

INDICADORES DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE SANEAMENTO: DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE DE DADOS EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA

DOI:10.19177/rgsa.v7e22018386-410

Aline Doria Santi¹
Tiago Balieiro Cetrulo²
Tadeu Fabrício Malheiros³

RESUMO

A baixa capacidade técnica, gerencial e financeira existente em países como o Brasil, dificulta a geração de dados aplicáveis aos indicadores de perda de água na distribuição, apontados como fundamentais na redução dos volumes perdidos atualmente. Nesta perspectiva, este estudo se dedicou em analisar quais indicadores têm maior disponibilidade de dados, a partir da consulta a especialistas do setor de saneamento, e o grau de confiabilidade dos dados gerados analisando, como estudo de caso, 52 sistemas operados no contexto das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Dados do Sistema Nacional de Informação sobre saneamento demonstram que os dados de volume que compõem os indicadores melhor avaliados de fato têm boa disponibilidade, sendo mensurados por mais de 90% dos sistemas do Brasil. Em contrapartida, a confiabilidade destes dados é discutível e influenciada por alguns fatores. As análises conduzidas no contexto das bacias PCJ indicam que os dados gerados por sistemas operados em um modelo centralizado apresentam baixa confiabilidade, enquanto os geridos no modelo descentralizado apresentam confiabilidade elevada, pelo acesso aos recursos do capital privado que facilitam os investimentos no setor. Estas assertivas trazem a luz a necessidade de articulação dos atores envolvidos nos sistemas para a priorização de investimentos que possibilitem a geração de dados válidos para fins de controle e planejamento, reduzindo assim os níveis de perdas, os quais têm gerado adversidades tanto do ponto de vista ambiental, indo na contramão do uso racional dos recursos hídricos, como no aspecto econômico tornando a operação dos sistemas onerosa.

Palavras-chave: indicadores de perdas de água. Disponibilidade de dados. Confiabilidade de dados.

¹ Gestora e Analista Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Universidade de São Paulo. E-mail: alinedesanti@usp.br

² Engenheiro Agrônomo pela Universidade de São Paulo, Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo e atualmente é doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo. E-mail: tiagocetrulo@usp.br

³ Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1991), Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Saúde da USP (1993), mestrado em Resources Engineering - Universitat Karlsruhe (1996), doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (2002), pós-doutorado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública - USP (2006). Atualmente é professor associado na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. É coordenador do programa de Pós Graduação Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais. É membro da Comissão de Sustentabilidade da EESC/USP. E-mail: tmalheiros@usp.br

1 INTRODUÇÃO

As perdas de água em sistemas de abastecimento têm se apresentado nos últimos anos como um dos principais temas nas pautas de discussões das empresas de saneamento em todo o globo. A recente crise hídrica vivenciada no Brasil e no mundo, intensificou a busca por ações de controle das perdas de água em sistemas de distribuição, de forma a minimizar a captação dos recursos hídricos, cada vez mais escassos (FERREIRA, 2011; MOLINOS-SENANTE; MOCHOLÍ-ARCE; SALA-GARRIDO, 2016). Do ponto de vista ambiental, as perdas de água prejudicam o uso racional dos recursos hídricos, elevando a captação para atender a demanda e em termos econômicos provocam prejuízos no faturamento, tornando a operação dos sistemas bastante onerosa (SANTOS; MONTENEGRO, 2014).

Os fatores relacionados a ocorrência das perdas são diversos e estas representam basicamente a diferença entre o volume de água tratada disponibilizado à distribuição (macromedição) e o volume de água medido nos hidrômetros dos consumidores finais (micromedição), refletindo o uso ineficiente da água, tanto em termos do recurso hídrico natural como do bem água potável (ALEGRE; COVAS, 2010; STURM, et al., 2014; TARDELLI FILHO, 2016).

Dentre as inúmeras estratégias existentes para o controlar as perdas de água, Mbuvi, Witte e Perelman (2012) e Kanakoudis, et al. (2013) incitam que a avaliação do desempenho das operadoras de águas seja o primeiro passo para a redução dos níveis de perdas de água, sendo um fator essencial para que as mesmas operem de forma eficiente e eficaz. Neste contexto, os indicadores de desempenho de perdas de água (IDPAs) são denotados como um mecanismo fundamental para avaliar o desempenho no controle de perdas.

Tendo em vista que o nível de perdas de água é considerado o indicador mais relevante da ineficiência econômica, social e ambiental dos sistemas de distribuição, as medições do volume de perdas apresentam-se como uma ferramenta indispensável para avaliar se as ações de operação e manutenção do sistema de água estão sendo bem conduzidas (HERNÁNDEZ-SANCHO et al., 2012; VILANOVA; MAGALHÃES FILHO; BALESTIERI, 2015; TARDELLI FILHO, 2016).

Apesar da utilização mundial de indicadores de perdas de água na avaliação dos sistemas de saneamento, diversos estudos têm discutido a utilização destes indicadores em países em desenvolvimento. Kingdom, Liemberger e Marin (2006), R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

Mutikanga, Sharma e Vairamoorthy (2009) e Dighade, Kadu e Pande (2014), demonstram em seus estudos que os níveis de perdas de água nestes países são os mais críticos em função da inexistência de um monitoramento adequado dos sistemas, demandando maiores estudos e investimentos. De acordo com Mutikanga Sharma e Vairamoorthy (2010) a principal dificuldade da aplicação dos indicadores de perdas nestas áreas se deve ao fato que nestes países há a predominância de sistemas de saneamento de pequeno porte gerenciados pela administração pública direta, como o Brasil, onde cerca de 90% dos sistemas se enquadram nesta categoria, havendo uma grande carência de recursos técnicos, gerenciais e financeiros que dificultam a execução de suas atividades e a geração de dados que possam ser utilizados no gerenciamento dos sistemas (BRADEN; MANKIN, 2004).

Nesta perspectiva, e considerando a importância da avaliação do desempenho no controle de perdas, Mutikanga Sharma e Vairamoorthy (2009) e Dighade, Kadu e Pande (2014), exprimem ainda que o desenvolvimento de indicadores de desempenho adequados, que atendam as particularidades destes países, deva ser priorizado. Nos últimos anos estudos (e.g. LIEMBERGER; MCKENZIE, 2005; MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAMOORTHY, 2010, MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAMOORTHY, 2013) têm apontado que os indicadores propostos pela International Water Association (IWA), recomendados como de uso global, não são diretamente aplicáveis a este cenário, uma vez que foram elaborados com foco em países desenvolvidos, com alta capacidade técnica, requerendo dados detalhados de difícil e custosa obtenção em países em desenvolvimento.

No Brasil, o uso de indicadores de perdas tem se difundido, porém, gerando grandes discussões em relação ao uso de dados estimados e de baixa confiabilidade que não retratam adequadamente o cenário existente. Assim, frente a estes desdobramentos e a importância do uso de indicadores no controle de perdas este artigo se dedicou em avaliar os indicadores de perdas de água de acordo com a disponibilidade e o grau de confidencialidade dos dados gerados por alguns sistemas de abastecimento brasileiros e comumente utilizados para calcular os indicadores de perdas de água em sistema de distribuição.

saneamento

As perdas de água são avaliadas de distintas formas em cada país (TONETO JÚNIOR; SAIANI; RODRIGUES, 2013). Para Marques e Monteiro (2003), a aplicação de indicadores na avaliação de desempenho de organizações, é considerada uma forte ferramenta que incentiva uma gestão baseada no cumprimento de metas, mensurando a variabilidade e corrigindo a operação de um processo, além de criar mecanismos de competitividade, que induzem à cultura da eficiência e a melhoria contínua do sistema, como apontado por Muranho et al. (2014).

