

VALORAÇÃO AMBIENTAL DAS PERDAS DE ÁGUA E DE ENERGIA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS PAULISTAS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Fernanda Santos Mota de Jesus^{1*}
Wilson Cabral de Sousa Júnior²

1 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

2 Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

* fersmjesus@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As políticas no setor de abastecimento de água têm buscado o equilíbrio entre oferta e demanda através da gestão pela oferta, ou seja, a demanda possui valores constantes ou gradativamente crescentes, e buscam-se outros mananciais para exploração, ampliação dos sistemas de abastecimento de água, etc. a fim de adequar a oferta (GONÇALVES *et al.*, 2009). Miranda (2002) afirma que a cultura do aumento da oferta, conjuntamente com outros fatores, tais como investimentos escassos e falta de desenvolvimento tecnológico nas redes de distribuição e nas operações, a ampliação da carga e extensão das redes não previstas em projetos, dentre outros fatores, propiciaram crescimento das perdas de água nos sistemas de abastecimento de água.

No Brasil, em 2016, a média das perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento de água foi de aproximadamente 38,1% do volume total produzido, sendo que para Região Sudeste foi de 34,7% e de 36,1% considerando-se somente o estado de São Paulo (BRASIL, 2018). O Plano Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2013) prevê metas para o índice de perdas a nível nacional de 36%, em 2018; de 34%, em 2023; e 31%, em 2033. Já para a Região Sudeste a meta para 2018 é de 33%, e é prevista redução de 2% até 2023 e de 9% entre 2023 e 2033, para alcançar valores de 32% e 29%, respectivamente.

Além do combate sistemático de perdas, os sistemas de abastecimento de água requerem ações para a eliminação do desperdício de água e o uso adequado de energia elétrica (PEREIRA, 2014). A seguir serão abordados os conceitos de perdas de água, os indicadores utilizados para estudo das perdas de água, bem como da energia desperdiçada associada às perdas de água.

PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Segundo Gonçalves *et al.* (2009, p. 42), perda “*é a quantidade de água prevista para a realização de um ou mais usos, mas que não é utilizada devido a deficiências técnicas, operacionais, econômicas ou de outro tipo*”. A International Water Association (IWA), classifica as perdas de água em reais, sendo os vazamentos no sistema de abastecimento e função das características das tubulações, práticas operacionais e níveis de tecnologia; e aparentes, que incluem as parcelas de água que não são contabilizadas em função dos erros comerciais e gerenciais, das fraudes pelas ligações clandestinas e dos erros de medição nos hidrômetros, entre outros (ABES, 2015).

As perdas de água em sistemas de abastecimento de água devem-se, então, tanto aos aspectos técnicos e físicos, relacionados à infraestrutura (idade do sistema, material das tubulações, qualidade dos medidores), como aqueles associados ao gerenciamento (GONÇALVES *et al.*, 2009). O controle das perdas de água apresenta limites econômico e técnico: o limite econômico representa o limiar entre os custos para a execução das ações de combate às perdas e os custos de exploração e distribuição da água, e o limite técnico é delimitado pelas tecnologias disponíveis (ABES, 2015). Trata-se, portanto, de uma análise de custo e benefício exclusivamente econômica, desconsiderando-se os custos socioambientais de perdas de água, bem como os benefícios socioambientais devido à sua redução.

Os indicadores de perdas de água apresentam-se como instrumentos para o diagnóstico de sistemas de abastecimento de água, sejam isolados ou entre sistemas diversos (GONÇALVES *et al.*, 2009). Segundo o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (BRASIL, 2003) os indicadores de perdas de água, em nível básico de desempenho, são:

- índice de perdas na distribuição: relação entre volume consumido e ofertado, em percentual;

- índice de perdas de faturamento: relaciona volumes disponibilizado e faturado;
- índice linear bruto de perdas: relaciona volumes de perdas de água com a extensão da rede;
- índice de perdas por ligação: relaciona volumes de perdas de água e a quantidade de ligações de água.

