



XI-027 - METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO SITUACIONAL EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UMA FERRAMENTA PRÁTICA PARA COMPREENDER O IMPACTO DAS PERDAS NA DEMANDA DO SISTEMA

Airton Sampaio Gomes ⁽¹⁾

Engenheiro Civil, ex Diretor Técnico da Sanesul, desenvolve atividades no setor de saneamento desde 1983. Atualmente é consultor do PMSS – Programa de Modernização do Setor Saneamento, onde coordena trabalhos do Programa envolvendo a temática redução de perdas de água e uso eficiente de energia elétrica no saneamento. É também consultor técnico do PROCEL SANEAR da Eletrobrás.

Hugo Tomaz Neto Moraes

Engenheiro civil, formado pela Universidade de Brasília em 1999. Como membro da equipe base do Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, coordenou o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS em 2004. Desde 2005 é responsável técnico pelas ações de assistência técnica, especificamente em trabalhos envolvendo a temática da conservação de água urbana e o uso eficiente de energia elétrica nos sistemas de abastecimento.

Endereço ⁽¹⁾:

Endereço: Rua Palmital, 167 – CEP 79.022-411 – Campo Grande – MS
Telefone: (67) 8112 8425 - e-mail: airton.gomes@gmail.com

RESUMO

Compreender de que forma as perdas reais afetam e comprometem a capacidade de oferta dos sistemas de abastecimento de água é extremamente importante no planejamento operacional. Apenas aceitar que o fenômeno existe não basta: é necessário compreendê-lo e calculá-lo. Identificar do total das perdas o quanto corresponde a perdas reais e o quanto corresponde a perdas aparentes é a grande dificuldade, notadamente em sistemas com baixos níveis de controle operacional.

O trabalho propõe-se a utilizar uma abordagem “top-down” para fazer a separação das perdas reais das aparentes, propondo uma ferramenta metodológica expedita visando facilitar esta tarefa, que utiliza conceitos utilizados em estudos de demanda, porém sem a pretensão de levar a risca o preconizado na NBR 12211/92 – “Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água”, o que seria desnecessário para os propósitos em pauta, já que se trata de sistemas existentes.

Este trabalho foi originalmente desenvolvido para o PMSS – Programa de Modernização do Setor Saneamento, da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério das Cidades, no contexto de um trabalho denominado “Ferramentas Metodológicas para Diagnóstico Situacional”, em que foram sistematizadas técnicas de diagnóstico focadas na avaliação das operadoras de sistemas do ponto de vista do controle e redução de perdas reais e aparentes e do uso eficiente de energia elétrica. Neste trabalho, será apresentada a parte da metodologia que analisa os impactos das perdas na demanda do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Diagnóstico Situacional, Perdas de Água, Consumo per capita, Planejamento Operacional.

INTRODUÇÃO

Levar os dirigentes e gestores dos sistemas de abastecimento de água a substituir a cultura da oferta pela cultura de gestão da demanda de água é um grande desafio para o setor de saneamento. Com a utilização de ferramentas como a aqui proposta se espera que muitos gestores passem a fazer escolhas mais adequadas, quando for levantada a alternativa de se aumentar a disponibilidade da oferta de água em sistemas públicos de abastecimento.



Sabe-se que aumentar a oferta de água é uma saída cômoda, do tipo “jogar para a torcida”: os políticos gostam, os empreiteiros gostam, a mídia noticia, o povo vê, acredita que é o correto e isso até rende votos. Obviamente, a natureza e a sociedade pagam um preço alto quando se analisa o fenômeno numa perspectiva correta e de mais longo prazo.

Face aos nossos hábitos históricos, gerir eficazmente a demanda nos sistemas de abastecimento de água é ainda uma tarefa esquecida, navegando contra o pragmatismo político vigente. É necessário aprender o “como fazer” do gerir a demanda, capacitar praticamente todo mundo nas operadoras, inclusive os gestores e dirigentes, no esforço de mudar os hábitos característicos da cultura obreira que se movimenta sempre no sentido de aumentar a oferta.

Encontrar gente disposta a inverter a corrente “natural” das coisas, será somente uma questão de tempo. A crescente indisponibilidade de recursos hídricos, as preocupações ambientais, a mobilização da sociedade por maior eficiência, age no sentido de construir volumosa massa crítica, ainda que gradativamente, de forma mais lenta que a que desejaríamos. Chegará o momento em que os paradigmas terão que ser invertidos, necessariamente. Nesta direção, procura-se dar aqui uma modesta parcela de contribuição.