Alegre e Covas (2010) exortam que o emprego de indicadores de desempenho confere inúmeras vantagens para as entidades gestoras auxiliando a definir prioridade de intervenção. Na Tabela 1 estão descritas as principais vantagens da aplicação de IDs para cada ator envolvido em um sistema de saneamento, segundo Alegre et al. (2000).

Tabela 1. Vantagens do uso de indicadores de desempenho.

Entidade Gestora	Melhor monitorização dos efeitos das decisões de gestão;
	Fornecer informações chave de suporte às ações proativas de gestão, baseada nas disfunções aparentes dos sistemas;
	Destaca os pontos fortes e fracos dos setores do sistema;
	Facilita a implementação de rotinas de “ <i>benchmarking</i> ”, internamente (comparando o desempenho dentro do próprio sistema) ou externamente (comparando o desempenho com outras entidades);
Administração nacional ou regional	Fornecer um quadro de referência para comparação do desempenho de diferentes entidades gestoras;
	Possibilita o suporte à formulação de políticas para o setor da água no contexto da gestão integrada dos recursos hídricos;
Reguladores	Confere instrumentos de monitorização para apoio dos interesses dos consumidores;
	Propicia a verificação da conformidade com os objetivos pré-estabelecidos;
Entidades Financiadoras	Possibilita avaliar as primazias de investimento e apoiar a seleção de projetos;
Consumidores	Traduz processos complexos em informação objetiva e de fácil interpretação transmitindo uma medida da qualidade do serviço prestado;
Organizações supranacionais	Permite identificar, mediante uma linguagem apropriada, as principais assimetrias entre regiões do mundo, possibilitando assim dar suporte ao estabelecimento de estratégias.

Fonte: Alegre et al. (2010).

Salvo as diversas vantagens da aplicação de IDs, o grau de complexidade de R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

um indicador deve ser considerado no momento de sua seleção, influenciando diretamente nos resultados da avaliação. De acordo com Alegre et al. (2000), os indicadores de desempenho podem ser classificados em três níveis:

- Nível 1: correspondem aos indicadores básicos que fornecem uma visão geral da eficiência e eficácia da entidade gestora;
- Nível 2: englobam os indicadores com maior grau técnico, fornecendo um panorama mais preciso dos aspectos de gestão;
- Nível 3: compreendem os indicadores detalhados, de alto padrão técnico, que fornecem uma visão detalhada sobre a gestão da entidade gestora e demandam dados específicos, muitas vezes de difícil obtenção.

No setor de água, o uso dos IDs tem grande potencialidade e representam uma medida quantitativa de um aspecto particular da organização ou do seu nível de serviço. Independentemente do nível do ID, este deve proporcionar uma visão integrada da performance dos serviços de saneamento e expor as fragilidades e potencialidades dos mesmos, favorecendo a avaliação dos fatores que orientam as ações para o seu funcionamento (SCHNEIDER et al., 2010).

A primeira iniciativa de indicadores de saneamento foi apresentada em 1990 pela organização francesa “*Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux*” (AGHTM), que desenvolveu um dos trabalhos mais completos sobre a eficiência das redes de água, estabelecendo uma série de indicadores para avaliação do desempenho dos serviços, entre os quais encontram-se indicadores de perdas (AGHTM, 1990).

Ao longo dos anos instituições internacionais como a “*Internacional Water Association*” (IWA) e o “*The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities*” (IBNET) construíram uma gama de indicadores de saneamento que incluem indicadores de perdas de água. Desde a publicação do manual “*Performance indicators for water supply services*”, desenvolvido pela IWA com a proposta de padronizar a avaliação do desempenho de sistemas de abastecimento de água, a *American Water Works Association (AWWA)* recomenda o uso global dos indicadores publicados neste documento. Os indicadores estão organizados em seis categorias de indicadores de desempenho estando os indicadores de perdas de água inseridos no grupo de indicadores operacionais, financeiros e de recursos

hídricos, podendo ser expressos de forma adimensional (%) ou em um formato que expressem intensidade e não extensão, como por exemplo US\$/m³ (ALEGRE et al., 2000).

Dentre os indicadores propostos pela IWA, o “*Infrastructure Leakage Index* (ILI) é um dos mais indicados para calcular as perdas de água reais, ou físicas, em um sistema de distribuição pois, como apontado por Kadu e Dighade (2015) além de avaliar o quão bem uma rede tem sido gerida, auxilia a identificar as áreas prioritárias para adoção de medidas de controle. Porém, autores como Liemberger e McKenzie (2005), Hamilton, Mckenzie e Saego (2006), Mutikanga, Sharma e Vairamoorthy (2010) e Dighade, Kadu e Pande (2014) apontam que a aplicação deste indicador em países em desenvolvimento é limitada, uma vez que os sistemas destes países não têm os dados necessário para o cálculo do ILI e a maioria das informações disponíveis não são confiáveis sendo muitas vezes subestimadas pela falta de recursos e infraestrutura. Assim sendo, o ILI e suas variáveis não foram incluídos para fins de análise neste trabalho.

No contexto brasileiro, organizações como a Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) e a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE) elaboraram um conjunto de indicadores de desempenho operacional e gerencial dos serviços de saneamento que convergem com os indicadores da AGHTM e IWA. Porém, apesar dos esforços destas organizações em propor indicadores de perdas que atendam as particularidades dos sistemas brasileiros, atualmente os quatro indicadores de perdas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), vinculado Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNSA), são os mais praticados no país e utilizados por diversas entidades para fins de fiscalização e planejamento.

Criado em 1996 no âmbito do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), o SNIS é a principal fonte de informação sobre saneamento no Brasil, divulgando anualmente informações referentes ao saneamento dos municípios, propiciando o fortalecimento das agências reguladoras e de vários atores nas medidas de controle. Apesar do SNIS ser uma forte iniciativa do governo federal em acompanhar o desempenho dos serviços de saneamento, a não auditoria das informações inseridas no sistema diminuem a confiabilidade dos dados

publicados (ABES, 2015), prejudicando o planejamento de ações de controle que se apoiam em indicadores pouco representativos.

2 METODOLOGIA

A pesquisa caracterizou-se como exploratória e aplicada visando avaliar a disponibilidade dos dados necessários para calcular indicadores de perdas e, mediante a realização de um estudo de caso, analisar o grau de confiabilidade dos dados avaliados como disponíveis. Para avaliar a disponibilidade dos dados dos indicadores utilizou-se a abordagem de consulta à especialistas do setor do saneamento, cujo resultados das avaliações foram confrontados com o maior banco de dados de informações sobre saneamento no Brasil, o SNIS. Tendo em vista que os sistemas de saneamento brasileiros apresentam deficiências operacionais que comprometem a medição adequada dos volumes, conduziu-se, na segunda etapa da pesquisa, um estudo de caso junto as empresas de abastecimento de água que operam nas Bacias PCJ para averiguar a confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas e disponibilizados em bancos de dados para fins de medição de desempenho e monitoramento.

