



## Estimativa dos tipos de perdas de água pelo método balanço hídrico no sistema de abastecimento de Goiatuba, Goiás

**Camila Cristina Rodrigues da Costa<sup>1</sup>, Antônio Pasqualetto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pontifícia Universidade Católica de Goiás, (camila@arkis.com.br)

<sup>2</sup>Pontifícia Universidade Católica de Goiás e Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (pasqualetto@pucgoias.edu.br)

### Resumo

As companhias de saneamento convivem diariamente com as perdas de água, sendo que estas poderiam ser reduzidas otimizando-se a capacidade de atendimento com água tratada. Objetivou-se avaliar as perdas de água no sistema de abastecimento de Goiatuba, Goiás, no ano de 2010, através da aplicação do método balanço hídrico e de indicadores de performance. Para o desenvolvimento da metodologia de análise de perdas, foi utilizado o software desenvolvido pelo Banco Mundial *W-B Easy Calc* (v1.17), que segue o padrão da IWA, assim como, a base de dados da SANEAGO (2010) para atender os dados de entrada do software. Os resultados mostram que o sistema de abastecimento em Goiatuba necessita de intervenção técnica, para que as perdas de água possam ser reduzidas e se obter uma melhor eficiência no abastecimento.

**Palavras-chave:** Abastecimento de Água. Indicadores de Performance. Perdas.

**Área Temática:** Recursos Hídricos

### Abstract

*The sanitation companies have to deal with water loss on a daily basis, which could be reduced by optimizing the capacity of service with treated water. The objective was to evaluate the losses in the supply system in Goiatuba, Goiás, in 2010, by applying the water balance method and performance indicators. To the development of the methodology of loss analysis it was used a software developed by the World Bank W-B Easy Calc (v.17), which follows the pattern of the IWA, as well as Saneago's database (2010) to meet the entry data of the software. The results show that the water supply system in Goiatuba requires technical intervention, so that water losses can be reduced in order to get a better efficiency in the supply.*

**Key words:** Losses. Water Supply. Performance Indicators.

**Theme Area:** Water Resources

### 1 Introdução

Os prestadores de serviço de água no Brasil enviam anualmente os dados referentes ao Sistema de Abastecimento de Água – SAA, para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), considerado o maior e mais importante banco de dados do setor de saneamento brasileiro, sendo o SNIS vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. O banco de dados é utilizado para a elaboração do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, retratando a situação atual da prestação destes serviços no Brasil.



## 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

A publicação mais recente do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, publicada em 2009, apresentou o índice médio nacional de atendimento da população total de 81,7% para o abastecimento de água. Considerando somente a população urbana, os dados apontam um elevado atendimento pelo serviço de água com um índice de 95,2%. A publicação de 2008 apresentou índice 0,5 ponto percentual menor, sendo este de 94,7%. Entretanto, conforme dados de 2009, em Goiatuba, Goiás, o índice de atendimento total de água foi de 80,91%, enquanto que o índice de atendimento à população urbana foi 88,5% (SNIS, 2011).

Os sistemas de abastecimento de água são constituídos de unidades como captação, tratamento, reservação e distribuição. Em todas essas unidades ocorrem perdas de água, sejam elas físicas e/ou não-físicas como são classificadas.

As perdas de água são inerentes ao próprio sistema de abastecimento, pois, não existe sistema em funcionamento sem perdas. Por mais que uma companhia de saneamento possua um sistema operando com equipamentos e estruturas novas e uma boa gestão, as perdas estarão sempre presentes.

As companhias de saneamento, entidades responsáveis pela operação dos sistemas de abastecimento de água, convivem diariamente com as perdas de água. Uma das soluções para o controle e redução das perdas seria o monitoramento do sistema utilizando *softwares* para cálculo das perdas, e a partir destas perdas fazer investimentos em melhoria operacional.