METODOLOGIA

O estudo tradicional das demandas em um sistema de abastecimento de água, utilizado em projetos, compõe-se normalmente de três partes: um estudo populacional, um estudo de consumos *per capita* e o cálculo da demanda propriamente. O conceito utilizado nesta metodologia trabalha com a hipótese largamente aceita de que a demanda disponibilizada ao sistema na entrada dos setores de distribuição, minorada pelas perdas reais, constitui o volume efetivamente entregue aos usuários. Matematicamente este conceito pode ser expresso da seguinte forma:

$$Demanda \times (1 - PR) = \frac{População \times CPC}{86400}$$

Ou, de outra forma,

$$Demanda = \frac{População \times CPC}{86400} \times \frac{1}{(1 - PR)}$$

Nesta expressão a Demanda está em litros por segundo; o Consumo *Per Capita* em litros por habitante por dia e “PR” representa as perdas reais expressa em termos unitários.

Para o estudo populacional foi desenvolvida uma planilha eletrônica (Figuras 1 e 2) que constrói diversos modelos matemáticos para a projeção de população utilizando a ferramenta de construção de linhas de tendência do Excel e dados dos censos do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A escolha da projeção matemática a ser adotada para o crescimento populacional não prescinde do bom senso e, quase sempre, da consulta a outros dados secundários e primários do sistema em estudo. Frequentemente projeções que levam a resultados muito diferentes apresentam altíssimos coeficientes de correlação, caso em que só o critério das projeções matemáticas pouco ajudará.



| | | | |
|--|----------|-------|---------------|
| MINISTÉRIO DAS CIDADES Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS DIAGNÓSTICO SITUACIONAL - PARTE II CARACTERIZAÇÃO GERAL DO OPERADOR E DO SISTEMA | | | |
| Responsável pelo diagnóstico: | EQUIPE 1 | Data: | fev/06 |

ESTUDO POPULACIONAL DE CIDADE TAL

DADOS POPULACIONAIS IBGE

| | Ano | Pop Urbana | Taxa Média entre censos |
|----------|------|------------|-------------------------|
| Censo | 1980 | 72931 | |
| Censo | 1991 | 84721 | 1,37% |
| Contagem | 1996 | 92107 | 1,69% |
| Censo | 2000 | 99162 | 1,86% |

População Urbana Atual (2005)

Dados IBGE- 106800

COMPARATIVO DE PROJEÇÕES POPULACIONAIS PROJEÇÕES ANUAIS SEGUNDO DIFERENTES MODELOS

| ANO | LINEAR | POLINÔMIO | POTENCIA | EXPOENTE |
|-----------------------------------|---------|-----------|----------|----------|
| 2005 | 104.272 | 110.877 | 106.274 | 105.946 |
| 2006 | 105.558 | 113.023 | 107.888 | 107.568 |
| 2007 | 106.844 | 115.223 | 109.525 | 109.214 |
| 2008 | 108.130 | 117.477 | 111.187 | 110.886 |
| 2009 | 109.416 | 119.785 | 112.873 | 112.583 |
| 2010 | 110.702 | 122.147 | 114.583 | 114.307 |
| 2011 | 111.989 | 124.562 | 116.318 | 116.057 |
| 2012 | 113.275 | 127.032 | 118.079 | 117.833 |
| 2013 | 114.561 | 129.555 | 119.866 | 119.637 |
| 2014 | 115.847 | 132.132 | 121.679 | 121.469 |
| 2015 | 117.133 | 134.763 | 123.518 | 123.328 |
| 2016 | 118.419 | 137.448 | 125.384 | 125.216 |
| 2017 | 119.705 | 140.186 | 127.278 | 127.133 |
| 2018 | 120.992 | 142.979 | 129.199 | 129.079 |
| 2019 | 122.278 | 145.825 | 131.148 | 131.055 |
| 2020 | 123.564 | 148.725 | 133.125 | 133.061 |
| 2021 | 124.850 | 151.679 | 135.131 | 135.098 |
| 2022 | 126.136 | 154.687 | 137.167 | 137.166 |
| 2023 | 127.422 | 157.749 | 139.232 | 139.266 |
| 2024 | 128.708 | 160.864 | 141.327 | 141.397 |
| 2025 | 129.995 | 164.034 | 143.453 | 143.562 |
| Coefficiente de Correlação | 98,64% | 100,00% | 99,47% | 99,49% |
| Taxas médias | 1,11% | 1,98% | 1,51% | 1,53% |