Autores têm apontado que os indicadores de perdas de água em percentual não são adequados para avaliar o desempenho do sistema de distribuição por serem sensíveis quanto a variação de consumo e da intermitência (MIRANDA, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2009). Como alternativa, apontam a utilização complementar de outros indicadores de perdas (MIRANDA, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2009) e de indicadores que possibilitem a compreensão das condições operacionais dos sistemas, tais como macro e micromedição, consumo médio, ligações inativas, dentre outros (MIRANDA e KOIDE, 2003). Com os avanços nas discussões acerca dos indicadores de perdas, o índice mais amplamente aceito pela comunidade científica tem sido o Índice de Vazamentos da Infraestrutura proposto por Lambert *et al.* (1999), que estabelece as perdas reais anuais inevitáveis para o valor mínimo tecnicamente viável dada uma certa pressão de operação do sistema.

No Brasil, a fonte oficial de dados de indicadores de perdas de água é o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. O SNIS é um banco de dados do setor de saneamento, criado em 1996 a nível federal, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA do Ministério das Cidades, com informações e indicadores de caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e de manejo de resíduos sólidos urbanos. Os indicadores de perdas de água apresentados no SNIS são os básicos apresentados pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (BRASIL, 2003). Já o Índice de Vazamentos de Infraestrutura não é passível de ser obtido com base nos dados do SNIS pela inexistência de dados de pressão de operação do sistema. Sendo assim, para a presente pesquisa considerou-se os índices de perdas apresentados no SNIS conjuntamente com os indicadores complementares propostos por Miranda e Koide (2003).

PERDAS DE ÁGUA E ENERGIA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

As perdas de água nos sistemas de abastecimento de água acarretam em prejuízos financeiros e operacionais devido a utilização de energia, produtos químicos, etc. (GONÇALVES *et al.*, 2009; VICENTINI, 2012; MESQUITA *et al.*, 2007 *apud* PEREIRA e CONDURÚ, 2014). A energia utilizada para o transporte do volume perdido de água é considerada como energia desperdiçada (PEREIRA e CONDURÚ, 2014). Estima-se que, associado ao volume de água perdido, o desperdício de energia necessária para o transporte de água é de 0,6kWh/m³ de água produzida, mas depende do tipo de sistema de abastecimento (TSUTYIA, 2001).

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), no ano de 2016 o consumo total de energia elétrica dos prestadores de serviços do setor de saneamento na Região Sudeste aproximou-se de 3.712 GWh por ano, representando em média 15,3% das despesas de exploração (BRASIL, 2018). As despesas com energia elétrica devem-se a utilização de equipamentos eletromecânicos na operação das unidades, em prédios administrativos, iluminação de áreas internas e externas, equipamentos de monitoramento e controle, dentre outros. Os conjuntos motor e bomba das estações elevatórias de água são os principais responsáveis pelas despesas com energia elétrica, sendo responsável por cerca de 90% a 95% do total, mas varia em função da extensão da rede, da topografia da área de abrangência e outros fatores físicos (GONÇALVES *et al.*, 2009). O Plano Nacional de Eficiência Energética (BRASIL, 2012) aponta um potencial de recuperação de energia elétrica devido a energia desperdiçada no setor de saneamento do Brasil de 4,705 TWh em 2007, sendo 2,62 TWh (56%) pela redução de perdas reais de água (2,62 TWh).

