

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

I-019 - GESTÃO DE UM PARQUE DE MEDIDORES DE ÁGUA PROCEDIMENTOS E AÇÕES

Milton J. Nielsen⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico graduado em 1967 pela Universidade Federal do Paraná. Engenheiro da Sanepar há 31 anos. Desde 1995 atua no Grupo Específico de Consultoria Intercâmbio e Pesquisa – Sanepar. Nos últimos 7 anos desenvolve Experimentações e Estudos para Gestão do Parque de Medidores de Água.

Juarez Trevisan⁽²⁾

Economista e administrador de empresas pela Faculdade de Administração e Economia/FAE. Atualmente desenvolve suas atividades na área de medição da Unidade de Receita de Grandes Clientes, Sanepar.

Airton Bonato⁽³⁾

Engenheiro Operacional graduado em 1982 pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Coordena trabalhos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico na Unidade de Serviços de Medidores de Vazão da Sanepar.

Marlene Alves de Campos Sachet⁽⁴⁾

Bacharel em Estatística graduada em 1999 pela Universidade Federal do Paraná. Pós graduada em Administração de Empresa pela Faculdade de Administração e Economia - Centro de Desenvolvimento Empresarial - FAE/CDE em 2000, gestora da qualidade pela PUC/PR. Trabalha na Sanepar há 19 anos tendo atuado nas áreas de informática e suprimentos. Atualmente desempenha suas atividades no Grupo Específico de Consultoria Intercâmbio e Pesquisa - Sanepar como Pesquisadora.

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiros Rebouças, 1376 –Rebouças - Curitiba - PR - CEP: 80215-900 - Brasil - Tel.: (41) 330-3384

 mnielsen@SANEPAR.pr.gov.br

RESUMO

O presente artigo aborda o tema da Gestão de Parques de Medidores de Água, apresentando a experiência da Sanepar, considerando as principais variáveis e aspectos capazes de influir significativamente no funcionamento de um processo de gestão de um parque de medidores de água. Rotinas logísticas relativas ao fluxo dos medidores de água entre as unidades operacionais da empresa não são preocupação deste artigo. O presente trabalho procura apontar essas variáveis e aspectos, enumerando atividades relativas aos objetivos principais da gestão de um parque de medidores – elevado índice de rendimento da medição, redução das perdas de água aparentes ou não físicas, relação custo benefício vantajosa, etc. Aspectos assim como: o desenvolvimento de estratégias de medição, as experimentações, elaboração de regras e critérios para seleção e dimensionamento, implantação de controle planejado dos medidores em serviço, desenvolvimento e aplicação de regras de manutenção, aquisição criteriosa de medidores, determinação do ciclo de vida útil e de custo mínimo dos equipamentos e vigília tecnológica. Indica também pontos de fundamental importância que o gestor não pode prescindir para conduzir sua administração, como os fatores dos quais depende o rendimento da medição, e os parâmetros básicos para se alcançar a modelação econômica ótima. O artigo discorre também sobre um tópico essencial para o sucesso ou fracasso do desempenho do parque de medidores: as causas principais do desgaste e envelhecimento dos equipamentos em serviço, apresentando um estudo de caso bastante ilustrativo realizado na Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Apresenta, ainda, o conjunto de informações técnicas necessárias para uma correta gestão, como o inventário dos medidores em uso no parque, os perfis e histogramas de consumo típicos dos usuários, as curvas características de erros dos medidores novos e usados, o histórico de ocorrências de anormalidades no ambiente de aplicação dos equipamentos. Informa –se com ênfase que os dados específicos, gráficos

e outras informações e afirmações apresentadas, como ilustração ou exemplos, são válidos somente para a Sanepar. Portanto aconselha-se que cada Sistema de Abastecimento de Água faça os seus próprios experimentos e estudos e obtenha as informações específicas para a sua própria gestão de seu parque de medidores de água.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de parque de medidores, medidores de água, rendimento da medição de água, perfis de consumo.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a Cia. de Saneamento do Paraná - Sanepar possui um parque de medidores de água composto de cerca de 2.100.000 unidades instaladas, equivalente a um patrimônio da ordem de R\$ 75.000.000,00 ou US\$ 25.000.000,00.

O faturamento da Sanepar no ano de 2003, relativo a água medida por esses medidores, foi da ordem de R\$ 1.000.000.000,00.

No final do ano de 2003, o rendimento estimado da medição efetuada por este parque de medidores era da ordem de 80%.

Portanto a relação entre o faturamento anual e o rendimento da medição é da ordem de R\$ 12.500.000,00 por 1 % (um ponto percentual) por ano.

Isto significa que basicamente para cada 1% de aumento no rendimento da medição do parque de medidores da empresa, implica diretamente num aumento da ordem de R\$ 12.500.000,00 no seu faturamento anual, o que revela a importância da boa gestão de seu parque de medidores e a viabilidade da atualização do mesmo.

No ano de 1997 o rendimento estimado da medição de água efetuada por este mesmo parque de medidores era inferior a 60%.

Tal melhoria do rendimento da medição tem sido possível devido a uma gestão eficaz do mesmo, composta por um conjunto de procedimentos e ações desenvolvidas conforme planejamentos anuais e com uma visão sistêmica orientadas para se alcançar metas de médio prazo previamente estabelecidas em conformidade com a forma de consumo dos usuários e a tecnologia de medição de água disponível .

A meta principal para 2004 é consolidar este nível de 80% de rendimento da medição e evoluir para alcançar a meta de 82 %.

A próxima meta de médio prazo ou para 2007 / 2008 é de um rendimento da medição de água consolidado da ordem de 90% ou mais. A seguir apresenta-se a tabela 1 contendo um resumo de planejamento estratégico, realizado no final do ano 2000, para redução de perdas de água; e com ênfase no aumento do rendimento da medição para o parque de medidores de água da Sanepar.

Tabela 1: Resumo do planejamento estratégico para redução das perdas de água .

Perda total de água em 2000	38%	a	42%	
		40%		do Volume Produzido de água tratada
		(=) a 100%		da perda total, que é igual a
Perdas não físicas (55 a 65)%	60%	(+)	40%	Perdas físicas (35 a 45) %
	(=)		(=)	
	40% x 0,6		40% x 0,4	
	(=)		(=)	
	24 p. %	(+)	16 p. %	(=) 40 % do Volume Produzido de água tratada
portanto, o rendimento da micro medição				
~ 71,5 %				
plano de redução das perdas em 50% dos valores atuais em 5 anos (de 2001 a 2005) (*)				
portanto, se				(*) vigília tecnológica p / 2006 - 2010
Perdas não físicas	12%	e	8%	Perdas físicas
		ou		
Perda total	-2005		~ 20 %	
portanto, o rendimento da micro medição deve evoluir para				
~ 87%				
Novo plano de redução das perdas em mais ~ 50% sobre os valores projetados para 2005 (de 2006 a 2010) portanto se,				
Perdas não físicas	6 a 8 %	e	4 a 6%	Perdas físicas
		ou		
Perda total	-2010		~ 10 a 14 %	< ou = a 14 % - valor de referência AWWA
				como nível de perda total "aceitável / tolerável"
portanto, o rendimento da micro medição deve evoluir para				
~ 94 %				

Fonte: Gecip/USMV/Sanepar

Nota: Ênfase para o aumento do rendimento da medição do parque de medidores de água

A gestão do parque de medidores de água da Sanepar é suportada por alguns pilares principais dos quais destacam-se a definição de estratégias de medição e experimentações com os próprios medidores de água.

O rendimento da medição é o resultado da relação entre as somatórias dos volumes medidos pela somatória dos volumes de água realmente fornecida aos usuários.

OBJETIVOS E METAS

Inicialmente, é necessário fazer considerações quanto as perdas de água, que na Sanepar, nos anos 1996 e 1997 eram estimadas em 47 % (índice de perdas de 12 meses).

Atualmente a Sanepar, também usa outros indicadores de perda de água, como os propostos pela IWA.

Mas considerando que, como regra geral, os sistemas de abastecimento de água operados pela Sanepar funcionam normalmente durante todo o ano; para apresentação dos objetivos e metas usa-se a seguir os índices de perdas percentuais.

O índice de 47 % de perdas de água por si somente indicava a necessidade de providencias concretas para a redução do mesmo; e como passo preliminar foi necessária a decomposição deste indicador e uma análise.

Portanto, a decomposição das perdas se fez da forma clássica em duas categorias ou partes principais, a saber; as perdas físicas e não físicas e suas respectivas subdivisões ou partes, conforme a figura 1: Análise de Perdas de Água, a seguir.

Inicialmente foram feitas hipóteses, baseadas na experiência e dados existentes, para a atribuição de valores (%) às partes componentes das perdas.

Em seguida, foi feita seleção de uma zona de abastecimento em Curitiba, e o estudo da sua perda de água e de suas respectivas partes.