MODELO MAIS ADEQUADO EXPOENTE

| ANO | População (hab) |
|------|-----------------|
| 2005 | 105.946 |
| 2006 | 107.568 |
| 2007 | 109.214 |
| 2008 | 110.886 |
| 2009 | 112.583 |
| 2010 | 114.307 |
| 2011 | 116.057 |
| 2012 | 117.833 |
| 2013 | 119.637 |
| 2014 | 121.469 |
| 2015 | 123.328 |
| 2016 | 125.216 |
| 2017 | 127.133 |
| 2018 | 129.079 |
| 2019 | 131.055 |
| 2020 | 133.061 |
| 2021 | 135.098 |
| 2022 | 137.166 |
| 2023 | 139.266 |
| 2024 | 141.397 |
| 2025 | 143.562 |

Figura 1: Aspecto da planilha de estudo populacional

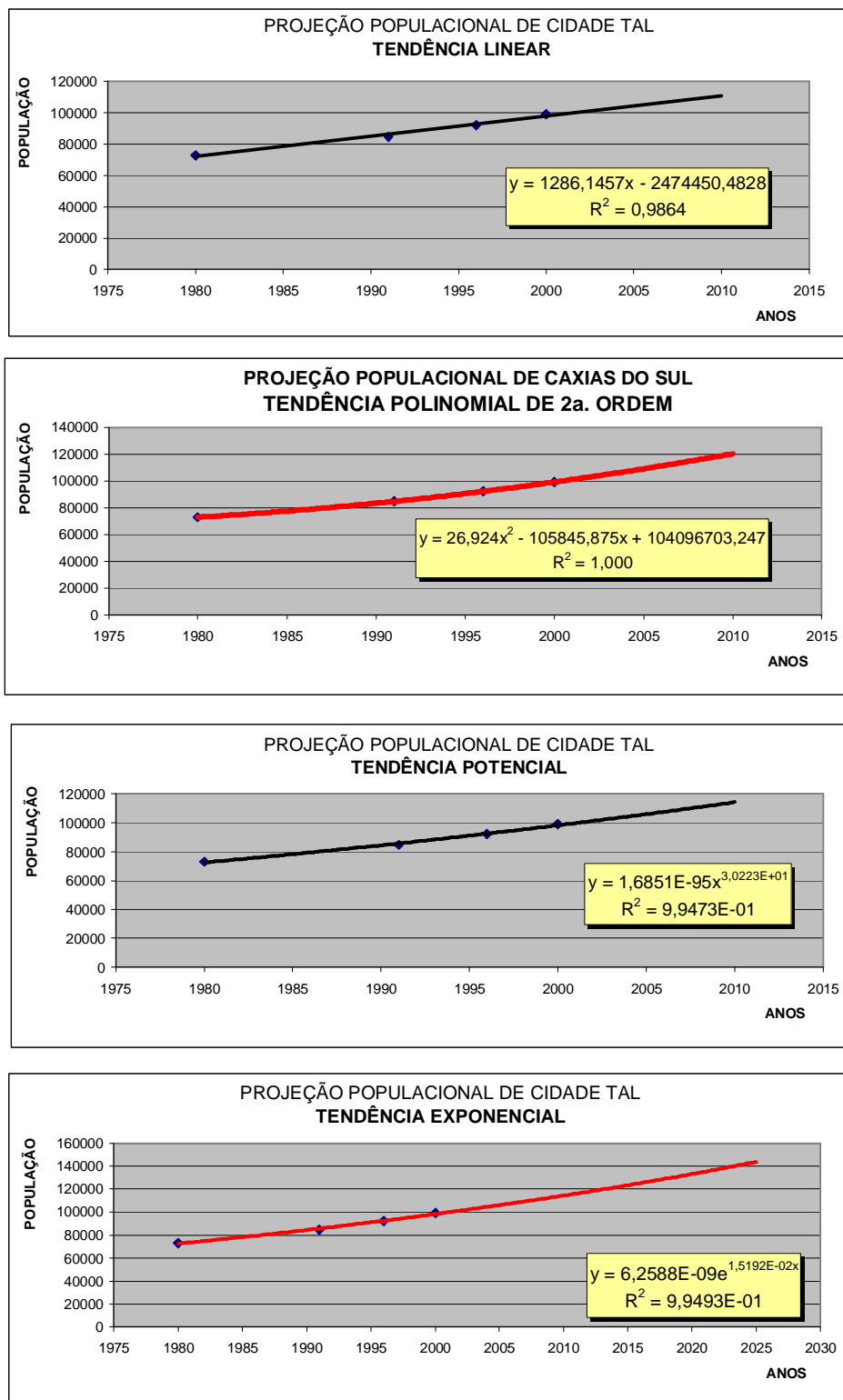


Figura 2: Aspectos dos gráficos com modelos matemáticos de projeção populacional



Para o estudo de consumos per capita, utiliza-se dados dos consumos micromedidos ao longo de 12 meses, com a população medida sendo estimada por meio do número de economias residenciais ativas medidas e da taxa habitante/domicílio, atualizada para o ano em estudo. Ressalta-se que é muito importante uma boa qualidade para estes dados, notadamente para a taxa hab/dom, que tem decrescido ano a ano no País, fato que quase nunca é levado em consideração nas operadoras. Neste ponto talvez resida o erro de muitas operadoras que alegam abastecer populações superiores àquelas computadas pelo IBGE (SNIS, Diagnóstico 2005).

A imprecisão do parque de micromedidores, e outras formas de perdas aparentes devem ser estimadas de forma conservadora, de preferência. A finalidade desta providência é se aproximar, a partir do *per capita* micromedido, do consumo *per capita* que mais provavelmente ocorre. Assume-se que o consumo *per capita* que ocorre efetivamente será sempre superior ao per capita micromedido, já que, por melhor que seja o parque de hidrômetros, sempre haverá submedição, sem contar as outras formas de perdas aparentes. Veja-se a Figura 3.