Os sistemas de abastecimentos de água brasileiros, em sua maioria, possuem uma infraestrutura antiga e um mau gerenciamento por parte das companhias de saneamento. Estes fatores contribuem para o aumento dos índices de perdas de água e de receita, portanto, a melhoria na qualidade operacional e na gestão das companhias de saneamento é necessária para se obter melhor eficiência dos sistemas.

Pelo exposto, evidencia-se que as perdas elevadas nos sistemas implicam em ampliação da infraestrutura de uma companhia de saneamento, e consequentemente a exploração dos mananciais onde é realizada a captação da água, que além de abranger custos elevados para operação dos sistemas, ocasionam em maiores impactos nos recursos naturais.

Diante disto, objetivou-se avaliar as perdas de água no sistema de abastecimento público da cidade de Goiatuba, Goiás, utilizando o método balanço hídrico e os indicadores de performance.

### 2 Revisão Teórica

Conforme Tardelli Filho (2006, p.457), desde a captação no manancial até a distribuição de água tratada ocorrem diferentes tipos de perdas, que em grande parte são causadas por operação e manutenção deficientes das tubulações e inadequada gestão comercial das companhias de saneamento.

As perdas de água em um sistema de abastecimento público podem ser classificadas como perda física e perda não-física. Segundo Tardelli Filho (2006),

A perda física é a perda que “corresponde ao volume de água produzido que não chega até o consumidor final, devido à ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais”. Este tipo de perda também é denominado de perda real, conforme a nova nomenclatura definida pela *International Water Association – IWA*. Diferente da perda física, a perda não-física, “corresponde ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, esta decorre de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Nesse caso então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada”. De acordo com a IWA, esse tipo de perda denomina-se perda aparente, mas está sendo frequentemente utilizado o termo perda comercial. (TARDELLI FILHO, 2006, p.458)



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Algumas ações básicas como controle da pressão, controle ativo de vazamentos, gerenciamento da infraestrutura, agilidade e qualidade dos reparos, podem auxiliar na redução das perdas físicas. Redução da imprecisão dos medidores, qualificação da mão-de-obra, melhorias no sistema comercial, controle das fraudes e ligações clandestinas, são ações que quando postas em prática ajudam no controle das perdas não-físicas (MELATO, 2010).

O balanço hídrico é uma forma estruturada de avaliar os fluxos, usos e as perdas de água no sistema. É uma poderosa ferramenta de gestão, pois através destes, podem ser gerados diversos indicadores de desempenho para o acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais (MELATO, 2010).

A avaliação do volume de água perdido é relativamente simples, sendo a diferença entre o volume disponibilizado para a distribuição e o volume consumido. Entretanto, este volume representa a perda de água total, e para se determinar o valor da perda real e da aparente são necessários cálculos e adoção de hipóteses mais complexas e ainda execução de ensaios de campo (PALO, 2010).

Segundo Tardelli Filho (2006), os indicadores de perdas demonstram a situação das perdas no sistema, podendo gerenciar a evolução dos volumes perdidos e redirecionar as ações de controle, além de poder comparar sistemas de abastecimento de água distintos.

O Banco Mundial desenvolveu um guia geral através do *software World Bank Easy Calc* (WB, 2006), que estabeleceu valores para o Índice de Vazamentos da Infraestrutura (IVI), e perdas reais em L/ligação\*dia para sistemas de países desenvolvidos e países em desenvolvimento, com diferentes faixas de operação. Assim, é possível verificar se o sistema encontra-se ou não em níveis aceitáveis, e direcionar melhor as ações.

O IVI é indicado para o cálculo das perdas reais, pois leva em consideração a pressão de operação do sistema, o que o torna mais completo que outros indicadores propostos pela IWA. É um indicador muito utilizado pelas prestadoras de serviços de saneamento em diversos países como a melhor descrição da eficiência do gerenciamento de perdas reais em SAA.