Confirmou-se a hipótese de que a parte mais expressiva relativa às perdas físicas eram os vazamentos e quanto às perdas não físicas os erros de medição da água fornecida aos usuários representam a parcela mais significativa.

Também, a análise das perdas, considerando os custos e os benefícios, indicavam os vazamentos e erros de medição como as partes das perdas mais importantes e prioritárias para as providências de combate e controle das perdas.

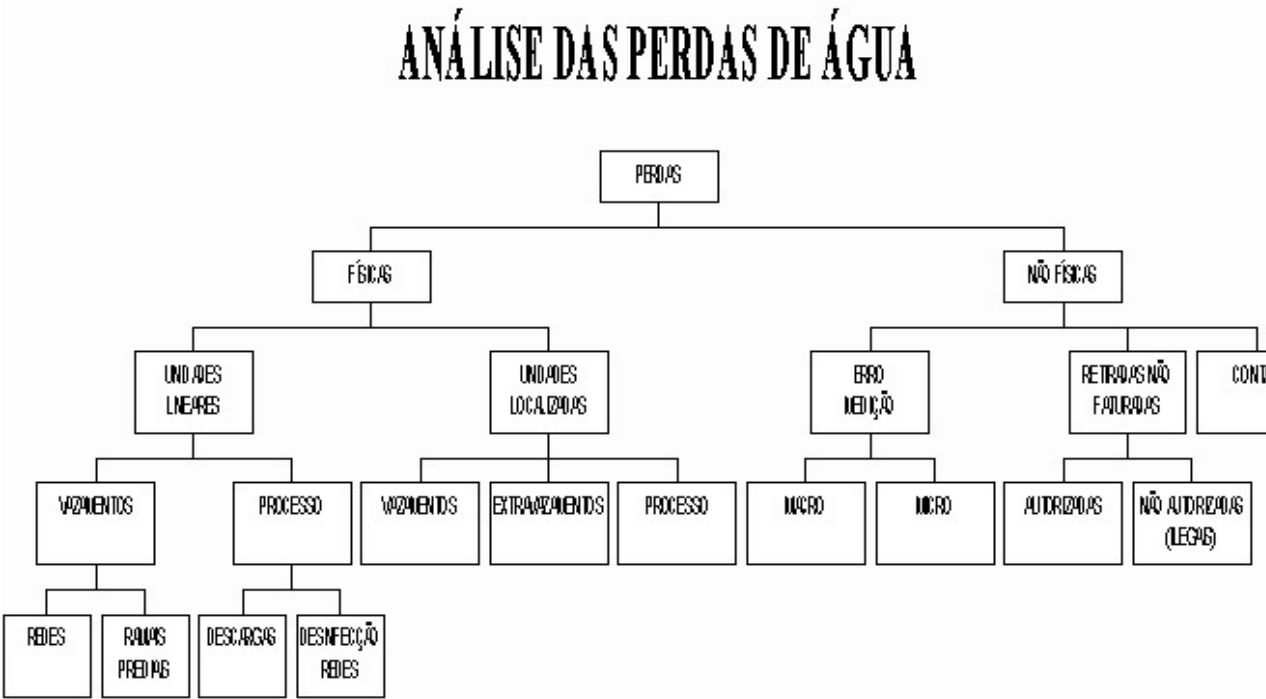
Ao longo do tempo, os dados obtidos durante as ações de combate e controle das perdas foram subsídios fundamentais para que as novas hipóteses feitas periodicamente fossem cada vez mais acertadas, possibilitando formulações de planejamento estratégico, como as elaboradas no final de 2000.

Esta formulação estratégica indicava que o rendimento da medição da água fornecida aos usuários era estimado em 71,5 % no final do ano 2000 e estabeleceu como metas - o rendimento de medição da água fornecida aos usuários estimado de 87% para o final do ano de 2005.

Estimativa feita como limite possível e viável pelo uso de medidores velocimétricos relativos à tecnologia disponível e às tarifas e condições de consumo dos usuários da Sanepar no ano de 2000 - o rendimento de medição da água fornecida aos usuários estimado de 94 % para o final do ano de 2010.

Estimativa feita como limite possível e viável pelo uso de medidores velocimétricos e volumétricos relativos à tecnologia disponível e às tarifas e condições de consumo dos usuários da Sanepar no ano de 2000.

Figura 1 Análise de Perdas de Água.



Fonte: Sanepar

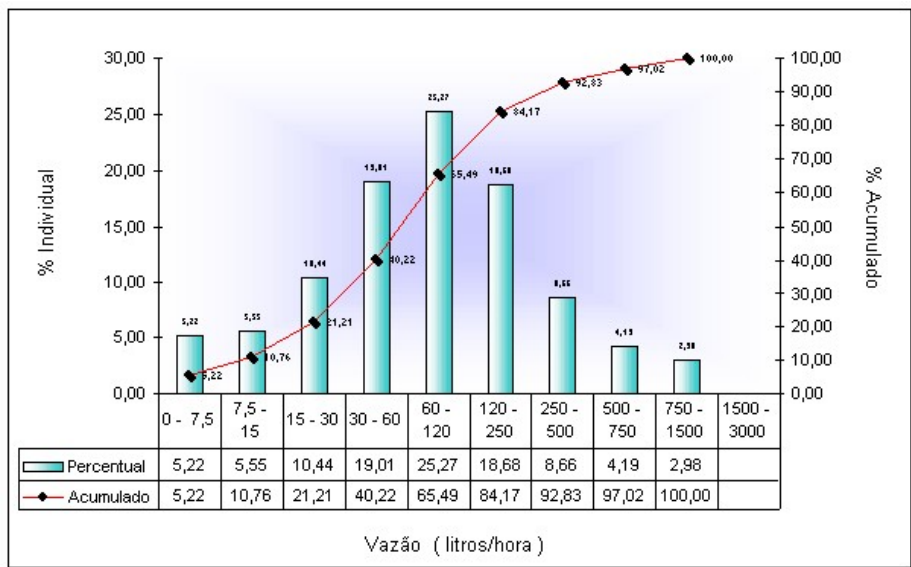
Generalidades

Mais de 95% dos usuários da Sanepar são as residências unifamiliares onde as condições predominantes de abastecimento são as de abastecimento indireto e misto, por causa do uso de reservatórios ou caixas de água equipadas com torneiras de bóia instaladas no teto das mesmas residências.

Esta situação induz a ocorrência freqüente de baixas ou de pequenas vazões, o que fica evidente quando dos levantamentos de perfis de consumo, a partir dos quais pode-se construir histogramas de consumo que também mostram a ocorrência acentuada das pequenas vazões. Ver figura 2.

Figura 2 – Histograma de Faixas de Vazões x Média Percentual de Consumo

- Tipo "Experimental 1P"



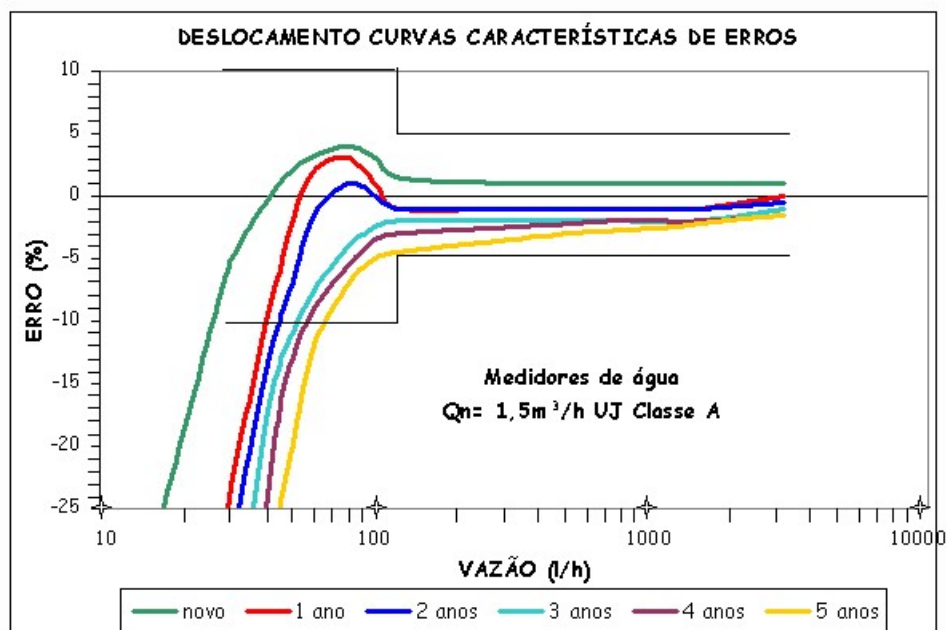
Fonte:Gecip/DMA/Sanepar

Até o final do ano de 1997 as ligações de água domiciliares eram quase todas equipadas com medidores de água Qn = 1,5 m³/h, Unijato classe metrológica.