| MINISTÉRIO DAS CIDADES Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS DIAGNÓSTICO SITUACIONAL - PARTE II CARACTERIZAÇÃO GERAL DO OPERADOR E DO SISTEMA | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--------------------|---|-------------------------------|----------------|
| Responsável pelo diagnóstico: | | | EQUIPE 1 | | | Data: ABR 2006 |
| CÁLCULO DO CONSUMO PER CAPITA EFETIVO* MÉDIO ANUAL | | | | | | |
| * aquela que ocorreria se a contabilização dos consumos fosse perfeita. | | | | | | |
| FONTE: ÁREA COMERCIAL | | | | | | |
| MÊS | Número de Ligações Ativas Medidas | Número de Economias Residenciais Ativas Medidas | Volume Medido (m³) | População medida Num Econ x Taxa Hab/Dom (hab) | Per Capita Mensal (L/hab.mês) | |
| jan/05 | 29.164 | 32.325 | 589.449 | 105.024 | 5.612,52 | |
| fev/05 | 29.208 | 32.375 | 541.253 | 105.186 | 5.145,68 | |
| mar/05 | 29.264 | 32.427 | 532.708 | 105.355 | 5.056,31 | |
| abr/05 | 29.354 | 32.520 | 588.552 | 105.657 | 5.570,40 | |
| mai/05 | 29.412 | 32.605 | 502.286 | 105.934 | 4.741,50 | |
| jun/05 | 29.462 | 32.654 | 521.948 | 106.093 | 4.919,72 | |
| jul/05 | 28.548 | 32.769 | 514.316 | 106.466 | 4.830,80 | |
| ago/05 | 29.631 | 32.881 | 511.701 | 106.830 | 4.789,86 | |
| set/05 | 29.684 | 32.931 | 554.443 | 106.993 | 5.182,05 | |
| out/05 | 29.734 | 32.978 | 567.661 | 107.146 | 5.298,01 | |
| nov/05 | 29.783 | 33.024 | 595.750 | 107.295 | 5.552,45 | |
| dez/05 | 29.833 | 33.072 | 554.577 | 107.451 | 5.161,21 | |
| Média Anual do Consumo Per Capita (somatório da coluna / 365 dias) - L/hab.dia: | | | | | 169,48 | |
| Média Anual do Consumo Per Capita - L/hab.dia - com % maior admitido em relação ao medido, de: | | | | | 10,00% | |
| | | | | | 186,43 | |