2. OBJETIVO

O estudo apresentado objetivou avaliar as perdas de água nos sistemas de distribuição dos municípios paulistas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, estimar as perdas de energia associada e valorar os custos ambientais incorridos devido às perdas de água e de energia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha da Bacia Hidrográfica como região de estudo deve-se ao fato de que, conforme Miranda (2002), os programas voltados para o controle de perdas de água em sistemas de abastecimento devem estar integrados a

gestão dos recursos hídricos na escala de bacia hidrográfica. Foram coletados indicadores relacionados às perdas de água no sistema de abastecimento de água, são eles: índice de perdas na distribuição em percentual, índice bruto de perdas lineares e índice de perdas por ligação. Os três indicadores de perdas existentes no SNIS foram utilizados para um maior embasamento na análise conforme recomendado por Miranda (2002) e Gonçalves *et al.* (2009). Os indicadores de perdas de água do SNIS são função do volume produzido e tratado importado, ou seja, corresponde ao valor medido ou estimado na saída da Estação de Tratamento de Água, considerando somente as perdas de água na fase de distribuição. Também foram levantados dados de consumo de energia a fim de avaliar a energia desperdiçada. Os indicadores do SNIS que foram utilizados na pesquisa estão apresentados na Tabela 1. Considerou-se para análise o período entre 2009 e 2013 para as perdas de água e o ano de 2013 como base para demais indicadores (SNIS, 2010 - 2014). O período 2014-2016 não foi considerado devido crise hídrica que acarretou em alterações na gestão dos serviços de abastecimento de água que devem ser melhor explorados em estudos de enfrentamento conforme ANASAWA (2017).

Tabela 1: Indicadores coletados do SNIS.

	Sigla	Descrição	Unidade
POPULAÇÃO	AG001	População total atendida com abastecimento de água	hab.
ÁGUA	IN022	Consumo médio <i>percapita</i> de água	l/hab./dia
	AG006	Volume de água produzido	1.000 m ³ /ano
	AG010	Volume de água consumido	1.000 m ³ /ano
	AG018	Volume de água tratada importado	1.000 m ³ /ano
	AG024	Volume de serviço	1.000 m ³ /ano
REDE	AG002	Quantidade de ligações ativas de água	ligações
	AG005	Extensão da rede de água	km
MEDIÇÃO	IN010	Índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado	%
	IN011	Índice de macromedicação	%
PERDAS	IN049	Índice de perdas na distribuição	%
	IN050	Índice bruto de perdas lineares	m ³ /dia/km
	IN051	Índice de perdas por ligação	l/dia/lig.
TARIFA	IN005	Tarifa média de água	R\$ m ⁻³
ENERGIA	AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água	1.000 kWh/ano
	FN013	Despesa com energia elétrica	R\$ ano ⁻¹
	ES028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos	1.000 kWh ano ⁻¹
	IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	kWh/m ³

ÁREA DE ESTUDO

O rio Paraíba do Sul é formado pela união dos rios Paraíba e Paraitinga, na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, a 1.800 m de altitude, com comprimento aproximado de 1.100 km. A Bacia do Rio Paraíba do Sul integra a Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, englobando 183 municípios localizados nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, sendo 39 localizados no último. A área total da Bacia é de 61.307 km², com 13.934 km² localizados no Estado de São Paulo, totalizando 22,73% da área total (AGEVAP, 2014).

Os municípios paulistas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul são: Aparecida, Arapeí, Areias, Arujá, Bananal, Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Cruzeiro, Cunha, Guararema, Guaratinguetá, Guarulhos, Igaratá, Jacareí, Jambeiro, Lagoinha, Lavrinhas, Lorena, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Paraíba, Pindamonhangaba, Piquete, Potim, Queluz, Redenção da Serra, Roseira, Santa Branca, Santa Isabel, São José do Barreiro, São José dos Campos, São Luís do Paraitinga, Silveiras, Taubaté e Tremembé. Os municípios de Arujá e Guarulhos foram desconsiderados por não utilizarem água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, mas da Bacia do Alto Tietê. Para os municípios de Areias, Cunha, Potim e São Luís do Paraitinga não foram encontrados dados na série do SNIS. E, para os municípios Aparecida, Natividade da Serra, Santa Isabel e São José do Barreiro há ausência de dados em algum dos anos analisados.

