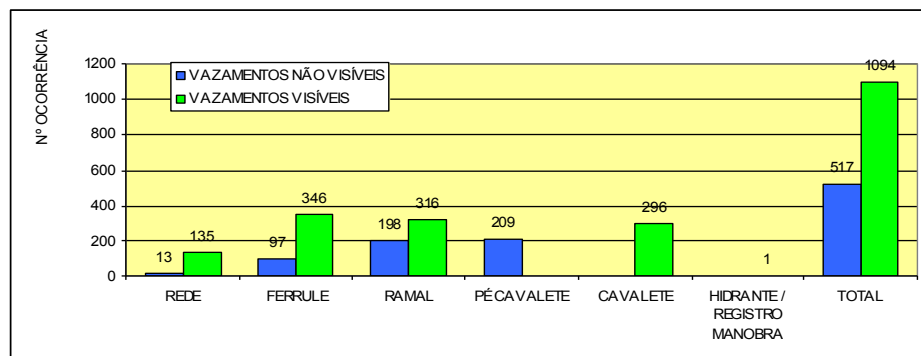
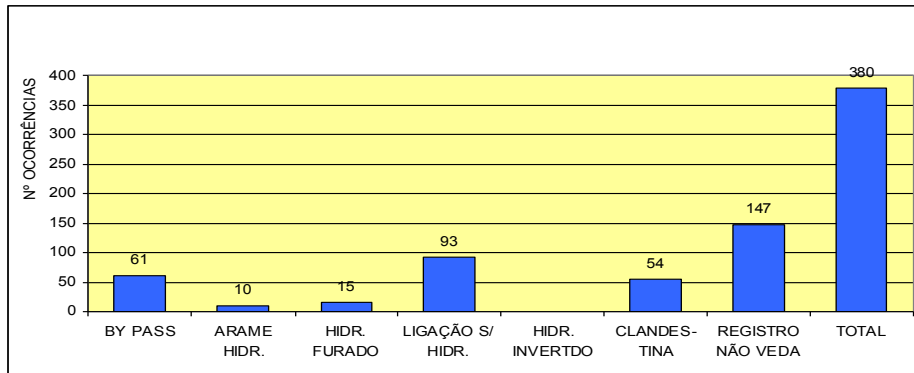


Figura 17.13 – Tipos de ocorrências de vazamentos.

Outro resultado da utilização da metodologia e equipamentos adotados no estudo da Cagece foi a localização de irregularidades que contribuem para o aumento das perdas aparentes, entre elas, as ligações sem hidrômetros, *by-pass*(s) e ligações clandestinas, conforme apresentado na Figura 17.14.

Pamela 23/3/13 13:46  
**Comment [3]:** a figura é o gráfico? Está ilegível, sugerimos enviar outra figura com resolução acima de 300 dpi.



**Figura 17.14 – Tipos de irregularidades detectadas.**

Pelas observações *in loco*, suspeita-se da existência de um número maior de irregularidades, mas para detectá-las seria necessária metodologia mais específica para esse tipo de serviço.

Com o trabalho de pesquisa e a detecção de vazamentos ocultos atual, estima-se a geração de economia nos sistemas operados pela Cagece da ordem de 6,6 milhões de reais por ano, divididos da seguinte maneira:

- Juazeiro do Norte: 4,2 milhões.
- Quixadá: 248 mil.
- Russas: 284 mil.
- Canoa Quebrada: 8 mil.
- Tabuleiro do Norte: 85mil.
- Crateús: 1,3 milhões.
- Fortaleza: 523 mil (somente três UNs)

## CONCLUSÃO

Em relação às pesquisa de vazamentos, Fortaleza apresentou baixo resultado financeiro em função da limitação da abrangência da pesquisa, além desse sistema apresentar reduzido índice de vazamentos por quilômetro de rede em relação às demais áreas pesquisadas. O trabalho desenvolvido conseguiu atingir seus objetivos, detectando vazamentos na área proposta, alcançando um índice de 2,92 vazamentos por quilômetro e comprovando a viabilidade da utilização dessa metodologia e dos equipamentos aplicados. Também se observou, além dos vazamentos não visíveis, grande número de vazamentos visíveis, o que traz ainda mais retorno ao procedimento adotado.

Comparando as perdas com a orientação IWA, observa-se que Fortaleza ainda está abaixo do ideal, principalmente devido à baixa pressão média na rede e relativamente reduzida extensão do sistema de distribuição.

Um exame dos resultados para as perdas aparentes mostra que Fortaleza precisa conseguir uma maior queda destas em relação às perdas reais. Esta diferença parece um pouco confusa no início, mas se explica devido ao baixo consumo per capta (155l/habitante/dia) e por conexão, além da baixa pressão média na rede (pelo fato de Fortaleza ser uma cidade com poucos acidentes geográficos e consideravelmente plana). Um menor consumo leva a um esforço mais elevado para o atingimento do nível de perdas ótimas aparentes, assim como uma menor pressão leva a um esforço menos elevado para o atingimento do nível de perdas ótimas reais.

Além da derivação de perdas reais e aparentes, o balanço hídrico detalhado produziu resultados que ajudaram a resolver questões específicas de interesse da CAGECE.