A Experimentações executadas com estes medidores revelaram que a sua curva característica dos erros sofria deslocamento ao longo tempo de uso ou envelhecimento e consequentemente aumentando continuamente a sua vazão de início de funcionamento.

Também constatou-se que a única regra de manutenção existente era de natureza corretiva, ou seja, os medidores eram trocados somente quando fossem encontrados parados ou quebrados. Ver figura 3.

Figura 3 – Deslocamento de Curvas Características de Erros Qn = 1,5 m³/h UJ cl. A



Fonte: Gecip/USMV- Sanepar/2002

Esta instabilidade das curvas características dos erros dos medidores $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, Unijato classe metrológica A, até então (1997) existentes ajudou a explicar a evolução decrescente do rendimento da medição ao longo do tempo que vinha acontecendo com o parque de medidores da Sanepar, implicando na redução do volume faturado ao longo do tempo, relativa ao tamanho do mesmo parque.

Ficou evidente a necessidade de que os novos medidores que viessem a ser adquiridos, quer para novas ligações ou para substituir os medidores existentes, fossem compatíveis com os perfis e histogramas de consumo e que suas características metrológicas fossem estáveis ou quase estáveis ao longo do tempo e com a possibilidade de aumento do ciclo de vida útil dos mesmos.

O objetivo principal seria alterar a evolução decrescente do rendimento da medição; inicialmente para uma condição temporariamente estável e em seguida para uma condição de evolução crescente do rendimento da medição. Para tanto, além de equipar as novas ligações com estes novos medidores, também seria necessário um plano para a reabilitação do parque de medidores existentes (aproximadamente 1.750.000 medidores de água em 1997).

PRINCIPAIS PROCEDIMENTOS E AÇÕES

1. Experimentais

1.1. Conhecer como os usuários consomem a água e como são abastecidos

Fazer levantamentos de perfis de consumo e fazer histogramas individuais e tipos, por faixas de vazões e % de consumo, utilizando "data loggers"

Fazer histogramas de Intensidade, Frequência e Duração das vazões medidas pelos medidores de água.

1.2. Conhecer a evolução das curvas características de erros dos medidores de água instalados e dos novos

Através de projetos estatísticos de amostragem e de experimentos e mais ensaios de laboratório e de campo e de outros procedimentos experimentais pode-se estudar e avaliar o comportamento ou o envelhecimento dos medidores de água para verificar o desempenho, a estabilidade metrológica ou a evolução e deslocamento das curvas características dos medidores ao longo do tempo de uso e estabelecer comparações entre eles.

1.3. Estabelecer as curvas chaves de rendimento da medição

O rendimento de uma medição é obtido pela razão entre o volume registrado pelo medidor e o volume fornecido efetivamente ao usuário relativo a um determinado período de tempo. O valor desta razão multiplicado por 100 permite a expressar o rendimento percentual.

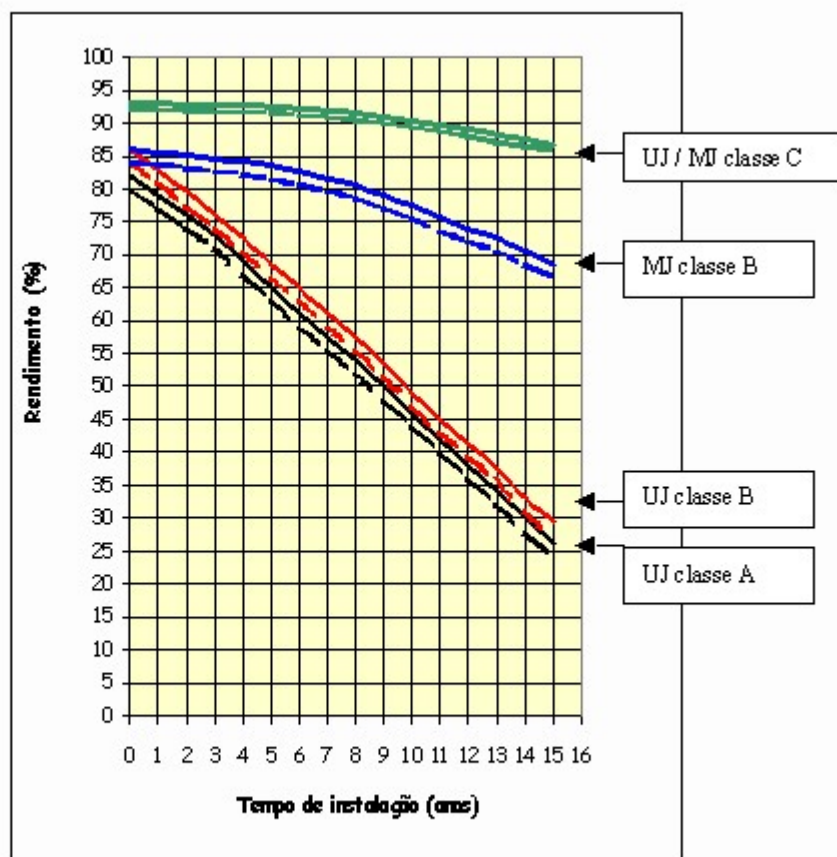
Também, combinando as informações fornecidas por um histograma de consumo (tipo ou individual) e as curvas características de erros, pode-se fazer um cálculo ponderado dos erros para os percentuais de ocorrência das vazões ou faixas de vazões e respectivos erros de medição provenientes das curvas características dos erros de um medidor relativas a cada ano de uso do mesmo, e se obter o rendimento da medição relativa a idade ou tempo de uso do mesmo medidor.

Tanto os histogramas podem ser do tipo representativo de um grupo de usuários assim como as curvas características de erros podem ser representativas de uma população ou sub população de um medidor de água (marca, tipo e modelo).

A representação gráfica cartesiana, sendo o eixo das abscissas (X) para a variável idade e o eixo das ordenadas (Y) para o rendimento fornecerá uma curva que foi denominada de "curva chave do medidor " (marca, tipo e modelo) relativa a um determinado perfil de consumo.

Tais curvas podem ser muito úteis para a o planejamento da reabilitação e avaliação do rendimento de um parque de medidores. Ver figura 4.

Figura 4 – Curvas Chaves Medidores de Água Velocimétricos $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$



Fonte: Gecip/USMV- Sanepar/2002

Comentários

- Os pontos das curvas até 5 anos foram compilados com base em testes de campo e laboratório, os demais pontos foram definidos em função de outros estudos realizados e adaptados aos perfis de consumo típicos em condição de abastecimento indireto ou misto, levantados pela Unidade de Serviço Medidores de Vazão e Grupo Específico de Consultoria, Intercâmbio e Pesquisa da Sanepar, ou estimados devido à insuficiência de dados, no

momento.

- b. Conforme as condições de instalação do parque de medidores, deve-se adotar a faixa máxima da curva de rendimento (para boas condições) ou a mínima (para más condições), para cada tipo de medidor.
- c. Faixa de consumo mensal de 0 a 30 m³/mês.

As diretrizes da Diretoria de Operações da Sanepar de 2002 recomendam o uso de medidores de água Qn = 1,5 m³/h classe metrológica B para as contas de consumo mensal de 0 a 15m³ e Qn = 1,5 classe metrológica C para as contas de consumo mensal de 15 a 30 m³.

- d. As curvas deverão sofrer alterações à medida que novas informações sejam agregadas às existentes.
- e. Importante: O gráfico apresentado (Fig. 4) trata-se de uma representação gráfica baseada em dados exclusivos de testes realizados e perfis de consumo e histogramas levantados pelos autores, até 2002, para as condições de abastecimento indireto de residências unifamiliares. Portanto, está sujeito a mudanças à medida que se disponha de novas informações, assim sendo, o mesmo serve apenas como exemplo. Recomenda-se que cada Sistema de Abastecimento de Água realize seus próprios estudos e obtenha as suas próprias conclusões específicas.

1.4. Estudar os ciclos de vida dos medidores de água e seus custos .

Os medidores não devem ser mantidos instalados indefinidamente, porem não devem ser trocados freqüentemente, mesmo porque seria inviável.

Deve-se procurar adquirir medidores que ofereçam curva característica de erros com boa estabilidade e um ciclo de vida útil de custo mínimo longo.

Na situação de abastecimento indireto e quando houver falta de informações provenientes de experimentações e de estudos específicos, uma referência de natureza prática é de 5 a 7,5 anos para medidores de água velocimétricos multijato classe metrológica B (faixa de consumo mensal de 0 até 15 m³/mês), 10 anos para os medidores de água velocimétricos unijato e classe metrológica C e 15 anos para os medidores de água volumétricos (faixa de consumo mensal de 15 até 30 m³/mês nos dois últimos casos).