VALORAÇÃO AMBIENTAL DAS PERDAS DE ÁGUA E DE ENERGIA DESPERDIÇADA

Com base nos dados de perdas de água e consumo de energia do SNIS foi estimada a energia desperdiçada devido às perdas de água através da equação 2. O produto entre o volume de perdas de água (equação 1) e o índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água resulta no valor aproximado de energia elétrica utilizada para o volume de água perdida, que denominaremos de energia desperdiçada (kWh por ano). Ressalta-se que a energia elétrica considerada no IN058 engloba todas as unidades que compõem os sistemas, desde as operacionais até as administrativas. Sendo assim, trata-se de uma estimativa preliminar considerando-se a limitação de dados da fonte utilizada.

$$\text{Volume de perdas de água [1.000 m}^3\text{/ano]} = \text{AG006+AG018-AG010-AG024} \quad \text{equação (1)}$$

$$\text{Energia desperdiçada [kWh/ano]} = \text{IN058} * \text{Volume de perdas} \quad \text{equação (2)}$$

Com intuito de valorar as perdas de água ocorridas na distribuição foram levantados os valores das tarifas de água de cada município do ano de 2013 (SNIS, 2014). Assim foi possível calcular os custos que seriam incorridos aos consumidores caso a água perdida fosse disponibilizada para consumo conforme equação 3. Essa técnica de valoração ambiental é classificada como “custos evitados” (MOTTA, 1997). O mesmo método foi utilizado para valoração ambiental da energia desperdiçada devido às perdas de água. Porém, foram calculados os custos de energia incorridos pelas prestadoras de serviços nos sistemas de água para volumes de água perdidos. Com base no SNIS (2014) e no volume de perdas de água, essa estimativa foi possível através da equação 4, com exceção de Paraibuna pela falta de dados quanto ao índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

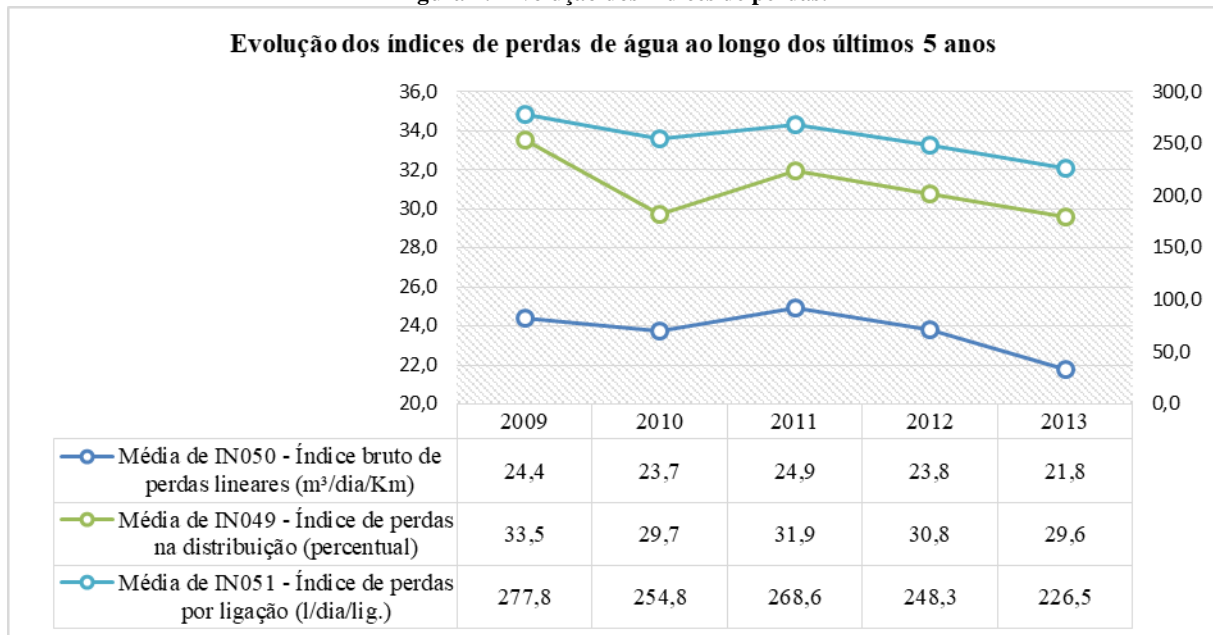
$$\text{Custos evitados devido perdas de água } \left[\frac{\text{R\$}}{\text{ano}} \right] = \text{IN005} * \text{Volume de perdas de água (eq.1)} * 1000 \quad \text{equação (3)}$$