2.1 Avaliação da disponibilidade dos dados dos indicadores

Para avaliar a disponibilidade dos dados que compõem os indicadores de perdas de água, a abordagem selecionada foi a consulta a especialistas do setor de saneamento (operadoras de água, reguladoras e outras entidades gestoras) de todo o Brasil. Para tanto, elaborou-se um questionário online, pelo *software* Survey Monkey, onde 27 especialistas puderam avaliar os indicadores de perdas de água na distribuição, expressos na Tabela 2, de acordo com o grau de disponibilidade dos dados que compõem os indicadores. Foram atribuídas notas na escala de 0 a 10 para cada indicador, em que 0 representou a indisponibilidade/inexistência dos dados necessários para cálculo do indicador e 10 atestou que todos os dados necessários para cálculo do indicador estão disponíveis para uso.

Tabela 2. Principais indicadores de perdas de água identificados na literatura.

	Indicador	Origem	Descrição
I	Perdas de água por ramal	IWA	Mensurado na unidade m ³ /ramal/ano este indicador avalia quanto m ³ de água (real e aparente) foram perdidos por ramal.
II	Perdas de água por comprimento de conduta	IWA	Mensurado na unidade m ³ /ramal/ano este indicador avalia quanto m ³ de água (real e aparente) foram perdidos por comprimento de conduta.
III	Perdas aparentes	IWA	Mensurado em m ³ corresponde ao consumo de água não contabilizada em função de consumo não autorizado e erros de medição
IV	Perdas aparentes por volume de água entrada no sistema	IWA	Mensurado em % este indicador avalia qual a porcentagem de água entrada no sistema perdida em função do consumo não autorizado e erros de medição
V	Perdas reais por ramal	IWA	Mensurada na unidade m ³ /ramal/ano este indicador avalia quanto m ³ de água foram perdidos em fugas extravasamentos (perdas físicas por ramal.
VI	Perdas reais por comprimento de conduta	IWA	Mensurada na unidade m ³ /ramal/ano este indicador avalia quanto m ³ de água foram perdidos em fugas extravasamentos (perdas físicas) por comprimento de conduta.
VII	Porcentagem das perdas na distribuição	AGHTM	Mensurado em % este indicador busca avaliar qual a porcentagem do volume perdido em relação ao volume distribuído.
VIII	Porcentagem de vazamentos	AGHTM	Mensurado em % este indicador busca avaliar qual a porcentagem do volume de água perdida em vazamentos em relação ao volume distribuído.
IX	Água não faturada (Non-revenue water)	IBNET	Mensurado em % este indicador busca avaliar qual a porcentagem do volume de água faturado em relação ao volume fornecido.
X	Índice de Perda na Distribuição	PNCDA	Mensurado em % este indicador determina qual a porcentagem de perdas utilizando o volume de água distribuído e o volume utilizado.
XI	Índice de Perda de Faturamento	PNCDA	Mensurado em % este indicador determina qual a porcentagem de perdas utilizando o volume de água distribuído e o volume faturado.
XII	Índice Linear Bruto de Perdas	PNCDA	Mensurado em m ³ /km.dia este indicador determina qual a volume de água perdido (volume distribuído – volume utilizado) pela extensão parcial da rede.
XIII	Índice de Perda por Ligação	AESBE/ ASSEMAE	Mensurado em m ³ /lig.dia este indicador determina qual a volume de água perdido (volume distribuído – volume utilizado) por ligações ativas.
XIV	Índice de perdas faturamento	SNIS	Mensurado em % este indicador determina qual a porcentagem de perdas por faturamento, ou seja, a água que foi consumida, mas não foi contabilizada.
XV	Índice de perdas	SNIS	Mensurado em % este indicador determina qual a

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

	na distribuição		porcentagem de perdas em relação ao volume disponibilizado e consumido.
XVI	Índice bruto de perdas lineares	SNIS	Mensurado em m ³ /km/dia este indicador determina qual a o volume de água perdido por extensão da rede.
XVII	Índice de perdas por ligação	SNIS	Mensurado em l/lig/dia este indicador determina qual a o volume de água perdido por ligações ativas.

Fonte: Adaptado de AGHTM (1990); AESBE/ASSEMAE (1998); ALEGRE et al. (2000); PNCDA (2003); BRASIL (2016); IBNET (2016).

Conforme exposto na Figura 1, 43% dos especialistas participantes atuam na área de engenharia do setor de saneamento, ou seja, estão em contato direto e muitas vezes são os responsáveis por gerar dados e informações de determinado sistema, tendo conhecimento dos tipos de informações que estão disponíveis para avaliação. Já os outros 57% dos especialistas são colaboradores do setor de planejamento e regulação (40% e 17%, respectivamente), tendo papel fundamental no processo de avaliação de indicadores uma vez que, de um lado planejam a avaliação e tomada de decisão do setor baseado nos indicadores e por outro fiscalizam os serviços de saneamento e o atendimento de objetivos e metas a partir de indicadores operacionais.

Figura 1. Distribuição da área de atuação dos especialistas consultados.

ÁREA DE ATUAÇÃO DOS ESPECIALISTAS



Para confirmar a avaliação da disponibilidade de dados dos indicadores pelos especialistas, os resultados foram confrontados com os dados disponíveis no SNIS.

2.2 Estudo de caso: Análise da confiabilidade dos dados disponíveis

Tendo em vista que os serviços de abastecimento de água do Brasil apresentam deficiências operacionais que prejudicam a credibilidade das

informações provenientes das medições, a verificação da confiabilidade dos dados operacionais disponibilizado pelas empresas de saneamento para aplicação em indicadores faz-se fundamental. Neste estudo foram avaliadas a confiabilidade dos dados gerados por 52 sistemas de saneamento operados no contexto das bacias PCJ, uma das principais unidades de planejamento hídrico do estado de São Paulo.

As bacias PCJ apresentam uma área de 15.303,67 km², sendo 92,6% no Estado de São Paulo e 7,4% no Estado de Minas Gerais contando com 44 municípios totalmente inseridos na área e 29 municípios cujas áreas de drenagem encontram-se parcialmente inseridas (COBRAPE, 2010). Desde a criação dos Comitês PCJ, em 1993, cerca de 85% dos recursos provenientes da cobrança pelo uso da água têm sido direcionados à projetos de controle de perdas de água (AÇÃO ECO CUENCAS, 2016). Apesar das iniciativas existentes, os órgãos gestores e reguladores da área tem planejado e monitorado suas ações baseado em indicadores de baixa qualidade que utilizam dados em grande parte estimados, o que justifica a aplicação da metodologia de confiabilidade de dados no contexto das bacias PCJ.

A avaliação da confiabilidade dos dados aplicada para fins deste estudo foi baseada na metodologia proposta pelo Programa Nacional para o Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, que ressalta a importância de avaliar os dispositivos de medição com vistas a conhecer o grau de validação dos dados (PNCDA, 2003).

Sendo o volume de água disponibilizado (VD), volume de água utilizado (VU) e volume de água faturado (VF) as principais variáveis que compõem os indicadores de perdas de água, a confiabilidade destes dados foi avaliada aplicando as equações descritas na sequência. Todas as informações necessárias para calcular as equações foram coletadas *in loco* diretamente com as operadoras de água em estudo.