Mas o ideal é realizar experimentações e estudos para fazer estas definições de forma particular e específica a cada parque de medidores.

As informações experimentais podem vir das curvas chaves dos medidores.

O ciclo de vida útil de um medidor de água compreende o tempo entre o momento em que o mesmo, após sua calibração e verificação inicial, se torna apto a medir com a exatidão conforme uma norma adotada até o momento que se torna incapacitado para manutenção e para a medição referida a padrões preestabelecidos.

O custo deste ciclo de vida é o custo total relativo ao seu tempo de vida para a compra, instalação, operação, manutenção, retirada e disposição.

Usado como ferramenta, o processo de determinação do custo do ciclo de vida indica a melhor alternativa custo/benefício, levando em conta os dados disponíveis.

Existem diversos componentes que fazem parte do custo do ciclo de vida de um medidor. Os principais são:

Ci = custo inicial ou preço do medidor e acessórios

Cinst = custo de instalação e de autorização de uso

Cman= custo de manutenção

Cio = custo de ineficiência operacional

No caso de medidores residenciais adota-se

CCV = Ci + Cinst + Cman + Cio

onde CCV é o Custo do Ciclo de Vida do medidor.

Na fórmula destaca-se o custo da ineficiência operacional, crescente ao longo do tempo, que nada mais é que o custo da água entregue ao usuário que não foi medida devido à ineficiência (ou rendimento) do medidor relativo ao perfil e histograma de consumo do cliente. O custo inicial e de instalação são fixos, sendo diluídos ao longo do tempo de uso do medidor. O custo de manutenção é eventual, porém no caso de medidores residenciais normalmente não ocorre durante o período em que o equipamento está instalado.

Com este conhecimento, pode-se chegar a um parâmetro extremamente poderoso para orientar a gestão de um parque de medidores: a determinação do ciclo de vida útil de custo mínimo.

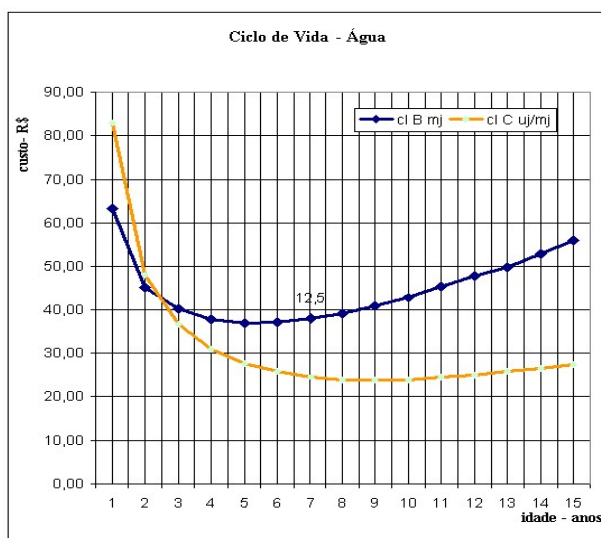
Este consiste no tempo indicado pelo ponto mínimo da curva da equação do custo do ciclo de vida ao longo do tempo.

Em outras palavras, se o gestor tiver conhecimento da forma com que o usuário consome a água fornecida (perfis e histogramas de consumo) e o desempenho dos vários tipos de medidores (testes e experimentações) ele pode vislumbrar mais claramente os horizontes que pode atingir em termos de renovação do parque aplicando os equipamentos que melhor e mais rapidamente viabilizarão seu investimento.

A seguir, apresenta-se dois gráficos mostrando as curvas de ciclo de vida de medidores classe B e C, para um consumo médio mensal de $12,5\text{m}^3$, para comparação.

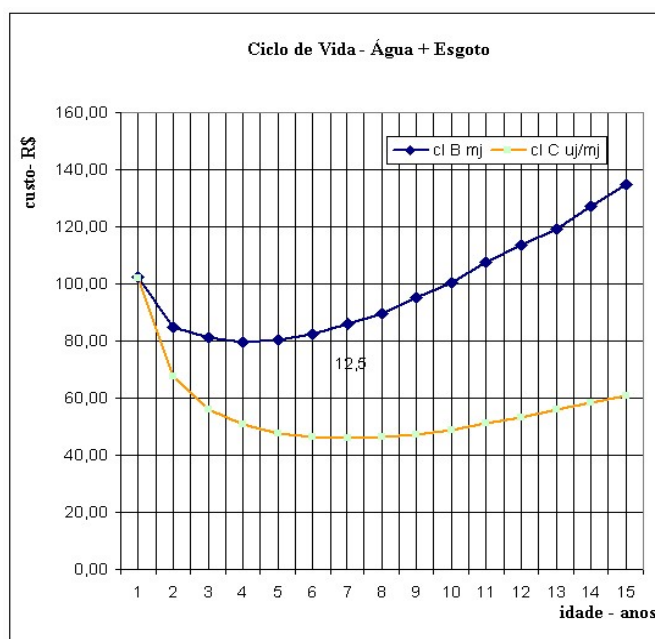
O **figura 5**, leva em conta os custos das tarifas de água, enquanto que o da **figura 6** considera os custos de tarifas de água mais esgoto.

**Figura 5: Ciclo de Vida de Custo Mínimo - Água,
Hidrômetro CI B e C, Consumo de Água até $12,5\text{ m}^3/\text{mês}$.**



Fonte:Gecip/USMV/Sanepar

**Figura 6: Ciclo de Vida de Custo Mínimo, Água + Esgoto,
Hidrômetro CI B e C, Consumo de Água até $12,5\text{ m}^3/\text{mês}$.**



Fonte:Gecip/USMV/Sanepar

1.5. Desenvolver e fazer ensaios de laboratório e de campo para avaliação e homologação de novos medidores de água.

No caso das empresas públicas, sujeitas a lei 8666 referente às licitações públicas obrigatórias, para evitar surpresas desagradáveis na aquisição de medidores, é preciso estabelecer rotinas para avaliação e aprovação ou homologação dos medidores de água para possível uso num determinado parque de medidores, antes das licitações.

Tais ensaios devem ser compatíveis com a realidade de uso futuro destes mesmos medidores.

Deve-se também exigir garantia de desempenho que será verificado periodicamente através de amostragem e de ensaios.

1.6. Desenvolver novos métodos de ensaios de desgaste acelerado.

Os ensaios ou testes de desgaste acelerado ou funcionamento prolongado são uma parte importante do processo de homologação e de aquisição dos medidores de água de boa qualidade e preço justo, capazes de medir com exatidão ou com boa estabilidade metrológica, por um período de tempo de 10 anos ou mais anos.

O principal objetivo de se fazer testes de desgaste acelerado é uma identificação antecipada da capacidade ou possibilidade de um medidor de executar o seu trabalho na forma e durante o tempo desejados.

A norma ABNT NM 212 : 1999 propõe dois testes de funcionamento acelerado, literalmente como segue :

As normas ABNT NM 212 : 99 contem a seguinte exigência :

" 6 - Funcionamento prolongado

6.1 - Desgaste acelerado – Os medidores devem ser submetidos a pelo menos um dos ensaios de desgaste acelerado indicados na tabela 5 e descritos em 8.3.2.4

Tabela 5

Característica do ensaio de funcionamento prolongado

<i>Vazão de ensaio</i>	<i>Tipo de ensaio</i>	<i>Nº de interrupções</i>	<i>Duração das pausas</i> <i>(s)</i>	<i>Período de operação na vazão de ensaio</i>	<i>Duração do início e da desaceleração (s)</i>
q_p	<i>Descontínuo contínuo</i>	<i>100.000</i>	<i>15</i>	<i>15 s</i>	<i>Mínimo de</i>
$2 \times q_p$		<i>-</i>	<i>-</i>	<i>100 h</i>	<i>1 s</i>
<i>Nota : A variação relativa admissível nas vazões de ensaio é de 0 a 10 %</i>					

$$q_p = Q_n$$

6.2 - Após o ensaio de funcionamento prolongado, os desvios nos erros máximos admitidos em cada zona definida em 5.1.2 e verificados de acordo com 8.3.2.4 não devem superar os indicados na tabela 6 .

Tabela 6

Vazão	q_p	q_t	q_{min}
Desvio	$\leq 2,0 \%$	$\leq 3,0 \%$	$\leq 4,0 \%$
Nota : os desvios são resultados da diferença entre os erros observados na comparação da calibração antes e após o ensaio de funcionamento prolongado"			

Comentários :

Os ensaios exigidos refletem mais a situação de abastecimento direto.

Assim como características de uma norma, tratam-se de exigências "mínimas desejadas".

Estas exigências não tem sido suficientes para comprovação da estabilidade metrológica desejadas dos medidores de água que serão usados na situação de abastecimento indireto, fazendo-se necessário o desenvolvimento de novos ensaios* e respectivos métodos e uma revisão da norma ABNT NM 212 : 99.