ESTIMATIVA DE POPULAÇÃO URBANA ABASTECIDA EM 2005
 2005 - Índice de Cobertura do Abastecimento: 100%

| | |
|--|---------|
| Taxa Hab/Dom (0,90*3,61-taxa do IBGE) | 3,25 |
| Num total de econ residenciais ativas medidas de água: | 32.325 |
| Estimativa de População Total: | 105.024 |

IMPACTO DAS PERDAS REAIS NO CONSUMO PER CAPITA DO ESTUDO

| ANO | METAS ASSUMIDAS PARA PERDAS REAIS (para efeito do estudo) | hipótese de CONSUMO PER CAPITA EFETIVO (l/hab.dia) | CONSUMO PER CAPITA A UTILIZAR NO ESTUDO (l/hab.dia) |
|------|---|--|---|
| 2005 | 35,02% | 186,43 | 287 |
| 2006 | 32,00% | 186,43 | 274 |
| 2007 | 30,00% | 186,43 | 266 |
| 2008 | 29,00% | 186,43 | 263 |
| 2009 | 28,00% | 186,43 | 259 |
| 2010 | 27,00% | 186,43 | 255 |
| 2011 | 25,00% | 186,43 | 249 |
| 2012 | 23,00% | 186,43 | 242 |
| 2013 | 21,00% | 186,43 | 236 |
| 2014 | 19,00% | 186,43 | 230 |
| 2015 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2016 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2017 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2018 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2019 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2020 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2021 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2022 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2023 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2024 | 18,00% | 186,43 | 227 |
| 2025 | 18,00% | 186,43 | 227 |

Figura 3 – Aspecto da planilha de cálculo de *per capitas*



A demanda média disponibilizada para o sistema em estudo, em litros por segundo, é calculada com base nos dados anuais de vazão disponibilizada para os setores de abastecimento (Figura 4). Este dado de demanda média anual disponibilizada servirá para calibrar o modelo, levando a uma estimativa das perdas reais ocorrentes no sistema. Este pressuposto é válido, já que a utilização de um consumo *per capita* suposto “efetivo” nulifica as perdas aparentes. Uma série de restrições para a confiabilidade desta estimativa deve ser analisada, inclusive um conteúdo de “perdas aparentes” decorrentes de erros de macromedidores que nela pode estar embutida, além de usos autorizados como descargas de redes, limpeza de reservatórios, etc. que aparecerão como perdas reais se não forem descontados dos volumes anuais disponibilizados. A partir daí, é possível analisar o comportamento da demanda em face de diversas projeções para o comportamento das perdas reais, analisando-se o exemplo das figuras 3 e 4.

| MINISTÉRIO DAS CIDADES Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS DIAGNÓSTICO SITUACIONAL - PARTE II CARACTERIZAÇÃO GERAL DO OPERADOR E DO SISTEMA | | | | | |
|---|--------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| Responsável pelo diagnóstico: | | | PMSS | | |
| CIDADE TAL PREVISÃO DE DEMANDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA | | | | | |
| ANO | POPULAÇÃO PREVISTA (hab) | ÍNDICE DE POPULAÇÃO CONECTADA AO SISTEMA | POPULAÇÃO ATENDIDA EFETIVA | CONSUMO MÉDIO PER CAPITA EFETIVO (L/hab.dia) | DEMANDA MÉDIA DIÁRIA (L/s) Qm |
| 2005 | 105.946 | 100,00% | 105.946 | 287 | 352 |
| 2006 | 107.568 | 100,00% | 107.568 | 274 | 341 |
| 2007 | 109.214 | 100,00% | 109.214 | 266 | 337 |
| 2008 | 110.886 | 100,00% | 110.886 | 263 | 337 |
| 2009 | 112.583 | 100,00% | 112.583 | 259 | 337 |
| 2010 | 114.307 | 100,00% | 114.307 | 255 | 338 |
| 2011 | 116.057 | 100,00% | 116.057 | 249 | 334 |
| 2012 | 117.833 | 100,00% | 117.833 | 242 | 330 |
| 2013 | 119.637 | 100,00% | 119.637 | 236 | 327 |
| 2014 | 121.469 | 100,00% | 121.469 | 230 | 324 |
| 2015 | 123.328 | 100,00% | 123.328 | 227 | 325 |
| 2016 | 125.216 | 100,00% | 125.216 | 227 | 329 |
| 2017 | 127.133 | 100,00% | 127.133 | 227 | 335 |
| 2018 | 129.079 | 100,00% | 129.079 | 227 | 340 |
| 2019 | 131.055 | 100,00% | 131.055 | 227 | 345 |
| 2020 | 133.061 | 100,00% | 133.061 | 227 | 350 |
| 2021 | 135.098 | 100,00% | 135.098 | 227 | 355 |
| 2022 | 137.166 | 100,00% | 137.166 | 227 | 361 |
| 2023 | 139.266 | 100,00% | 139.266 | 227 | 366 |
| 2024 | 141.397 | 100,00% | 141.397 | 227 | 372 |
| 2025 | 143.562 | 100,00% | 143.562 | 227 | 378 |