2.2.1 Confiabilidade do Volume de água disponibilizado

A confiabilidade do VD é averiguada aplicando-se a Equação 1:

$$C(\text{VD})=kM \times \text{IMD}, \text{ em que:} \quad (1)$$

$kM^1 = 1$

IMD: Índice de Macromedição na Distribuição calculado pela Equação 2:

$$IMD = \frac{VPM + VImM - VExM}{VP + VIm - VEx} \quad (2)$$

VPM: Volume produzido macromedido

VImM: Volume importado macromedido

VExM: Volume exportado macromedido

VP: volume produzido que inclui estimativas não macromedidas

VIm: Volume total contabilizado como importados pelo serviço

VEx: Volume total contabilizado como exportado pelo serviço

2.2.2. Confiabilidade do Volume de água utilizado

A confiabilidade do VU foi calculada pela Equação 3:

$$C(VU) = \frac{ImVU \times kM \times Vm + C(VE) \times VE + C(VO) \times VO + C(VEs) \times kM \times VEs + C(VR) \times VR}{VU}, \text{ em que:} \quad (3)$$

ImVU: Índice de micromedição do volume utilizado representado pela razão entre o volume micromedido (Vm) e o volume utilizado (VU) (Equação 4):

$$ImVU = \frac{Vm}{VU} \quad (4)$$

Confiabilidade do volume estimado² – C (VE): atribua-se 0,95 (valor máximo) quando os consumos estimados forem fixados exclusivamente com base em monitoramento estatisticamente controlado de padrões de consumo por tipo de consumidor em áreas medidas análogas às não medidas, na mesma jurisdição do sistema considerado. Será fixada em 0,5 sempre que as estimativas se basearem em combinação de levantamentos de campo realizados sobre amostra pouco significativa estatisticamente, com resultados de levantamentos de outras localidades. Será fixada em 0,3 quando os procedimentos de estimativa forem baseados na simples analogia com casos de outra(s) localidade(s).

¹ Corresponde ao fator multiplicador constante sobre desvios sistemáticos. Enquanto não se fixam os critérios para a sua determinação recomenda-se adotar $kM = 1$ para todos os serviços (PNCDA, 2003).

² Corresponde à projeção de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

Confiabilidade de volume operacional³ – C (VO) – atribua-se 1 a este fator quando os usos da água na operação são registrados individualmente e depois consolidados; quando for estimado com base na rotina operacional atribua-se 0,6.

Confiabilidade do volume especial⁴ - C (VEs): dada pela relação do volume especial macromedido (VEsM) e volume especial (VEs) (Equação 5):

$$C(VEs) = \frac{VEsM}{VEs} \quad (5)$$

Confiabilidade do volume recuperado⁵ - C (VR): calculado em função do volume recuperado micromedido (VRm) e o volume recuperado estimado (VRe) (Equação 6):

$$C(VR) = \frac{VRm + (0,5 \times VRe)}{VR} \quad (6)$$

2.2.3 Confiabilidade do Volume de água faturado

A confiabilidade do volume faturado C (VF) foi verificada pela Equação 7 que corresponde a razão entre as ligações ativas micromedidas (Lm) e o total de ligações ativas (LA):

$$C(VF) = \frac{Lm}{LA} \quad (7)$$

Seguindo a faixa de confiabilidade proposta pelo PNCDA (Tabela 3), os dados com informação plenamente confiável para fins de planejamento e comparação de serviços são os que se enquadram na faixa I.

Tabela 3. Escala de confiabilidade dos dados segundo o PNCDA.

Faixa de variação	Confiabilidade de informação
I (0-80 a 1,00)	Informação plenamente confiável para fins de previsão de demanda, planejamento de oferta e comparação entre serviços.
II (0,60 a 0,79)	Informação parcialmente confiável, com restrições sobre o uso para comparação entre serviços.
III (0,30 a 0,59)	Aproximação de tendências, utilizável apenas para a fixação imediata de prioridades internas, sem segurança sobre comportamentos futuros e inválida para fins de comparação entre serviços.
IV (0 a 0,29)	Informação não utilizável.

³ Corresponde ao volume de água utilizado em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutoras, subadutoras e distribuição) (PNCDA, 2003)

⁴ Corresponde aos volumes destinados ao corpo de bombeiros, caminhões-pipa e uso próprio nas edificações do prestador de serviços (PNCDA, 2003).

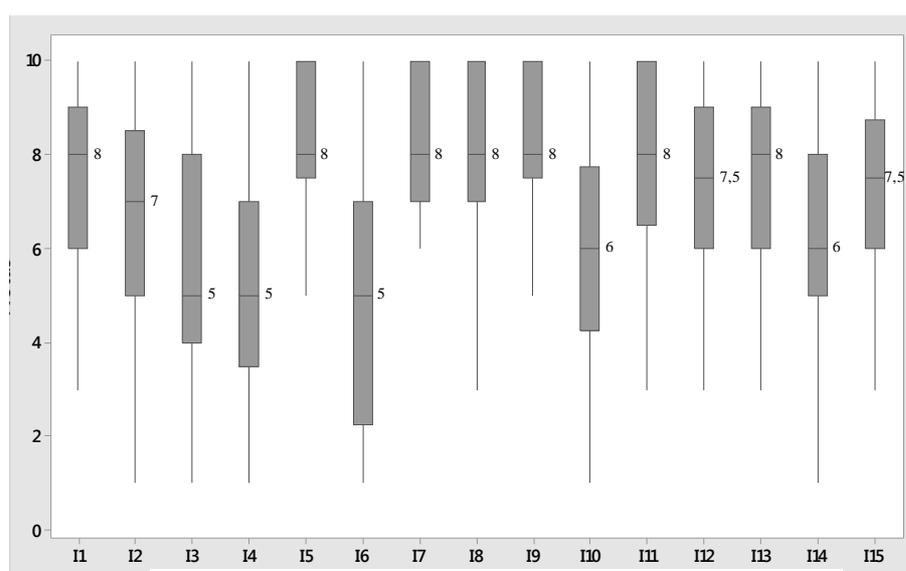
⁵ Corresponde a neutralização de ligações clandestinas e fraudes (PNCDA, 2003)
R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da disponibilidade de dados dos indicadores

A avaliação dos indicadores pelos especialistas indicou que entre os 17 indicadores submetidos à avaliação, sete apresentam maior disponibilidade de dados para cálculo dos indicadores, o que pode ser visualizado na Figura 2. Dentre os sete indicadores dois avaliam as perdas de água por ligação, três avaliam as perdas em percentual e dois buscam avaliar o quanto as perdas representam em termos de faturamento, ou seja, quanto é consumido e não faturado, o que, como exortam Santos e Montenegro (2014), tem tornado a operação dos sistemas bastante onerosas.

Figura 2. Avaliação dos indicadores pelos especialistas.



No geral, analisando as variáveis (dados) dos indicadores melhor avaliados pelos especialistas, vê-se que em todos, excetuando-se o indicador de perdas por faturamento (I9), as variáveis do dividendo são análogas, sendo composto pelo volume de água disponibilizado (VD) subtraindo-se o volume de água total utilizado (VU).