* Novos ensaios de desgaste acelerado de laboratório e de campo, baseados nos perfis e histogramas tipos de abastecimento indireto, estão sendo aplicados e avaliados pela Sanepar .

1.7. Atuar na melhoria das normas existentes e na elaboração de novas normas.

O item 1.6. é um exemplo de necessidade de melhoria de norma existente.

As próprias experimentações e a avaliação dos medidores usados indicarão outras necessidades de melhoria das normas existentes, como por exemplo: a parte dos materiais que poderia ser mais específica, a necessidade de informação obrigatória da vazão de início de funcionamento e os métodos de determiná-la.

Também como exemplo de elaboração de novas normas apresenta-se o tema de instalação dos medidores.

A atuação das empresas de saneamento na melhoria das normas existentes e na elaboração de novas normas junto com os fabricantes de medidores de água, contribuindo com as suas experiências e necessidades e com a realização de experimentações, é imprescindível na gestão dos parques de medidores com uma visão de médio e longo prazo.

1.8. Praticar a vigília tecnológica

Os medidores de água são instalados com a expectativa de que ali permaneçam durante alguns anos, quando então sofrerão manutenção ou troca.

Uma cilada muito comum acontece por falta de opção ou informação quando alguns tipos de medidores inadequados

ou defasados tecnologicamente são substituídos por outros equipamentos semelhantes, consequentemente sem nenhum ganho ou vantagem neste procedimento.

Portanto, é importantíssimo que se exerça uma vigília tecnológica ou o acompanhamento da evolução e do surgimento de novos tipos de medidores para que se procedam as trocas com resultados benéficos ao sistema.

1.9. A necessidade de informações

Ao assumir a missão de bem administrar um parque de medidores de água, o gestor deve buscar como ferramenta indispensável o conhecimento do panorama da micromedição existente na área sob sua responsabilidade.

Este conhecimento só é possível com o levantamento do inventário dos medidores em uso no parque, preferencialmente relacionado às contas por faixa de consumo mensal e categorias comerciais.

O inventário deve refletir o mais fielmente possível a situação real de campo, para melhor orientar os planos de atuação.

Todavia, em regra geral os dados técnicos existentes nos Sistemas de Abastecimento de Água podem ser separados em três classes principais, a saber:

- a. Dados objetivos para planejamento, projetos, gestão e contabilidade (p. ex.: valor dos medidores, valor da água, quantidades, etc.);
- b. Dados estáveis para a engenharia (p. ex.: capacidades e dimensões dos medidores, etc.);
- c. Dados dinâmicos para a operação (p. ex.: perfil e histograma de consumo, pressão na rede de distribuição, etc.).

No caso dos parques de medidores de água, além do panorama da micromedição existente, o gestor deve ter sob seu domínio dois eixos principais contendo variáveis importantíssimas para avaliação de situações, tomada de decisões e implementação de ações, como segue:

a) Referente ao desempenho e rendimento dos medidores.

PERFIS E HISTOGRAMAS DE CONSUMO

X

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE ERROS

DE MEDIDORES NOVOS E USADOS

b) Referente aos defeitos e falhas dos medidores de água

HISTÓRICO E ESTATÍSTICA DAS OCORRÊNCIAS DE

DEFEITOS E FALHAS NOS MEDIDORES DO PARQUE

X

O AMBIENTE DE APLICAÇÃO E OPERAÇÃO DOS

MEDIDORES

Também, em geral, as informações podem ser classificadas como:

- **Objetivas** : tais como preços, custos, tarifas, dados ou resultados de ensaios, etc;
- **Estáveis** : aquelas que não variam ou com pouca possibilidade de variar ao longo do tempo, tais como dados dimensionais, localização dos medidores e dos usuários, áreas das residências, fichas de rastreabilidade dos medidores, etc;
- **Dinâmicas** : aquelas que podem variar ao longo do tempo, tais perfil de consumo, histogramas, evolução das curvas características de erros, etc.

Além de um banco de dados contendo as informações objetivas, estáveis e dinâmicas de todos os medidores, pode-se organizar as informações como segue:

- Banco de dados das experimentações;
- Biblioteca de literatura técnica especializada;
- Biblioteca de Normas e congêneres.

1.10. Considerações importantes

A busca pelo melhor desempenho do parque de medidores deve ser constante, pois uma medição de baixo rendimento estimula o desperdício de água, enquanto que em situação oposta este produto essencial é preservado.

Para tanto, conhecer os fatores dos quais depende o rendimento da medição e os parâmetros essenciais para a modelação econômica ótima se faz imprescindível.

a) Fatores de Dependência do Rendimento da Medição.

Modelo ou tipo, dimensão, curva característica de erros e robustez do medidor.

Perfil e histograma de consumo do usuário.

Desgaste e envelhecimento do medidor.

Condições de instalação do equipamento.

Volume registrado e tempo de uso.

Estabilidade (ou não) da curva característica de erros.

b) Parâmetros Básicos da Modelação Econômica Ótima.

Lei de envelhecimento dos medidores instalado e substituto.

Perfil e histograma de consumo tipo ou individual.

Custo da água.

Consumo médio mensal (num período anual).

Custo dos medidores.

Custo de manutenção.

Custo de melhoria das instalações.

c) Desgaste e Envelhecimento Dos Medidores de Água em Serviço

Estes aspectos aparecem em destaque em vários tópicos abordados acima e devem ser fortemente considerados na escolha do equipamento mais adequado a cada aplicação. Para entender melhor como e porque ocorrem é preciso conhecer suas causas e os responsáveis pelas mesmas:

c.1) Causas de Responsabilidade do Sistema de Abastecimento de Água

Características físicas e químicas da água.

Seleção inadequada e/ou dimensionamento incorreto

Instalação e colocação em serviço de forma incorreta, desde o acondicionamento e transporte do medidor, local de instalação, alteração do padrão funcional, desobediência das instruções de instalação e partida recomendadas pelo fabricante, etc.

Condições de abastecimento inadequadas, como falta de água na rede, pressões excessivas, sólidos em suspensão na água, ar, etc

c.2) Causas de Responsabilidade dos Sistemas de Abastecimento de Água e dos Usuários

Condições de uso anormal e o tratamento dado ao medidor instalado, condições externas desfavoráveis como exposição excessiva ao sol e baixas temperaturas sem consumo de água durante longos períodos.

c.3) Causas de Responsabilidade do Fabricante

Diferença de qualidade entre as amostras e os lotes efetivamente fornecidos.

A consequência natural do envelhecimento é a queda do rendimento e da qualidade da medição ou falência e parada dos medidores. O decréscimo de rendimento ocorre devido ao deslocamento das curvas características de erros no sentido da esquerda para a direita.

O controle dos medidores em serviço e a avaliação quanto ao desgaste e envelhecimento permite a classificação dos mesmos por tipo e marca nos seguintes agrupamentos:

- **Adequados ou eficientes:** medidores cujas curvas características de erros permanecem estáveis ao longo do tempo e do uso ou permanecem adaptadas aos perfis e histogramas de consumo dos usuários.
- **Inadequados ou deficientes:** aqueles que mostram evidentes sinais de desgaste através das ações de controle; suas curvas características de erros não permanecem estáveis ou adaptadas aos perfis e histogramas de consumo, deslocando-se acentuadamente da posição inicial, principalmente da esquerda para a direita e também de cima para baixo ou vice-versa.
- **Qualidade incerta:** equipamentos que à primeira vista parecem funcionar normalmente mas quando aplicados e controlados em serviço apresentam performance variável resultando em alguns poucos medidores eficientes e outros nem tanto.

2. Técnicas & Administrativos

2.1. Conhecer o parque de medidores de água existente

Fazer um inventário dos medidores de água instalados em cada sistema de abastecimento de água, e a partir destes um inventário geral representativo de todo o parque de medidores de água.

As referências principais são as marcas e seus respectivos tipos e modelos, idade, faixa de volume registrado, faixa de consumo mensal, etc.

Estabelecer a população e sub populações do parque de medidores (fazer a estatística).

Fazer experimentações com os medidores de água existentes no parque e analisar os resultados.

2.2. Plano de controle dos medidores de água instalados

Pode-se denominar como controle passivo o método usualmente empregado pelas companhias de saneamento para avaliar a condição do parque instalado, que consiste em simplesmente retirar de operação os medidores parados ou

danificados e manter os equipamentos em uso dentro dos limites metrológicos legais.

Todavia, mesmo esse procedimento corretivo permitiria obter muitas informações para a qualificação e classificação dos medidores (eficientes, deficientes e de qualidade incerta) se os mesmos fossem submetidos a exames.