As estimativas brutas foram levantadas a partir do custo de investimento para a transição a partir do atual nível de perdas para o nível adequado. Os cálculos mostraram aumentos de receitas substanciais de redução de perdas aparentes. Custos operacionais geralmente não

declinaram com a redução de custos variáveis de produção, parcialmente compensada pelo aumento da perda de controle de custos. Os períodos de recuperação foram da ordem de 4 anos, que é muito atraente financeiramente. Estes resultados financeiros foram úteis para os gestores de controle de perdas a obter a aprovação e financiamento para investimentos específicos de redução de perdas.

É importante que a terminologia e os indicadores sejam consistentes com a prática no país. Também um estudo cuidadoso do balanço hídrico é importante para ter certeza de que nuances situacionais não sejam ignoradas.

As ações mostraram que:

- Criou-se incentivos para reunir e organizar dados diversos
- Deriva uma meta personalizada, que detém mais credibilidade que outras estimativas gerais.
- Dirime mitos ou palpites realizados pela administração sobre metas de perdas.
- Pode especificar o intervalo de confiança associado à meta.
- Mostra o retorno financeiro global em investimentos de redução de perdas, o que reforça o argumento de dotações orçamentárias ou de financiamento.
- Pode ajudar a traçar objetivos e planejamentos de concessionárias, assim como referentes a ampliações ou reforços de redes.
- Se for aplicado em diferentes locais, pode mostrar onde estão os maiores problemas e onde o retorno financeiro é mais elevado.
- Define o cenário para um programa racional de redução de perdas.

## RECOMENDAÇÕES

1. Um balanço hídrico preciso é necessário para se alcançar um bom resultado. Isso fará com que os resultados apareçam, focando a atenção sobre as perdas mais relevantes.
2. A análise matricial de perdas de água da IWA é adequada para uma análise preliminar de indicação das metas
3. Enquanto o modelo tem utilidade considerável, também tem limitações. O modelo pode ajudar um usuário a fixar metas mais precisas para ANF e perdas reais e aparentes, em comparação com orientação IWA existente. Mas, ele não indica exatamente como agir para a redução dessas perdas. O uso do modelo em diferentes locais pode dizer onde o "problema" é maior, mas avaliações mais detalhadas serão necessárias para conhecer o curso exato de ação corretiva. Pode dar uma estimativa da atratividade financeira de investimentos em redução de ANF, mas não especifica os detalhes desse plano de investimentos. Pode dizer-lhe se perdas aparentes ou reais são um problema maior ou menor, na medida em que balanço hídrico é preciso, mas não avalia os méritos relativos de gestão de pressão versus substituição, por exemplo. Assim, esta ferramenta precisa ser combinada com outras ferramentas e conhecimentos.
4. A CAGECE deverá realizar uma série de atividades para reduzir as perdas. Essas ações incluem programas para:
  - Começar o desenvolvimento de DMCs em Fortaleza. Devido ao elevado custo da implantação de cada DMC, os mesmos terão cerca de 15.000 ligações nesta primeira fase e futuramente ter cerca de 5000 ligações. A CAGECE acaba de receber financiamento para o projeto executivo.
  - Busca de financiamento para as atividades de redução de ANF e outros, incluindo a construção de DMCs em outras cidades, a reabilitação da rede em áreas selecionadas e um programa de substituição de medidores(já concebido um plano decenal de manutenção da idade média abaixo de 3 anos), equipamentos adicionais de monitoramento de rede, reforço das equipes de combate a fraudes e vazamentos(já em andamento).
  - Luta contra a fraude através de ligações provisórias. A CAGECE não pode legalmente fornecer ligações de água "oficiais" para os ocupantes ilegais em áreas de invasão. No entanto, essas pessoas consomem água sem nenhum custo considerável. A CAGECE vai investigar a possibilidade de fornecer ligações provisórias.
  - Realizar uma análise especial para desenvolver um modelo de custos e benefícios de redução e controle de furto de água para determinar um nível "ótimo" de ligações



clandestinas. Coletar dados de outras concessionárias e avaliar os custos de opções. Desenvolver uma curva de custo do programa que permitiria a determinação do programa ideal, as despesas ótimas e o nível “ótimo” de ligações clandestinas.

- Aplicação do balanço hídrico ao nível dos DMCs em Fortaleza para identificar aquelas áreas que estão mais afastadas do ideal, objetivando priorizar ações.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ENOPS ENGENHARIA. *Relatório anual*: diretoria de operações Cagece – 2007/2008..
2. EUROPEAN WATER NEWS; Crisis if Water Loss is not Resolved – 28/10/2008.
3. GONÇALVES, E.; ALVIM, Paulo R. A. *Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis*. Brasília, DF: PNCDA/ Ministério das Cidades, 2007.
4. GONÇALVES, E.; LIMA, C. V. *Controle de pressões e operação de válvulas reguladoras de pressão*. v. 4: Técnicas de Operação em Sistemas de Abastecimento de Água. Brasília, DF: PNCDA; Ministério das Cidades, 2007.
5. PINTO, LUIZ C. B. e outros; Relatório Anual de Gestão – Diretoria de Operações Cagece – 2009/2010.