A principal disparidade entre os indicadores, ressalvo as unidades de medidas, está nas variáveis do divisor das fórmulas. Nos dois indicadores que estimam a perda por ligação (I1, I13), há uma grande fragilidade no divisor ao

considerar apenas o nº de ligações de água ativas, desconsiderando as ligações inativas, onde é passível a ocorrência de perdas, como apontado por um dos especialistas consultados. Em relação aos indicadores calculados em percentual (I7, I10 e I15), o diferencial está na subtração do volume de água exportado (VEx) no divisor dos indicadores I7 e I10, enquanto no indicador I15 o volume exportado não é considerado. A não exclusão do volume exportado no indicador I15 pode mascarar os níveis de perdas, uma vez que este volume pode ser contabilizado como perdido. No que se refere aos indicadores de perdas por faturamento, estes são os menos similares. O indicador I9 é o mais simples, subtraindo o volume disponibilizado do volume faturado (VF), enquanto o indicador I11 é o mais complexo, considerando a exclusão dos volumes operacional (VO) e especial (VEsp) nas perdas por faturamento. Na Tabela 4 os dados dos indicadores avaliados como mais disponíveis pelos especialistas podem ser visualizados.

Tabela 4. Variáveis dos indicadores avaliados com maior disponibilidade de dados.

Indicador	Variáveis
I1	VD, VU, nº de ligações de ativas
I7	VD, VU, VEx
I9	VD, VF
I10	VD, VU, VEx
I11	VD, VF
I13	VD, VU, nº de ligações de ativas
I15	VD, VU, VO, VEsp

A baixa avaliação da disponibilidade de dados dos indicadores que buscam avaliar as perdas aparentes e reais desassociadas (I3, I4, I5, I6, I8) deve-se ao fato de que, como exortam Braden e Mankin (2004), Mutikanga, Sharma e Vairamoorthy (2010) e Mutikanga, Sharma e Vairamoorthy (2013), a maior parte dos países com grau de desenvolvimento semelhante ao Brasil não tem capacidade técnica e financeira para mensurar as perdas de forma desagregada, como ocorre em países ricos, com sistemas de saneamento mais estruturados. No tocante aos indicadores que mensuram o volume de água perdido por extensão da rede (I2, I12, I16), a grande debilidade de sua aplicação é em função da necessidade de atualização constante do cadastro técnico da rede, o que pouco ocorre nos sistemas de saneamento brasileiros pela fragilidade em equipe capacitada e recursos financeiros.

Analisando os dados do ano base 2015 divulgados pelo SNIS, vê-se que, entre as variáveis expressas nas Tabela 4, o volume de água exportado é o dado

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

menos disponível no banco de informações, seguido pelo volume operacional e especial que, no SNIS, são contabilizados de forma agregada como volume de serviço. Dentre as variáveis em análise, o VD é o dado mais contabilizado, não sendo mensurado por apenas 2,6 % dos sistemas que operam no Brasil. No que diz respeito as variáveis restantes, os dados demonstram que 93% dos sistemas tem informações disponíveis para o VU, 96,4% para o VF e 99,5% monitoram o número de ligações ativas. Neste sentido, afere-se que nem todos os indicadores avaliados pelos especialistas como os que apresentam maior disponibilidade de dados são de fato aplicáveis aos sistemas brasileiros uma vez que, dois dos indicadores melhor avaliados (I7 e I10) são compostos por uma variável (volume de água exportada) pouco mensurada pelos sistemas brasileiros.

Frente a elevada taxa de disponibilidade do VD, VU e VF tem-se a principal dúvida do quão confiável são estes dados para fins de planejamento e monitoramento de ações. É neste panorama que se enquadra o estudo de caso proposto neste trabalho, buscando analisar a confiabilidade dos dados em uma das principais unidades de planejamento de recursos hídricos do estado de São Paulo, as Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba Capivari e Jundiá (Bacias PCJ).

3.2 Análise da confiabilidade dos dados das Bacias PCJ

Como apontado por Miranda (2002), há uma crescente preocupação em relação a confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas de saneamento, de forma que estes possam representar o real desempenho de sua operação. A aplicação da metodologia de análise da confiabilidade de dados operacionais das 52 empresas de saneamento que atuam no âmbito das Bacias PCJ demonstrou que há diferenças significativas entre a genuinidade dos dados gerados por sistemas administrados em diferentes modelos de gestão. Entre os municípios analisados, nove são operados pela administração pública direta, 14 tem seus serviços de saneamento prestados por autarquias, 26 por empresas de economia mista e três por concessões privadas.

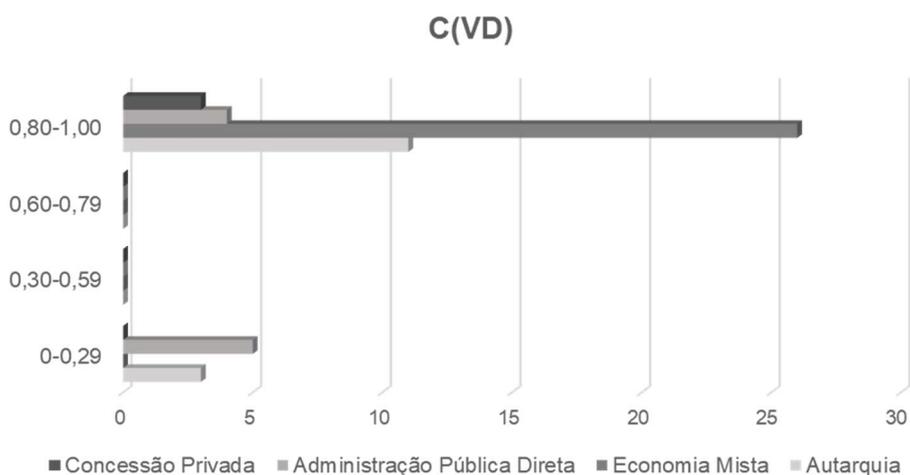
Estes aspectos nos trazem a luz da discussão de quem detém a responsabilidade pela prestação dos serviços de saneamento no Brasil. De acordo com a Constituição Federal de 1988, é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios a promoção de ações de melhorias do setor de saneamento básico. Porém é o no Art.30, inciso V, que é fundamentada a R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

titularidade do saneamento ao município. Assim, cabe aos entes municipais “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local” (BRASIL, 1988). Mais recentemente, com o advento da Lei nº 11.445/2007, ficou estabelecido no Art. 8º que:

Os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços, nos termos do Art. 241 da Constituição Federal e da Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. (BRASIL, 2007).

Neste sentido, os resultados da confiabilidade dos dados ilustram um ponto forte a ser considerado na gestão não só das perdas, mas, dos serviços de saneamento como um todo: a natureza jurídica do órgão responsável pela prestação do serviço de saneamento. Entre os 52 sistemas de saneamento em análise neste artigo, 30 se enquadram na categoria de informação plenamente confiável (0,80-1) para os três tipos de volume. Nota-se que os 55,5% dos municípios, cuja titularidade dos serviços de saneamento pertence a administração pública direta, ou seja, a prestação dos serviços é responsabilidade da prefeitura ou de um órgão delegado por esta, apresentam confiabilidade 0 para os dados de volume disponibilizado (Figura 3). Isto indica que o volume de saída de água dos reservatórios para a rede de distribuição não é macromedido e sim estimado, o que dificulta a mensuração e o controle das perdas de água.