A situação ideal e desejada seria aquela que adotaria uma rotina de testes de campo e laboratório que permitiriam avaliar o comportamento e o desempenho dos medidores de água ao longo do tempo nas condições típicas de aplicação – o controle ativo.

Desta forma obtém-se a avaliação da seleção e dimensionamento realizados, o conhecimento das marcas e tipos que oferecem as condições desejadas de performance e a verificação das garantias de desempenho exigidas quando da aquisição dos medidores.

Sabendo-se que no Brasil a maioria das ligações de água é abastecida através de sistema indireto ou misto (com adoção de reservatório domiciliar), favorecendo a ocorrência de médias e baixas vazões, a utilização de medidores mais sensíveis com curvas características de erro estáveis no decorrer do tempo de uso se torna imprescindível.

Ou seja, não basta que os equipamentos instalados estejam metrológicamente legais, eles devem apresentar performance estável nas condições de aplicação.

Este conhecimento somente se dará com a implantação de programas de controle ativo ou planejado dos medidores de água instalados no parque.

2.3. Definição de estratégias

A estratégia é a arte de explorar condições favoráveis e meios disponíveis com a finalidade de se alcançar determinados objetivos e metas.

As atividades desenvolvidas pela população de uma cidade, decorrente de suas necessidades e objetivos, geram demandas de água (ou perfis de demandas de água) resultantes da somatória da demanda individual de todas as ligações abastecidas, determinando uma matriz sócio-econômico dos usuários de um serviço de abastecimento de água.

Por outro lado temos os Sistemas de Abastecimento de Água com suas necessidades e seus objetivos e a tecnologia em constante evolução.

Surge então a necessidade de definições de suas políticas comercial e tarifária, e a necessidade de definição de suas estratégias capazes de possibilitar a implantação da mesmas políticas e alcançar efetivamente os seus objetivos.

Estas definições devem ser desenvolvidas com uma visão sistêmica, ou seja, entendendo que um conjunto de partes que no caso podem ser as estratégias, interagem entre si segundo um plano para se atingir objetivos e metas.

Conforme a teoria dos sistemas define-se: Conjunto de partes interagentes - significa que a alteração de uma das partes implica na alteração de pelo menos uma outra parte do conjunto.

Segundo um plano – envolve o conceito de organização buscando uma evolução contínua em etapas.

Atingir objetivos e metas – a interação entre as partes deve ocorrer visando atingir determinados fins, objetivos e metas. No caso uma medição correta com seus naturais desdobramentos contábeis, comerciais, financeiros, econômicos e operacionais.

A estratégia de medição deve ser estabelecida com visão sistêmica, considerando as estratégias comercial e faturamento e de leitura, de tal forma a viabilizar a concretização de todas elas, conforme figura 7.

Fig. 7 – Estratégias & Gestão - Visão Sistêmica



Fonte: Sanepar

2.4. Definição de critérios de seleção e dimensionamento de medidores de água

As informações mínimas para se fazer a seleção e o dimensionamento de um medidor são: as características da água a ser medida, as pressões a montante e a jusante do equipamento e as vazões máxima e mínima demandadas pela ligação.

Como as informações das vazões nem sempre são disponíveis ou facilmente possíveis de se conhecer, adota-se o uso de tabelas convencionadas. Em boa parte dos casos, este procedimento leva à submedição. O ideal é que o gestor conheça o perfil e o histograma de consumo dos usuários, especialmente dos maiores consumidores, para distinguir as faixas de vazão que ocorrem com mais frequência e que devem ser medidas com mais exatidão. O medidor bem dimensionado deve medir as vazões do perfil cujos volumes sejam representativos em relação ao volume total, de forma metrológicamente legal.

Também os medidores devem ser selecionados em função de suas características construtivas e metrológicas ideais para cada aplicação.

2.5. Definição de regras de manutenção e de substituição dos medidores de água existentes no parque

Equipamentos mal selecionados e/ou mal dimensionados originam medição de baixo rendimento por não serem suficientemente sensíveis às baixas vazões, inclusive as que ocorrem em vazamentos.

Ao se implantar uma troca consistente, obedecendo a critérios coerentes, dos medidores do parque, o ganho de rendimento acontece de imediato. Quando este acréscimo é expressivo e faz-se notar significativamente na conta do usuário, sua primeira reação é moderar seus hábitos de consumo e procurar eliminar todos os possíveis desperdícios.

Tal comportamento, se estendido a centenas ou milhares de consumidores, promove uma excepcional situação: otimiza o abastecimento de toda uma região, equilibrando pressões, distribuindo demandas coerentemente, permitindo uma avaliação mais precisa das perdas no sistema distribuidor, evitando gastar recursos desnecessários no combate às perdas físicas, além, é claro, de aumentar a receita da empresa.

Entretanto, duas formas de substituição são comumente aplicadas em nossos sistemas: a de natureza corretiva, consequência direta do controle passivo do parque de medidores, que promove basicamente a troca dos equipamentos danificados e a de natureza preventiva ou planejada, decorrente de um adequado plano de controle ativo dos medidores em serviço.

Esta segunda situação, que deve sempre ser buscada, tem como principal objetivo otimizar o rendimento da medição, sendo necessário para alcançá-lo:

conhecer o panorama da micro-medição e o inventário atualizado do parque de medidores existente.

- adquirir os melhores e mais adequados equipamentos disponíveis no mercado.
- identificar as situações que promovem a submedição.
- identificar as causas que favorecem o desgaste, envelhecimento, falhas e paradas dos medidores.
- levantar perfis e histogramas de consumo típicos e individuais.
- estabelecer prioridades para trocas e para correção das situações que favorecem submedição.
- estabelecer metas de níveis de rendimento desejáveis para o parque de medidores, com prazos compatíveis e recursos disponíveis.
- substituir os equipamentos e corrigir as situações que promovem a submedição segundo um cronograma compatível com as metas estabelecidas.
- pesquisar, desenvolver, experimentar novos métodos e equipamentos visando obter melhor desempenho e melhor rendimento do parque.

2.6. Definição de padrões e normas de instalação dos medidores

Um aspecto de grande importância na gestão de um parque de medidores de água é a importância da correta instalação dos medidores.

Os medidores velocimétricos UJ e MJ devem ser instalados na horizontal e no prumo (não inclinados) para que o desempenho do mesmo seja normal. Caso contrário os erros de medição serão aumentados e a vida do medidor reduzida

2.7. Plano de reabilitação do parque de medidores de água existente

A reabilitação de um parque de medidores de água depende de um bom inventário e de um bom diagnóstico previamente executados. Também é necessário uma definição prévia das estratégias de faturamento, leitura e medição realizadas com uma visão sistêmica, o conhecimento de como a água é consumida pelos usuários residenciais, comerciais, industriais, públicos, etc.

As experimentações realizadas com os medidores existentes no parque de medidores e com outros novos medidores é fundamental e deve ser objeto de preocupação contínua.

Com a posse e domínio destes elementos e conhecendo o rendimento da medição deste parque podem ser estabelecidas metas para serem obtidas ao longo do tempo.

Algumas premissas clássicas são :

- iniciar a troca de medidores a partir dos grandes consumidores;
- iniciar pelos medidores mais velhos ou usados;
- para os medidores de uma mesma capacidade nominal, iniciar a troca pelos mais usados (idade e volume registrados).

No mais deve-se basear nos princípios e procedimentos clássicos de planejamento.

2.8. Definição de critérios para aquisição de medidores

Não basta elaborar uma boa seleção e um bom dimensionamento dos medidores de água, é necessário que a aquisição corresponda totalmente a elas, o que só poderá ser comprovado mediante inspeções através de testes.

Portanto, uma especificação precisa deve ser complementada por exigências de testes e de garantias quanto a

estabilidade metrológica dos mesmos e respectivas penalidades.

Os medidores só devem ser recebidos após a aprovação dos mesmos nas inspeções realizadas e nos testes executados.

Quanto as garantias de vida útil e de manutenção de características metrológicas é necessário que se estabeleçam as exigências junto com as especificações e que as mesmas sejam monitoradas (amostragem + ensaios) após a instalação dos medidores para comprovação ou não das exigências.

A aplicação rigorosa de normas e a execução de testes e ensaios são procedimentos fundamentais dos quais não se pode abdicar.

Contudo deve-se ter em mente que as normas estabelecem os requisitos mínimos necessários, mas estes podem ser ampliados para que se atinjam certos objetivos da gestão de um parque de medidores de água.

2.9. Sistema de rastreabilidade do medidor de água

Ao longo das experimentações feitas com os medidores de água existentes no parque de medidores da Sanepar, ficou evidente a necessidade de realizar a rastreabilidade dos mesmos e tal ação não pode ser desenvolvida completa e satisfatoriamente pela falta de informações e mormente um sistema de rastreabilidade. Tal recurso traria velocidade nas definições das amostragens e muitos outros.