### 3 Metodologia

A cidade de Goiatuba, Goiás, foi evidenciada nesta pesquisa, em função da disponibilidade de dados necessários para aplicação do método balanço hídrico. O período escolhido para avaliação das perdas foi de 12 meses, Janeiro à Dezembro de 2010, e para o desenvolvimento da metodologia de análise das perdas, foi utilizado o *software* desenvolvido pelo Banco Mundial *W-B Easy Calc* (v1.17), que segue o padrão da IWA (LAMBERT e HIRNER, 2000).

Utilizou-se a base de dados da SANEAGO (2010) para atender os dados de entrada do *software*, fazendo-se a assim a equivalência como consta no Quadro 1.

Os resultados foram expressos em m<sup>3</sup>/ano e apresentados através de uma planilha contendo o balanço hídrico do sistema. Por meio desta planilha, foi realizada a análise sobre a situação que se encontram as perdas de água no SAA da cidade de Goiatuba através do cálculo dos indicadores de performance.

O Índice Infraestrutural de Perdas (IIE) termo corresponde ao Índice de Vazamentos da Infraestrutura (IVI), foi utilizado neste trabalho sendo calculado através da relação entre o nível atual de perdas do sistema e o nível econômico aceitável. Portanto, o resultado é um número adimensional, que expressa quantas vezes o sistema está pior do que o nível tecnicamente aceitável, e quanto mais distante do valor unitário for o resultado, pior é a condição de perdas do sistema.

$$IIE = \frac{\text{Perdas Reais Anuais}}{\text{Perdas Inevitáveis Anuais}}$$



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Quadro 1 – Equivalência dos dados de entrada do *software* com as variáveis da SANEAGO.

Dados de entrada ( <i>software</i> )	Variável correspondente (SANEAGO, 2010)
1 – “Sys. Imput” / Volume de entrada no sistema	- Volume de água disponibilizada (2.103.459 m <sup>3</sup> /ano)
2 – “Billed Cons.” / Consumo faturado	- Volume faturado medido (1.311.392 m <sup>3</sup> /ano) - Volume faturado não medido (76.793 m <sup>3</sup> /ano)
3 – “Unb. Cons.” / Consumo não faturado	- Contas da SANEAGO + Perdão de dívidas (4.207 m <sup>3</sup> /ano) - Volume de água de atividades operacionais especiais (18.090 m <sup>3</sup> /ano)
4 – “Unauth. Cons.” / Consumo não autorizado	- Economias totais de água em Dezembro/2010 (9.757 economias) - Taxa de ocupação (2,98 hab/domicílio) - População atendida com água em Dezembro/2010 (25.945 hab) - Volume consumido medido (1.382.238 m <sup>3</sup> /ano) - Ligações totais de água em Dezembro/2010 (9.060 ligações) - Hidrômetros violados, bypasses em clientes registrados (200 ligações)
5 – “Meter Errors” / Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados	- Volume faturado medido (1.311.392 m <sup>3</sup> /ano) - Contas da SANEAGO + Perdão de dívidas (4.207 m <sup>3</sup> /ano)
6 – “Network” / Dados da rede	- Extensão total da rede de água em Dezembro/2010 (174,7 Km) - Ligações totais de água em Dezembro/2010 (9.060 ligações) - Comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro (4,5 m)
7 – “Pressure” / Pressão média	- Pressão média diária (20 mca) - Número de ligações aproximado com a pressão média diária (5.000 ligações)
8 – “Intermittent Supply” - Abastecimento intermitente	- Área com abastecimento intermitente (10%) - Número de ligações aproximado com intermitência no abastecimento (2.000 ligações) - Tempo de abastecimento (7 dia/semana; 18h/dia)
9 – “Financial Data” / Informação financeira	- Tarifa média por m <sup>3</sup> (R\$ 2,17) - Custo variável de produção e distribuição por m <sup>3</sup> - custo marginal da água (R\$ 1,87) - Custo operacional anual – sem depreciação (R\$ 3.773.185)