Figura 3. Confiabilidade do volume disponibilizado dos sistemas em estudo.



A realidade dos sistemas de saneamento operados no modelo centralizado é semelhante em quase todo o território nacional. Nestes municípios, quando se planeja ações no setor é dada prioridade para ações que visem a universalização dos serviços, buscando a melhoria da qualidade de vida da população, uma vez

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

que se configura em um dos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico e um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Sendo assim, as ações básicas de infraestrutura, como por exemplo a instalação de macromedidores, são muitas vezes inexistentes ou estão em planos futuros, que acabam não sendo executados em função das alternâncias de governos municipais.

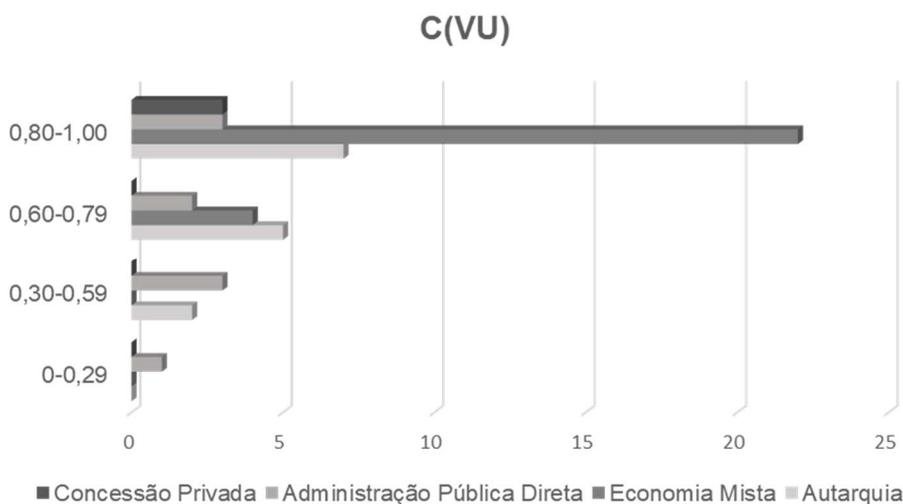
Para os municípios operados em um modelo descentralizado (Concessão Privada ou Empresa de Economia Mista) a confiabilidade do volume disponibilizado se enquadra como plenamente confiável em todos os casos, o que indica uma boa macromedição do volume de água que é distribuído. Em relação as empresas de economia mista, Scorsim e Glitz (2007) discorrem que a conjugação do capital público e privado é a característica básica deste modelo, reforçando que o principal benefício da adoção deste molde é a captação de recursos privados, os quais são essenciais para obras de infraestrutura, como infraestrutura de macromedição.

No que diz respeito às autarquias, denominadas comumente por Serviço ou Departamento Autônomo de Água e Esgoto 78% dos casos analisados apresentam confiabilidade plena para o VD. Para três municípios deste modelo de gestão a análise da confiabilidade indicou a menor faixa de confiabilidade de dados (Faixa IV), o que pode estar atrelado as limitações financeiras existentes neste modelo de gestão, que como citado por Meirelles (1995) apesar de apresentar subordinação hierárquica com autonomia administrativa, há algumas limitações orçamentárias como contratação por concurso e compras por licitações.

Assim como ilustrado na Figura 3, os resultados da análise da confiabilidade do volume utilizado (VU) (Figura 4) denotam que, para quase toda a totalidade dos sistemas operados pela administração pública direta, a confiabilidade do VU está abaixo do nível considerado como plenamente confiável para fins de planejamento. A principal razão para a baixa confiabilidade dos dados neste modelo de gestão se deve a carência de recursos financeiros para alavancar o setor que, como assinalado por Lisboa, Heller e Silveira (2013), neste cenário ocorrem em baixa escala. De acordo com Heller, Coutinho e Mingoti (2006), no modelo de administração pública direta não há autonomia financeira e os serviços utilizam o “caixa único” onde o recurso proveniente da arrecadação de impostos e cobranças é direcionado para o setor que está com maior defasagem ou que seja de maior

interesse do gestor público, não sendo garantido que haverá investimento no saneamento municipal.

Figura 4. Confiabilidade do volume utilizado dos sistemas em estudo.

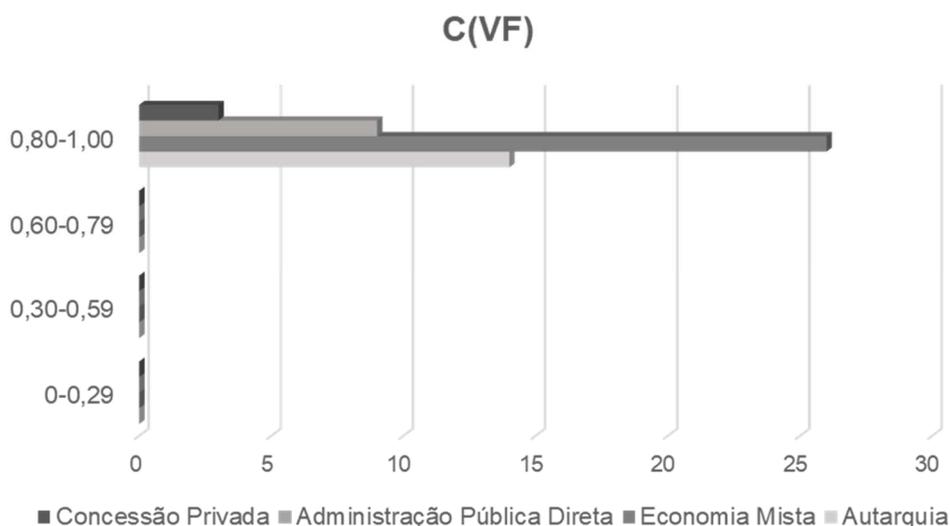


A baixa confiabilidade do VU pode ainda estar associada a diversos fatores, como por exemplo, o uso de hidrômetros obsoletos, que causam erros de medição, não aferição do volume operacional e especial, fraudes entre outros aspectos. Dentre os possíveis aspectos relacionados a baixa confiabilidade do VU a ocorrência de fraudes recebe especial atenção neste estudo. As fraudes são comuns em muitos municípios, porém, em municípios onde há centros dispersos com habitações precárias ocupadas por populações vivendo em situação de vulnerabilidade social estas ocorrem em maior escala e afetam os dados operacionais dos municípios, uma vez que, o volume de água é utilizado, porém não contabilizado (GONZÁLEZ-GÓMEZ, et al. 2012).

Excetuando-se os municípios operados pela administração pública direta, os resultados da análise de confiabilidade indicam que dois dos municípios autarquiados apresentam confiabilidade do VU em um nível inferior (Faixa III) em relação aos outros municípios enquadrados no mesmo modelo de gestão. Em relação a estes municípios apurou-se em campo a existência de centros habitados por populações vivendo em condições precárias. A presença destas áreas em constante expansão elucidada a baixa confiabilidade do VU para estes casos pois, não há controle do volume de água utilizado por estas populações, que se ligam a rede clandestinamente.