Atualmente os fabricantes de medidores de água quase que na sua totalidade estão capacitados a fornecer de forma digitalizada as informações da construção e dos ensaios dos seus produtos adquiridos pelas companhias e serviços de saneamento.

A Sanepar está tomando providências no sentido de desenvolver um projeto específico com tal propósito.

OUTROS PROCEDIMENTOS E AÇÕES

1. Atualização do laboratório hidrométrico
2. Desenvolvimento de protótipos e de simuladores
3. Convênios de cooperação técnica com os fabricantes de medidores de água
4. Outros conforme necessidade

RESULTADOS

A título de ilustração, apresenta-se a seguir um estudo realizado na Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, pelo Grupo Específico de Consultoria, Intercâmbio e Pesquisa e pela Unidade de Serviço Medidores de Vazão, como parte de diversas experimentações com a mesma finalidade: estabelecer regras e parâmetros para aquisição de novos medidores de água, baseado no desempenho e nas condições de aplicação dos mesmos.

Os testes mostraram que as curvas características de erros de medidores de água ($Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ unijato classe A e B existentes no seu parque de medidores), são menos estáveis, pois pouco tempo após serem instalados e usados as mesmas passam a se deslocar no sentido horizontal da esquerda para a direita e no sentido vertical de cima para baixo, indicando que o medidor se afasta de suas características originais, a medida que envelhecem.

Assim sendo estes medidores de água ($Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ SJ classe A e B) seriam mais indicados para medição em ligações de água quando o abastecimento é direto, do que para as situações de abastecimento indireto onde há a ocorrência acentuada de pequenas vazões, **conforme figura 3.**

Testes realizados em 1997 com medidores de água $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ multijato classe A, que foram retirados de antigas ligações de água da Sanepar mostraram que as suas curvas características de erros apresentavam melhor estabilidade, relativamente aos anteriormente considerados.

Posteriormente outros testes foram e continuam sendo realizados com medidores de água $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ multijato classe metrológica B e C e suas características de melhor estabilidade continuam sendo comprovadas.

Testes com novos medidores de água $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ multijato classe metrológica B e C , tem comprovado esta tendência de estabilidade das curva características de erros, referente ao deslocamento das mesmas no sentido

horizontal da esquerda para a direita e uma leve tendência de deslocamento da mesma no sentido vertical de baixo para cima.

Testes com novos medidores de água ($Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ unijato classe metrológica C), também tem comprovado a tendência de estabilidade das suas curvas característica de erros.

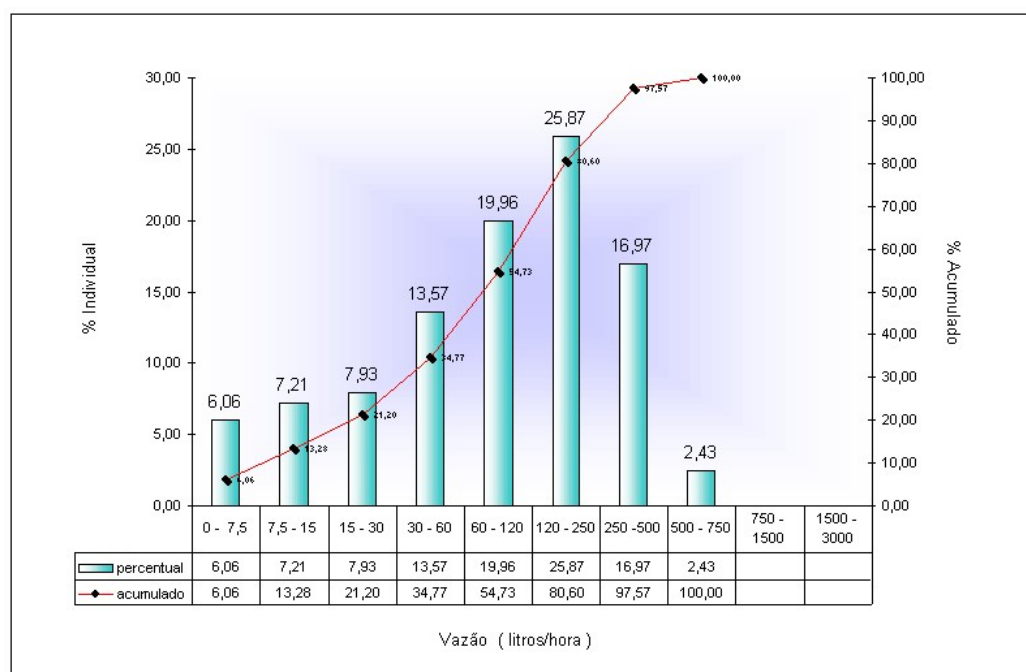
Os resultados destes testes acima mencionados tem orientado o planejamento de compras de novos medidores de água velocimétricos de vazão nominal $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ classe metrológica B e C.

A Sanepar está testando medidores de água volumétricos de pistão rotativo ou oscilante de vazão nominal $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e classe metrológica C e os resultados quanto a estabilidade de suas curvas características de erros são muito bons, mas o seu uso é recomendado para água limpa e para locais onde o abastecimento não sofre interrupções, pois caso contrário a sujeira pode entupir o seu filtro e a passagem significativa de ar pelos mesmos é danosa, pois o atrito entre as partes fixas e móveis pode causar o seu travamento e até a quebra de alguns de seus componentes.

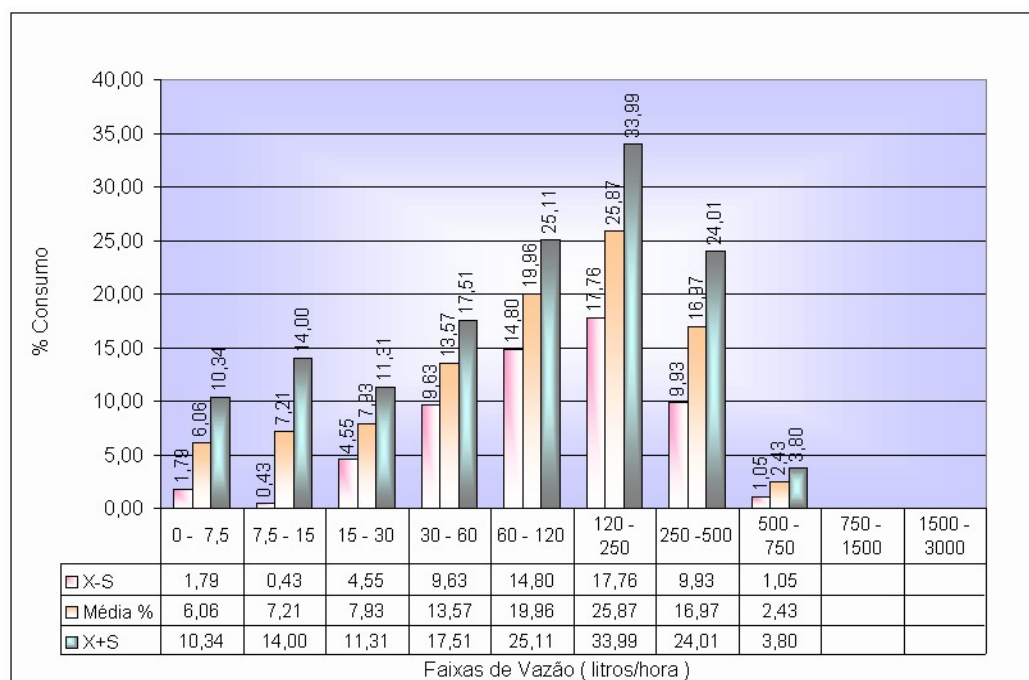
Também, a Sanepar está executando um programa de testes de laboratório e de campo com medidores de água $Q_n = 0,75 \text{ m}^3/\text{h}$ UJ e MJ classe metrológica B de vários fabricantes procurando avaliar o nível de estabilidade de suas curvas características de erros. Estes medidores poderiam ser selecionados e dimensionados para os usuários com faixas de consumo mensal normal de 0 a 10 $\text{m}^3/\text{mês}$ (e ampliada de 0 a 15 $\text{m}^3/\text{mês}$) com perfil e histograma de consumo compatíveis com as curvas características dos erros dos mesmos. **Ver figura 8 e 9.**

Fig. 8 – Histograma de Faixas de vazões x Média Percentual de Consumo - Baixa Pressão

Tipo Experimental 1SJP"



Fonte:Gecip/DMA/Sanepar

Figura 9: Histograma de Faixas de Vazão x Percentual de Consumo Média e Desvio Padrão(%)**Tipo "Experimental 1SJP"****Fonte: Gecip/DMA/Sanepar**

Assim sendo, é muito importante manter um sistema de informações com registros dos dados obtidos em testes de campo e de laboratório com relação ao exposto acima, se possível identificando as causas, e laudos técnicos de todos os medidores de água novos e usados, bem como os retirados de serviço, com a finalidade de classificar e qualificar os equipamentos ainda instalados, com o propósito de formular os planos de substituição.