Para o cálculo do IIE, foi calculado as Perdas Inevitáveis Anuais, termo correspondente às Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) por uma fórmula baseada em estudos realizados em diversos países, sendo esta:

$$PRAI = \frac{18 * Lm + 0,8 * Nc + 25 * Lp}{1000} * P$$

Na fórmula acima que calcula o PRAI, foi utilizado o comprimento da rede (Lm) em Km, o número de ramais (Nc), a extensão entre a testada do imóvel e o hidrômetro (Lp) em m, e a pressão média de operação do sistema (P) em m.c.a. Como no Brasil, os hidrômetros são instalados praticamente junto à testada do imóvel, o termo (Lp) pode ser considerado nulo (TARDELLI FILHO, 2006).

As Perdas Reais Anuais e as Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) foram apresentadas em uma planilha de volume de perdas reais, extraída do *software* utilizado, sendo a nomenclatura do primeiro item citado, Perdas Reais Anuais Correntes (PRAC) expressas em m<sup>3</sup>/ano.

No indicador de performance financeira, o valor de água não faturada foi calculado através dos componentes de água não faturada (consumo não faturado e perdas de água), valorados a partir da tarifa média (se a água puder ser vendida) ou custo de produção e



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

distribuição (se a redução da componente de água tratada levar apenas a redução do volume de entrada no sistema).

Entretanto, para facilitar a interpretação dos resultados obtidos na planilha do balanço hídrico, foi apresentado um gráfico que apresenta as parcelas de perdas de água, o consumo autorizado não faturado e a água faturada, em volume ( $m^3/ano$ ) e em reais (R\$).

## 4 Resultados

Com o preenchimento de todas as planilhas do *software*, foi obtido o balanço hídrico do sistema de abastecimento de água de Goiatuba, com todos os seus componentes extraídos da planilha “Water Balance”/Balanço Hídrico como está apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Balanço hídrico do sistema de abastecimento de água de Goiatuba

Início	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido 1.311.392 $m^3/ano$	Água faturada 1.388.185 $m^3/ano$
Volume anual de entrada no sistema	Consumo autorizado faturado 1.388.185 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo faturado não medido 76.793 $m^3/ano$	
2.103.459 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 1,5%	Consumo autorizado não faturado 22.297 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 0,8%	Consumo não faturado medido 4.207 $m^3/ano$	
	Perdas aparentes 246.581 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 10,8%	Consumo não faturado não medido 18.090 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 1,0%	
		Perdas não autorizado 89.214 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 30,0%	
		Imprecisões das medições e erros de manipulação dos dados 157.367 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 0,5%	
		Perdas reais 446.396 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 9,3%	
			Água não faturada 715.274 $m^3/ano$ Margem de erro [+/-] 4,4%

Fonte: Software World Bank Easy Calc (WB, 2006)

O volume anual de água entrada no Sistema de Abastecimento de Goiatuba (água disponibilizada) foi em 2010 de 2.103.459  $m^3/ano$ . O consumo faturado total, que se refere ao volume micromedido e estimado foi de 1.388.185  $m^3/ano$ , enquanto que o consumo não faturado, caracterizado pelos volumes utilizados para atividades operacionais, caminhões-pipa, apagar incêndios e usos sociais, totalizou em 22.297  $m^3/ano$ .

Na determinação das perdas aparentes, o consumo não autorizado foi de 89.214  $m^3/ano$ , representando 36,18% das perdas aparentes. Para as imprecisões de medições e erros de manipulação dos dados o total foi de 157.367  $m^3/ano$ , representando 63,82% das perdas aparentes.

As perdas de água totais, 692.977  $m^3/ano$ , representaram 32,94% do volume de entrada no sistema, e foram subdivididas em 246.581  $m^3/ano$  para perdas aparentes, representando 35,58% do total de perdas, e 446.396  $m^3/ano$  para as perdas reais, com 64,42%, sendo estas as perdas predominantes em 2010 no SAA de Goiatuba.