No tocante a confiabilidade do volume faturado (VF), vê-se na Figura 5 que em todos os municípios analisados a informação é plenamente confiável. Estando este volume relacionado ao número de ligações de um sistema a boa confiabilidade deste dado indica que todas, ou quase todas, as ligações ativas são micromedidas. Porém, deve-se dar especial atenção à existência de ligações inativas onde há consumo, as quais contribuem para as perdas de água por faturamento. Assim, para combater esta problemática, a fiscalização periódica das ligações inativas é fundamental, afim de verificar se a mesma se mantém na condição inicial ou se foi reativada sem consentimento da operadora.

Figura 5. Confiabilidade do volume faturado dos sistemas em estudo.



Salvo as discussões em torno da confiabilidade dos dados gerados pelas operadoras em modelos de administração pública direta, autarquias e economia mista, para todos os tipos de volume a confiabilidade dos dados produzidos por empresas privadas se enquadra na faixa de confiabilidade plena. No tocante a participação da iniciativa privada na prestação do serviço de saneamento, presente em três casos em análise, tem-se verificado uma adversidade histórica entre a escolha da prestação pública e a particular. Já apontava Borduque, em 1997, que a privatização se apresenta como uma alternativa para suprir as urgentes demandas no setor, que tem sofrido com os cortes orçamentários e o grande déficit do país, o que é reforçado pela Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON, 2017). O grande entrave para a aceitação da concessão privada, seja ela plena, parcial ou em modelo de parceria público-privada (PPP), diz respeito ao aumento significativo da tarifa cobrada dos

usuários, uma vez que neste modelo de concessão a empresa delegada do serviço é remunerada pela cobrança da tarifa (ABCON, 2014).

Nesta perspectiva e para o enfrentamento deste entrave, Pinto (2003) exorta a necessidade de uma estrutura regulatória adequada que fiscalize a prestadora dos serviços e planeje os investimentos, além de garantir o uso adequado dos recursos hídricos e o acesso equitativo e de qualidade aos serviços, como apontado por Guérin-Schneider e Nakhla (2012). Assim, no Capítulo V, Art. 22, inciso IV da Lei 11.445, estabeleceu-se que, as entidades reguladoras devem, entre outras funções:

Definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos como a modicidade tarifária, mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade (BRASIL, 2007).

Em suma, o estudo de caso conduzido demonstrou que a natureza jurídica da operadora responsável pela gestão do abastecimento de água municipal é um fator de influência da qualidade dos dados gerados. Respalado pelo arcabouço legal, cabe as entidades gestoras municipais definir qual o modelo de gestão de saneamento mais adequado à sua realidade, considerando a atual situação técnica e financeira dos sistemas e as demandas existentes.

4 CONCLUSÃO

As perdas de água em sistemas de distribuição representam um grande entrave na expansão do saneamento no Brasil. O primeiro passo antes de se planejar e adotar medidas de controle diz respeito ao desenvolvimento de um diagnóstico do sistema, avaliando o volume de água que se perde no processo de abastecimento. As particularidades dos sistemas brasileiros dificultam o desenvolvimento de um modelo padrão de avaliação, não só do desempenho de um sistema no controle de perdas, mas também, na prestação dos serviços de saneamento como um todo. Assim, muitas empresas de saneamento têm se empenhado em elaborar seus próprios indicadores, que possam ser aplicados ao cenário atual, ampliando ainda mais a gama de indicadores de perdas existentes. É neste contexto que a análise da disponibilidade de dados dos indicadores de perdas de água conduzida na primeira etapa deste trabalho buscou se integrar. Os resultados da avaliação dos indicadores podem embasar a seleção de indicadores para as futuras avaliações tanto por parte das próprias organizações de

saneamento, como também pelas reguladoras, que comumente fazem uso dos indicadores para fiscalizar o desempenho das empresas na prestação dos serviços.

A análise da confiabilidade dos dados gerados por um sistema é imprescindível para que os resultados dos indicadores sejam válidos, subsidiando adequadamente o planejamento do setor. Os produtos deste artigo evidenciam que o modelo jurídico de gestão do saneamento adotado em um município influi consideravelmente na confiabilidade dos dados operacionais e conseqüentemente na avaliação dos sistemas a partir de indicadores. Para a realidade dos municípios operados em um formato centralizado, as assertivas deste artigo trazem um alerta para que os atores envolvidos no setor atuem de forma articulada, reforçando a importância de um olhar minucioso sob estes sistemas, investindo em infraestrutura básica que produzam dados válidos, para o adequado monitoramento do sistema e que sejam passíveis de serem empregados na avaliação das perdas.

Verifica-se ainda com os resultados que a autonomia financeira é a principal disparidade do modelo de gestão descentralizado para o modelo centralizado, viabilizando o planejamento das ações do sistema de acordo com as necessidades, com menores restrições e obstáculos, o que facilita o investimento em infraestrutura básica para conter as adversidades do sistema e operar com eficiência.

WATER LOSS INDICATORS IN SANITATION SYSTEMS: DATA AVAILABILITY AND RELIABILITY IN BASIN LEVEL

ABSTRACT

The low technical, managerial and financial capacity current in countries like Brazil hamper the data generation, that are applicable to water loss indicators, presented as essential to reduce the lost volume of water today. In this perspective, this research has dedicated to analyze which indicators have the most data availability, consultation with sanitation specialists, and analyzing the data reliability level, using 45 systems operated in Piracicaba, Capivari and Jundiá rivers Basins, as a case study. Data of the National System about Sanitation Information shows that the data that compose the best evaluated indicators indeed have good availability, been measured for more than 90% Brazil systems. In contrast, the data reliability is arguable and influenced by some factors. The analyzes conducted in the PCJ Basin context indicate that the data generated in a system operated in a centralized model has low reliability, while the systems operated in a decentralized model have a high reliability, by the accesses of private resources that promote investments in the sector. These assertive brings the light the need of articulation between the actors involved in the systems to prioritizing investments, that allows valid data generation for purposes of controlling and planning. In this way, the water loss levels, whom have seen generation adversities from both environmental point of view, going in the

opposite way of reasonable use of hydric resources, and economical aspect, rendering the systems operations costly, can be controlled and reduced.

Key-words: water loss indicators. Data availability. Data reliability.

REFERÊNCIAS

ABCON - Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto. Modelos de gestão em saneamento Concessões e Parcerias Público-Privada características e desafios. **XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Natal- RN. 27 p. 2014.

ABCON- Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto. **Panorama da participação privada no saneamento – Brasil 2017**. Edição Especial – Gestores Municipais. 100 p. 2017.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimentos de água Posicionamentos e Contribuições Técnicas da Abes**. 99 p. 2015.

AÇÃO ECO CUENCAS. **Mudança climática e crise hídrica os desafios da governança das águas nas bacias PCJ**. 70 p. 2016.

AESBE/ASSEMAE - Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais e Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. **Indicadores de Perdas nas Entidades Prestadores de Serviços Públicos de Saneamento, Documento Preliminar - 1ª Revisão**. Brasília, DF, 17p, 1998.

ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M.; PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**. International Water Association. London. 276 p. 2000.

ALEGRE, H.; COVAS, D. Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água - Uma abordagem centrada na reabilitação. **Série Guias Técnicos (16)**. ERSAE, LNEC, IST. 510 p. 2010.