| CÁLCULO DA DEMANDA MÉDIA OCORRIDA NO SISTEMA COM BASE NO VOLUME DISPONIBILIZADO - FEITA PARA CALIBRAR O ÍNDICE DE PERDAS REAIS | | |
|---|--|------------|
| 1 | VOLUME TOTAL PRODUZIDO (m³ - últimos 12 meses): | 11.557.000 |
| 2 | VOLUME TOTAL DISPONIBILIZADO (m³) em 12 meses: <i>assumido como sendo 96% do volume produzido</i> | 11.094.720 |
| | DEMANDA MÉDIA (L/s): | 352 |

Figura 4 – Exemplo de cálculo das demandas, calibrado pela demanda efetivamente verificada em 2005.



CONCLUSÕES

A aplicação desta ferramenta pelo PMSS em 10 sistemas de abastecimento demonstrou sua eficácia ao permitir a constatação que, na maioria destes sistemas, nenhum investimento no aumento da capacidade de produção será necessário nos próximos anos, caso as perdas reais sejam levadas a patamares aceitáveis (Quadro 1).

Quadro 1: Postergação de investimentos em produção em 10 sistemas analisados pela redução das perdas reais

| SISTEMA | Per capita micromedido L/hab.dia | Per capita adotado L/hab.dia | Vazão média disponibilizada para distribuição em 2005 L/s | PR - Perdas Reais % | Reduzindo PR (%) para: | Produção atual seria suficiente até: |
|---------|----------------------------------|------------------------------|---|---------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 169,01 | 189,30 | 1.833 | 21,15 | 15 | 2008 |
| 2 | 167,25 | 180,63 | 2.072 | 35,00 | 15 | 2018 |
| 3 | 169,48 | 186,43 | 352 | 35,02 | 18 | 2020 |
| 4 | 135,37 | 155,67 | 743 | 39,03 | 18 | 2019 |
| 5 | 113,83 | 147,98 | 1.117 | 45,00 | 18 | 2025 |
| 6 | 105,36 | 135,92 | 776 | 36,05 | 15 | 2016 |
| 7 | 111,60 | 139,50 | 323 | 22,00 | 15 | 2012 |
| 8 | 166,14 | 179,44 | 241 | 21,50 | 10 | 2022 |
| 9 | 133,02 | 159,62 | 176 | 29,50 | 16 | 2009 |
| 10 | 125,24 | 137,76 | 141 | 21,00 | 12 | 2005 |

Os gestores e dirigentes de sistemas, poderes concedentes, agências reguladoras e instâncias de financiamento podem utilizar uma ferramenta simples como essa para avaliar corretamente a real necessidade do aumento da exploração de mananciais, frequentemente submetidos a estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ESTEVAN, A. and VIÑUALES, V. (2000) La eficiencia del agua en las ciudades. Colección Nueva cultura del agua. Fundación Ecología y Desarrollo, Zaragoza, Espana. Bakeaz, Bilbao, Espana, 2000;
2. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Endereço eletrônico: www.ibge.gov.br ;
3. PMSS, Programa de Modernização do Setor Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. Brasil, 2007. Endereço eletrônico www.cidades.pmss.gov.br ;
4. PNCDa, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. Brasil, 2007. Endereço eletrônico www.cidades.gov.br/pncda ;
5. SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Página na internet mantida pelo PMSS, programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. Brasil, 2007. Endereço eletrônico www.snis.gov.br