Os indicadores de performance foram obtidos através da planilha “PIs/Indicadores de performance”, sendo apresentados a seguir, e primeiro é apresentado os indicadores de performance de perdas reais e aparentes (Figura 2).



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Figura 2 – Indicadores de performance de perdas reais e aparentes do SAA de Goiatuba

	Indicadores de Performance de perdas reais				Grupo de Performance	
	Melhor estimativa	Margem de erro [+/- %]	Limite inferior	Limite superior	Pais Desenvolvido	Pais em Desenvolvimento
Índice de Vazamentos da Infra-estrutura (IVI)	5,7	50,5%	2,8	8,6		
Litros por ligação por dia (q.s.p.)	173,1	50,9%	84,9	261,2		
q.s.p.: quando o sistema está pressurizado - isto significa que o valor já está corrigido no caso de intermitência no abastecimento						
Litros por ligação por dia por metro de pressão (q.s.p.)	8,7	50,9%	4,2	13,1		
m <sup>3</sup> /km rede por hora (q.s.p.)	0,39	53%	0,18	0,60		
Indicadores de Performance de perdas aparentes						
Perdas Aparentes expressa em % do Consumo Autorizado	17,5%	10,8%	15,6%	19,4%		

Comparando o IVI calculado (5,7) com os valores de referência do Guia Geral desenvolvido pelo Banco Mundial, o SAA de Goiatuba se enquadrou no Grupo de Performance B (país em desenvolvimento) indicando que há potencial para melhorias significativas, deve-se considerar o gerenciamento de pressão, adotar práticas melhores de controle ativo de vazamentos e uma boa manutenção da rede.

Os indicadores de performance financeira (Figura 3) são o volume de água não faturada expressa em porcentagem do volume de entrada no sistema e valor da água não faturada expressa em porcentagem do custo operacional anual.

Figura 3 – Indicadores de performance financeira do SAA de Goiatuba

	Indicadores de Performance financeira			
	Melhor estimativa	Margem de erro [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
Volume de água não faturada expressa em % do volume de entrada no sistema	34%	6,2%	31,9%	36,1%
Valor da água não faturada expressa em % do custo operacional anual	37,4%	6,2%	35,1%	39,8%

Nos indicadores de performance financeira, o valor da água não faturada de R\$ 1.412.799 (calculado pelo *software*), e o custo operacional do SAA de Goiatuba em 2010 foi de R\$ 3.773.185 (SOUZA, 2011).

Foi apresentado um gráfico retirado da planilha “Charts/Gráficos”, com as perdas de água em volume (m<sup>3</sup>/ano) e valor/custo (R\$), separando as respectivas parcelas de água faturada, consumo autorizado não faturado, perdas aparentes e perdas reais (Figura 4).