$$\text{Custos evitados devido energia desperdiçada } \left[\frac{\text{R\$}}{\text{ano}} \right] = \frac{\text{FN013}}{(\text{AG028+ES028})} * \frac{\text{Energia desperdiçada (eq.2)}}{1000} \quad \text{equação (4)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se todos os municípios conjuntamente, a média dos índices de perdas de água apresentou uma redução ao longo dos cinco anos analisados, sendo que o índice de perdas na distribuição apresentou uma queda mais acentuada (-9%). Os valores da média dos índices de perdas de água estão apresentados na Figura 1. Comparando-se os valores de 2013 com a realidade brasileira, estes são inferiores às médias do Estado de SP (32,9%; 29,9 m³ dia-1 km-1; 324,3 L dia-1 lig-1), da Região Sudeste (32,6%, 29,8 m³ dia-1 km-1, 341,9 L dia-1 lig-1) e do Brasil (36,7%, 27,7 m³ dia-1 km-1, 349,4 L dia-1 lig-1). A perda agregada anual de água na distribuição de água dos 26 municípios do Estado de Paulo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul analisados foi de 68.938,02 m³ em 2013.

Figura 1: Evolução dos índices de perdas.

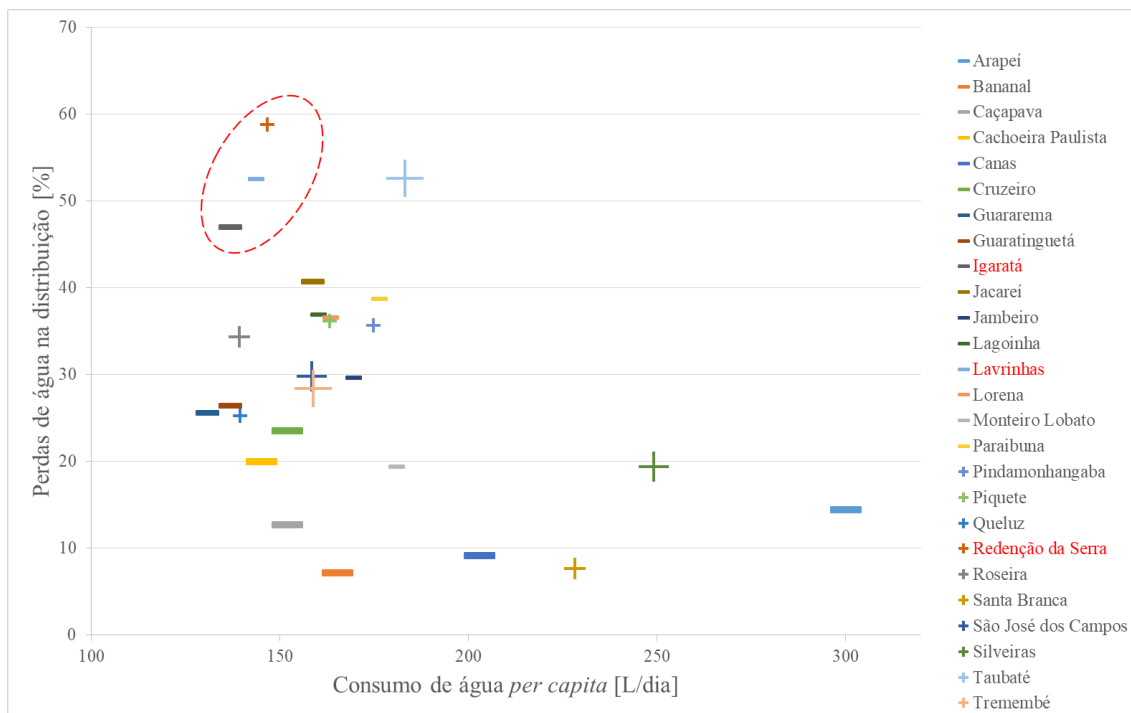


Na revisão da literatura foi destacada a questão da energia desperdiçada utilizada para distribuição do volume de água perdido (Gonçalves *et al.*, 2009; Brasil, 2012; Vicentini, 2012; Mesquita *et al.*, 2007 apud Pereira e Condurú, 2014). Somando-se as estimativas obtidas para os 26 municípios estudados, em 2013 a região desperdiçou 45 GWh.

ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA NA DISTRIBUIÇÃO

Na Figura 2 estão apresentados os dados de perdas de água na distribuição e consumo de água *per capita*; além das variações das perdas de água ao longo do tempo no período entre 2009 e 2013 estarem indicados pelos sinais “+” (aumento) e “-” (redução), sendo o tamanho proporcional a essa variação. Os municípios em vermelho, que estão no círculo tracejado, apresentam valores baixos de macro e/ou micromedição.

Figura 2. Relação entre perdas de água na distribuição, consumo de água *per capita* e variação das perdas de água ao longo do tempo.