Ainda enfocando os aspectos de envelhecimento e desgaste dos medidores, podemos sugerir algumas ações que atenuarão esses efeitos prejudiciais, tais como:

a) Na instalação e colocação em serviço:

- limpeza interna da ligação através de descarga;
- instalação em ponto baixo afogado;
- purga de ar;
- posicionamento no nível e no prumo;
- garantia de estanqueidade das juntas.

b) Melhor gestão operacional e de manutenção da rede de distribuição.

c) Adoção de padrão de instalação que em uso proporcione menor desgaste e sensibilidade, em função da influência de altas velocidades, golpes de ariete, fraudes, vácuo ou esvaziamento da rede.

d) Seleção de medidores com curva característica de erros estável ao longo do tempo e adequada ao perfil de consumo do usuário, **vide figura 4**.

CONCLUSÃO

Todos os compartimentos existentes numa empresa que presta serviços de abastecimento de água potável à população tem sua parcela de importância no contexto geral.

O medidor de água é o espelho de todos os processos que antecedem o contato do usuário com o produto a ele oferecido.

Portanto, o equipamento que promove esta interface empresa-cliente deve ser mantido na melhor condição possível de performance física, metrológica, comercial e legal para que essa relação permaneça justa para ambas as partes.

Esse grau de excelência só é atingido quando se conhecem e são tratados alguns pontos básicos inerentes à gestão de um parque de medidores de água: situação da micromedição existente, situações típicas e individuais de consumo, acesso à gama de equipamentos existentes no mercado, adequação do melhor equipamento à aplicação e regras de manutenção coerentes e economicamente viáveis.

Obedecendo a este roteiro geral, e particularizando, improvisando, variando a forma de atuação em situações atípicas que surgem em qualquer sistema, pode-se implementar uma gestão equilibrada e rentável de um parque de medidores, com benefícios certos para todos os processos da concessionária de serviços de fornecimento de água, sejam eles administrativos, comerciais, financeiros, operacionais e, fundamentalmente, do contato com o consumidor final – a imagem da empresa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. ACTE S DU COLLOQUE ORGANISÉ PAR L' ESCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES, Coût Et PRIX de L' Eau em Ville- Alimentation et Assainissement, Presses de L' école Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 6-8 décembre 1988.
2. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION M33, Manual of Water Supply Practices- Flowmeters in Water Supply, 5rd ed., 1989
3. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION M6, Manual of Water Supply Practices – Water Meters – Selection, Installation, Testing, and Maintenance, 4rd ed., 1999
4. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION, Automatic Meter Reading for the Water Industry, 1992
5. ANJOS JR, A H; SANTOS, E. R. M., Aplicação de Tarifas Sazonais e Horó-Sazonais no Paraná, Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997
6. BOWEN, P. T., HARP, J. F. , Residential Water Use Patterns, AWWARF , Denver - Colorado, USA, 1993.
7. BRITTO, S. R., Saneamento de Curitiba , publicação do Departamento de Água e Esgotos, Curitiba - 1934.
8. BECHER, RITA C. G.; NIELSEN, M. J., Planejamento Estratégico de Combate a Perdas - SANEPAR - Outubro 1996.
9. CATÁLOGO MEINECKE, Products Systems Applications, 1999
10. CHEREMISINOFF, Nicholas P., Encyclopedia of Fluid Mechanics – Flow Phenomena and Measurement, Vol. 01, Gulf Publishing Company Book Division, Houston, Texas, 1986.
11. CHURCHMAN C. West, Introdução à Teoria dos Sistemas, 2ª ed., Editora Vozes Ltda, 1972
12. COMPTEURS D'EAU, Office International de Leau , Annexes/1996 e Le Comptage/1992
13. CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA SANEPAR-LAO, Influência do Tempo de Uso e da Faixa de Consumo no Comportamento do Medidor de Água, Vol. 01, fevereiro, 2002
14. DIMENSIONIERUNG VON WASSERZÄHLERN(DVGW), 1998.
15. ENDRESS, U.; HÄFELFINGER, H.; HAFNER, P.; JÄGGI, A; KEMPF, G.; LANG, M; SCHINKE, A; ACHULZ, K. H.; SILBERMANN, R.; STEINER, K; THOMMEN, H; TSCHABOLD, P.; WETZER, P.; ZELLER, E., Flow Hand-Book, 1ª ed. 1989.
16. ESTRELA, G. S., Sistema Internacional de Unidades, Pesos e Medidas, Conversões, Edit. Andina, São Bernardo do Campo, 1978
17. HOLMAN, J. P., Experimental Methods for Engineers, McGraw Hill international, student edition, Tóquio, Japão, 1966 .
18. DESIGN CRITERIA FOR WATERWORKS FACILITIES Japan Water Works Association , 1978
19. JULIATTO, E. S.; ACEDO, R. S., Curso Básico sobre Medição - Convênio SANEPAR / Schlumberger - segunda edição revisada e ampliada, Curitiba Pr. , 2000.
20. JULIATTO, E. S. ; NIELSEN, M. J. , Cálculo do Rendimento do Parque de Medidores de Água de Palmeira - Pr. - Gecip / SANEPAR - Janeiro 2001.
21. LA PRECISIÓN QUE TODOS BUSCAMOS, Water & Heat Europe, Schlumberger, 1997
22. LAUTERBACH, Ing. K.; Choix du modèle et de la dimension des compteurs d'eau, 1976
23. MANUAL SOBRE EVALUACION DE MEDIDORES DE ÁGUA DE DOMICILIÁRIOS DE ÁGUA, OMS/OPS/CEPIS, 1982
24. MANUAL DE REFERÊNCIA DE MEDIDORES DE ÁGUA DOMICILIAR, OMS/OPS – BID, IMPRESSO

- PELO CEPIS, 1972
25. MANUAL DEL INGENIEIRO DE TALLER - HÜTTE, 1962
 26. MANUAL DE INSTALAÇÃO PREDIAL HIDRÁULICO SANITÁRIO – SANEPAR-IPHS, 1993
 27. MILLER, R. W., Flow Measurement Engineering HandBook, 2nd ed., McGraw-Hill, 1989
 28. MOORE, D.; S. e MCCABE, G. P., Introduction to the Practice of Statistics, W. H. Freeman, second edition, New York, 1993.
 29. MOORE, D. S., A Estatística Básica e Sua Prática, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora AS, Rio de Janeiro, 1995
 30. NEKRASOV, B. , Hydraulics For Aeronautical Engineers, Peace Publishers, Moscow, 1964
 31. NIELSEN, M. J.; FUHRMANN, E. L., Sugestão para Projeto do Centro de Controle dos Grandes Consumidores em um Sistema de Distribuição de Água, Sanepar, Curitiba, 1991.
 32. NIELSEN, M. J.; TREVISAN, J.; JULIATTO, E. S.; BONATO, A.; SACHET, M. A. de C., Experimentação e Amostragem Combinadas para Cálculo do Rendimento de Parque de Medidores de Água, Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Volume 7, Rio de Janeiro, pág. 70-81, 2002.
 33. NIELSEN, M. J., Diretrizes para experimentação e amostragem de medidores de água 0,75 e 1,5 m³ / hora - Gecip / SANEPAR - Março 2000.
 34. NIELSEN, M. J.; JULIATTO, E. S.; TREVISAN, J.; BONATTO, A., Diretrizes para experimentação e amostragem de medidores de água Qn =0,6, 0,75 e 1,5 m³/hora - II-035 XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental - Porto Alegre, Dezembro 2000.
 35. NIELSEN, M. J., Elementos para Projetos de Instalações de Medidores de Água - Gecip / SANEPAR - Setembro 2000
 36. NIELSEN, M. J.; JULIATTO, E. S.; ACEDO, R. S., Estudo sobre o Deslocamento das Curvas Característica de Erros e Relatório de Testes de Medidores de Água Uni Jato , Convênio SANEPAR / Schlumberger - Curitiba, Setembro de 1998.
 37. ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE LA SALUD- OPS/OMS-BID, Manual de Referencia – Medidores de Água, 1972
 38. PIRES, R.M; BURGER, M.S.; MOLL. J.N., Diagnóstico de Perdas em Ramal Predial e nas Redes com Tubos de PVC com Enfoque na Performance de Materiais, Anais do 21º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001
 39. PÜRSCHEL, W; Tratado General del Agua Y Su Distribucion, La Técnica de Aforo Del Consumo de Aguas de Poblaciones, Urmo S.A de Ediciones, Ezpanha, 1976
 40. SPITZER, D. W. , Flow Measurement - Pratical Guide for Measurement and Control, Instrument Society of America, USA , 1996.