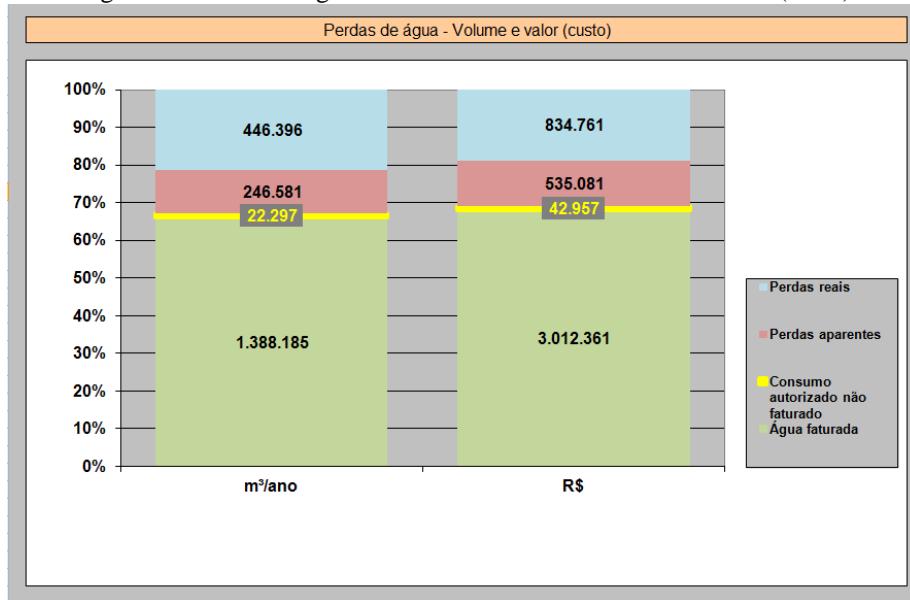
Observando a Figura 4, verificou-se que as perdas de água correspondem a 32,94% do volume anual de entrada no sistema, representando valor/custo de R\$ 1.369.842,00 para a companhia de saneamento, onde se destaca as perdas reais contribuem com 21,22% do total de perdas, gerando custo de R\$ 834.761,00.



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Figura 4 – Perdas de água do SAA de Goiatuba – volume e valor (custo)



As perdas de água, além de gerarem custos elevados para a companhia de saneamento, implicam em perdas sociais e ambientais que podem ser reduzidas otimizando o sistema existente.

## 5 Conclusões

O software *W-B Easy Calc* (v1.17), utilizado para o cálculo do balanço hídrico, com a finalidade de diagnosticar as perdas de água em sistemas de abastecimento, pode ser aplicado em qualquer cidade, desde que seja definido os limites a serem estudados e que se obtenham os dados necessários.

Pode se concluir a partir dos dados obtidos, onde as perdas totais do sistema representam 32,94%, sendo 21,22% as perdas físicas e 11,72% as não-físicas, que o Sistema de Abastecimento em Goiatuba necessita de intervenção técnica na operação do sistema (SANEAGO) que deverá atuar no gerenciamento e melhorar assim a eficiência, para reduzir as perdas de água em vazamentos (adutoras, redes de distribuição e reservatórios) e extravasamentos (reservatórios), que são as perdas reais.

Recomenda-se que, no sistema de abastecimento de água de Goiatuba seja realizado gerenciamento das pressões na rede, controle ativos de vazamentos, velocidade e qualidade dos reparos, obtendo-se através dessas ações, controle sobre as perdas físicas.

## Referências

LAMBERT, A.; HIRNER, W. International Water Data Comparisons Ltd. Llandudno, LL 30 ISL, UK. Losses from Water Supply systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. **IWA (International Water Association)**. The blue pages – The IWA information source on drinking water issues, 2000.

**MELATO, D. S. Discussão de uma Metodologia para o Diagnóstico e Ações para Redução de Perdas de Água:** Aplicação no Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2010.



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

PALO, P. R. **Avaliação da Eficácia de Modelos de Simulação Hidráulica na Obtenção de Informações para Diagnóstico de Perdas de Água.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2010.

SANEAMENTO DE GOIÁS S/A - SANEAGO. **Planilhas de variáveis do ano de 2010 da cidade de Goiatuba.** Relatório não publicado, 2010.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2009.** Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) – Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2011.

SOUZA, A. G. Engenheiro Eletricista, Departamento de Coordenação de Desenvolvimento Energético e Automação (SANEAGO). **Entrevista concedida a Camila Cristina Rodrigues da Costa.** Goiânia, 3 novembro, 2011.

TARDELLI FILHO, J. T. Controle e Redução de Perdas. IN: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** 3ª Edição. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006, p. 457 a 525.

WORLD BANK - WB, *Software WB – Easy Calc*, Version 1.17, 2006. Disponível em: <[www.liemberger.cc](http://www.liemberger.cc)>. Acesso em: 5 outubro, 2011.