Segundo Gonçalves (2009), índices superiores a 40% representam más condições do sistema, entre 40% e 25% condições intermediárias e menor do que 25%, sistema com bom gerenciamento de perdas. Observa-se que os municípios de Igaratá, Jacareí, Lavrinhas, Redenção da Serra e Taubaté apresentam maiores valores de perdas de água na distribuição, superiores a 40%, sendo que os dois últimos têm apresentado aumento entre os anos de 2009 e 2013. Mas é importante ressaltar que os municípios de Igaratá, Lavrinhas e Redenção da Serra apresentam valores baixos de macro e/ou micromedicação e, portanto, tratam-se de valores estimados e sujeitos a erros.

Os municípios de Cachoeira Paulista, Monteiro Lobato, Caçapava, Canas, Cruzeiro, Bananal, Arapeí, Silveiras e Santa Branca apresentaram perdas de água na distribuição em 2013 inferiores a 25%; entretanto os dois últimos municípios têm apresentado aumento desse índice ao longo do tempo. Os demais municípios apresentaram perdas de água entre 25 e 40%, mas vale destacar que os municípios de Piquete, Pindamonhangaba, Roseira, São José dos Campos, Tremembé e Queluz têm apresentado aumento das perdas ao longo do tempo.

Quanto ao consumo de água *per capita*, que apresenta relação com desperdício de água pelos usuários, os municípios de Canas, Santa Branca, Silveiras e Arapeí, apesar de apresentarem valores reduzidos de perdas de água na distribuição (inferiores a 25%), foram os municípios com maiores consumos de água por habitante, sendo superiores a 200L/dia. Ressalta-se que todos os municípios superam o valor de 110L/dia.hab conforme preconizado pela Organização das Nações Unidas apontado pelo Instituto TrataBrasil¹

CUSTOS DAS PERDAS DE ÁGUA E DE ENERGIA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Aplicando-se as tarifas médias de água nos volumes de perdas de água, estimou-se os custos evitados. Considerando-se todos os municípios analisados, os custos ambientais das perdas de água foi de R\$159milhões em 2013. Na Tabela 6 os valores estão discriminados para cada município. Considerando-se as despesas e consumos de energia elétrica nos sistemas de água foram obtidos os custos devido a energia desperdiçada conforme cálculos apresentados anteriormente. Na Tabela 7 é possível visualizar que o custo estimado foi de aproximadamente de R\$12 milhões em 2013. Ressalta-se que é uma estimativa preliminar já que os valores do

¹ Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas-no-brasil>>. Acesso em: 12 de abril de 2018.