AGHTM. **Rendement des Réseaux d'eau Potable. Définition des Termes Utilisés**. Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux – AGHTM, Techniques Sciences Méthodes, 4 Bis, 22p. 1990.

BORDUQUE, M. Água subterrânea na terceirização de serviços de saneamento. **X Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**. 21-31. 1997.

BRADEN, J.B.; MANKIN, P.C. Economic and Financial Management of Small Water Systems: Issue Introduction. **Journal of Contemporary Water Research and Education**, 128, 1–5. 2004. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1936-704X.2004.mp128001001.x>

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 292 p. 1988.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências**. Brasília: Diário Oficial da União 08 jan. 2007. 2007.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES, 212 p. 2016.

COBRAPE. **Planos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 – 2020: Relatório Final**. Piracicaba, 815 p. 2010

DIGHADE, R.R.; KADU, M.S.; PANDE, A.M. Challenges in Water Loss Management of Water Distribution Systems in Developing Countries. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**. 3 (6), 13838-13846. 2014.

FERREIRA, L. Do acesso à água e do seu reconhecimento como direito humano. **Revista de Direito Público**. 6 (1), 55-69. 2011. <http://dx.doi.org/10.5433/1980-511X.2011v6n1p55>

GONZÁLES-GÓMEZ, F.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R.; GARCÍA-VALIÑAS, M.A.; GARCÍA-RUBIO, M.A. Explanatory factors of urban water leakage rates in Southern Spain. **Utilities Policy**. 22, 22-30. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2012.02.002>

GUÉRIN-SCHNEIDER, L.; NAKHLA, M. Emergence of an innovative regulation mode in water utilities in France: between commission regulation and franchise bidding. **European Journal of Law and Economics**, 33(1), 23-45. 2012. <https://doi.org/10.1007/s10657-010-9169-8>

HAMILTON, S.; MCKENZIE, R.; SAEGO, C. **A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems**. UK House of commons Report. 9 p. 2006.

HELLER, L.; COUTINHO, M.L.; MINGOTI, S.A. Diferentes modelos de Gestão de serviços de saneamento produzem os mesmos resultados? Um estudo comparativo em Minas Gerais com base em indicadores. **Eng. Sanit. Ambient.** 11 (4), 325-336. 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522006000400005>

HERNÁNDEZ-SANCHO, F.; MOLINOS-SENANTE, M.; SALA-GARRIDO, R.; DEL SAZ-SALAZAR, S. Tariffs and efficient performance by water suppliers: an empirical approach. **Water Policy**, 14 (5), 854–864. 2012. <http://dx.doi.org/10.2166/wp.2012.154>.

IBNET – The International *Benchmarking* Network for Water and Sanitation Utilities. **IBNET Indicators**. 2016. Disponível em: <https://www.ibnet.org/en/texts.php?folder_id=100&L=1&S=2>

KADU, M.S.; DIGHADE, R. Infrastructure leakage index and challenges in water loss management in developing countries. **World Environmental and Water Resources**

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.386-410, abr./jun. 2018.

Congress 2015: Floods, Droughts, and Ecosystems. 1322 – 1331. 2015. <https://doi.org/10.1061/9780784479162.130#sthash.rRfPWZDy.dpuf>

KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S.; SAMARAS, P.; ZOUBOULIS, A.; BANOVEC, P. A new set of water losses-related performance indicators focused on areas facing water scarcity conditions. **Desalination and Water Treatment.** 51, 2994-3010, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2012.748448>

KINGDOM, B.; LIEMBERGER, R.; MARIN, P. The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting. Water supply and sanitation sector board discussion paper series. **The World Bank.** Washington, DC. 52 p. 2006.

LIEMBERGER, R.; MCKENZIE, R. Accuracy Limitations of the ILI: Is It an Appropriate Indicator for Developing Countries? **Conference Proceedings IWA Leakage 2005.** Conference in Halifax, Nova Scotia, Canada. IWA Publishing. 2005.

LISBOA, S.S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R.B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Eng. Sanit Ambient.** 18 (4), 341-348. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522013000400006>

MARQUES, R.C.; MONTEIRO, A.J. Application of performance indicators to control losses – results from the Portuguese water sector. **Water Science and Technology: Water Supply.** IWA Publishing. 3(1–2), 127–133. 2003.

MBUVI, D.; WITTE, K.; PERELMAN, S. Urban water sector performance in Africa: a step-wise bias-corrected efficiency and effectiveness analysis. **Utilities Policy,** 22, 31-40. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2012.02.004>

MEIRELLES, H. L. **Direito administrativo brasileiro** (21st ed). São Paulo, SP. 734 p. 1995.

MIRANDA, E.C. Indicadores de perdas em Sistemas de Abastecimento de água. **XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.** 8p. 2002.

MOLINOS-SENANTE, M.; MOCHOLÍ-ARCE, M.; SALA-GARRIDO, R. Estimating the environmental and resource costs of leakage in water distribution systems: A shadow price approach. **Science of the Environment,** 568, 180-188. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.020>

MURANHO, J.; FERREIRA, A.; SOUSA, J.; GOMES, A.; SÁ MARQUES, A. Technical performance evaluation of water distribution networks based on EPANET. **Procedia Engineering,** 70, 1201-1210. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.133>

MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.; VAIRAMOORTHY, K. Water loss management in developing countries: Challenges and prospects. **Journal AWWA.** 101(12), 57-68. 2009.

- MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.; VAIRAMOORTHY, K. Using performance indicators as a water loss management tool in developing countries. **Journal of Water Supply: Research and Technology**. IWA Publishing. 471-481. 2010. <http://dx.doi.org/10.2166/aqua.2010.066>
- MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.; VAIRAMOORTHY, K. Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**. 139, 166-174. 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000245#sthash.4mj9b7hC.dpuf](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000245#sthash.4mj9b7hC.dpuf)
- PINTO, V.C. **A Privatização do Saneamento Básico**. Consultoria Legislativa. 12 p. 2003.
- PNCDA - Programa Nacional de Combate ao desperdício de água. **Documento Técnico de Apoio nº A2 – Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, DF. 80 p. 2003.
- SANTOS, D.D.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE. **Revista DAE**. 197, 56-70. 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.128>
- SCHNEIDER, D.D.; SANTOS, R., MARTINEZ, R.C.; COUTINHO, S.M.V.; MALHEIROS, T.F.; TEMÓTEO, T.G. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**.17, 65-76. 2010.
- SCORSIM, E.M.; GLITZ, F.E.Z. Saneamento Público e Sociedade de Economia Mista Municipal. **Boletim de Direito Municipal**, ano XXIII, 9, 667-684. 2007.
- STURM, R.; GASNER, K.; WILSON, T.; PRESTON, S. Real Loss Component Analysis: A Tool for Economic Water Loss Control. **Water Research Foundation – WRF**. 173 p. 2014.
- TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**. 64 (201), 6-20. 2016. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2015.012>
- TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C.C.S.; RODRIGUES, R.L. Perdas de água: entraves ao avanço do saneamento básico e riscos de agravamento à escassez hídrica no Brasil. **Fundace**. 52 p. 2013.
- VILANOVA, M. R. N.; MAGALHÃES FILHO, P.; BALESTIERI, J. A. P. Performance measurement and indicators for water supply management: Review and international cases. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 43, 1–12. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.043>