SNIS consideram tanto a energia utilizada nas unidades operacionais como administrativas. Mas segundo Gonçalves *et al.* (2009), os conjuntos motor e bomba das estações elevatórias de água são os principais responsáveis pelas despesas com energia elétrica, sendo responsável por cerca de 90% a 95% do total.

Tabela 2: Custos evitados devido perdas de água e de energia desperdiçada.

Município	Volume de perdas de água [1.000 m ³ /ano]	Custo do volume de água perdida [R\$1000/ano]	Energia desperdiçada [MWh/ano]	Custos de energia devido as perdas [R\$1000/ano]	Custos evitados totais [R\$1000/ano]
Total Geral	68938,0	159294,8	45689,0197	11913,6	171208,42
São José dos Campos	23241,2	55778,9	18128,1516	4666,1	60445,02
Taubaté	12104,5	32682,1	3147,1648	1960,8	34642,91
Guaratinguetá	9007,4	15132,4	4503,695	1100,3	16232,73
Pindamonhangaba	5322,0	12932,4	3139,9564	806,9	13739,30
Jacareí	3828,8	10414,2	2526,975	730,5	11144,73
Caçapava	3100,0	7656,9	3254,9475	877,9	8534,78
Lorena	3375,0	7593,8	2295,0204	584,5	8178,33
Cruzeiro	3480,1	5220,2	522,0165	154,6	5374,81
Tremembé	1445,5	3801,7	5897,64	364,6	4166,26
Cachoeira Paulista	755,7	1843,9	324,9424	98,4	1942,28
Piquete	974,9	1569,5	29,2461	33,2	1602,71
Guararema	487,5	1448,0	316,8945	99,8	1547,71
Santa Branca	787,8	976,9	787,8	167,0	1143,82
Roseira	254,3	521,3	366,1632	107,1	628,36
Queluz	165,6	382,6	21,5293	10,5	393,06
Lavrinhas	112,4	242,8	25,8497	10,4	253,15
Igaratá	104,5	240,4	78,405	24,4	264,89
Bananal	69,2	146,1	88,6272	28,7	174,78
Canas	59,5	132,8	54,1723	19,8	152,54
Paraibuna	50,0	113,5			113,50
Lagoinha	54,9	103,8	57,687	21,0	124,79
Redenção da Serra	44,7	94,3	60,3315	24,8	119,15
Jambeiro	28,5	87,9	34,236	11,6	99,51
Monteiro Lobato	33,5	74,7	7,7073	2,5	77,19
Arapeí	34,4	70,2	3,439	1,5	71,64
Silveiras	16,1	33,8	16,422	6,7	40,47

5. CONCLUSÕES

O estudo aponta a importância da análise das perdas de água em sistemas de abastecimento de água, bem como de energia desperdiçada associada, sob enfoque de bacias hidrográficas considerando-se a importância dessas questões para a gestão dos recursos hídricos. No caso do estudo – 26 municípios paulistas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – as perdas de água em 2013 foram de 68.938,02 m³, com o desperdício de energia para distribuição do volume de água perdido de 45 GWh no mesmo ano.

A análise da variação das perdas ao longo do tempo foi de extrema importância para observar os avanços ou retrocessos na gestão de perdas considerando-se que o combate às perdas é realizado de maneira gradual,

discriminando municípios com valores de perdas de água similares, mas com diferenças no combate às perdas. Os municípios de Igaratá, Jacareí, Lavrinhas, Redenção da Serra e Taubaté apresentam maiores valores de perdas de água na distribuição, superiores a 40%, sendo que os dois últimos apresentaram retrocesso entre os anos de 2009 e 2013.

A redução de perdas de água apresenta um limite econômico representado pelo limiar entre os custos para a execução das ações de combate às perdas e os custos de exploração e distribuição da água (ABES, 2015). Entretanto essa análise não inclui os custos ambientais de perdas de água. Métodos de valoração ambiental apresentam-se como instrumentos potenciais para internalização de benefícios e custos ambientais em projetos de saneamento. No caso da pesquisa, através do método de custos evitados, estimou-se que as perdas de água em 2013 representaram um custo de R\$159milhões e de R\$12milhões para a energia desperdiçada.

Vale destacar que foram utilizados dados do SNIS, que são autodeclarados pelas operadoras e não auditados, com riscos de inconsistência dos dados, representando uma limitação da fonte de dados utilizada. Tais restrições da utilização dos dados do SNIS já foram apontadas por Pereira e Condurú (2014). Sugere-se pesquisas futuras que utilizem dados mais recentes obtidos através de Prefeituras e prestadoras de serviços de abastecimento de água.

A abordagem de perdas de água concomitantemente com energia desperdiçada evidencia a relevância de programas conjuntos de conservação de água e energia pelas prestadoras de serviços de abastecimento de água. Nesse contexto, a Lei nº 11.445/2007 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, prevê no Artigo 2º, inciso II, que os contratos de concessão ou programas devem incluir metas progressivas e graduais de eficiência e de uso racional de água (Brasil, 2007). Considerando-se então a importância da gestão de perdas de água para a eficiência nos serviços de abastecimento de água, os contratos municipais deveriam englobar metas de perdas de água.

A gestão da demanda no uso dos recursos hídricos em contraposição a gestão da oferta pode ser uma alternativa para melhorar a eficiência no consumo de água, visando sua racionalização e uso sustentável. Discussões acerca do atual modelo de gestão da oferta foram feitas por Gonçalves *et al.* (2009) e ABES (2015). Para a gestão integrada dos recursos hídricos visando o uso racional da água é necessário o envolvimento de todos os atores, destacando-se: a operadora de água como usuária de recursos hídricos, os órgãos responsáveis pela outorga pelo uso da água, e o uso consciente pelo consumidor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAZAWA, T. M. *A grave escassez hídrica e as dimensões de um desastre socialmente construído: a região metropolitana de Campinas entre 2013-2015*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. *Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: Posicionamento e contribuições técnicas da ABES*. 2015. Disponível em: < http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas_abesv2.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. *Plano integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes: Relatório de Diagnóstico – TOMO I*. 2014. Disponível em: < <http://ceivap.org.br/conteudo/relatorio-diagnostico-rp6-tomo1.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

BRASIL. *Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera (...) e dá outras providências.

_____. Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas*. 2012. 134p.

_____. Ministério das Cidades. *Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – DTA A2*. Versão preliminar para discussão. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2003. 80p

_____. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*, 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218p.

GONÇALVES, RFG. (Coord.). *Projeto PROSAB: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352p.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Indicadores sociais municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/tabelas_pdf/tab13.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

LAMBERT, AO; BROWN, TG; TAKIZAWA, M; WEIMER, D. A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, v. 48, n. 6, p227-237, 1999.

MIRANDA, E. C. *Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água: indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

MIRANDA, E. C.; KOIDE, S. 2003. Indicadores de perdas de água: o quem de fato, eles indicam? In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 14-19 set, Joinville. *Anais...* Joinville: ABES, 2003, p 1-32.

MOTTA, R. S. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997. 242p.

PEREIRA, J. A. R.; CONDURÚ, M. T. *Abastecimento de água: informação para eficiência hidroenergética*. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2014. 127p.

TSUTYIA, M. T. *Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água*. São Paulo: ABES, 2001.

VICENTINI, L. P. *Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.