

**Indicadores de desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água em Áreas Periféricas de uma Região Metropolitana na Amazônia**

**Antônio Jorge Silva Araújo Junior**

Professor Mestre, IFPA, Brasil  
ajorgejunior@live.com

**Alessandro Abadessa Viegas**

Mestre, COSANPA, Brasil.  
alessandroviegas@yahoo.com.br

**Lindemberg Lima Fernandes**

Professor Doutor, UFPA, Brasil.  
linlimfer@gmail.com

**Luiza Carla Girard Mendes Teixeira**

Professora Doutora, UFPA, Brasil.  
luiza.girard@gmail.com

## RESUMO

Neste trabalho é apresentado um estudo comparativo das perdas de água no sistema de abastecimento do Conjunto Canarinho (SC) e do Conjunto Benjamim Sodré (SBS), ambos isolados e inseridos na Região Metropolitana de Belém/PA, Amazônia - Brasil. Os métodos incluíram diagnóstico dos sistemas, levantamentos técnicos documentais e comerciais da concessionária de abastecimento de água, medições de vazão *in loco* (medidor de vazão portátil por ultrassom e equipamento tipo pitômetro com transdutor e *data logger*), tratamento estatístico dos dados e determinação do Índice de Perda na rede de Distribuição (IPD), Índice de Perdas lineares Brutas (IPB), Índice de Perdas por Ligação (IPL), Índice de Hidrometração (IH), Consumo Médio Per capita (CMP) e Água Não Faturada (ANF). Foram obtidos elevados IPDs, de 81,98% e 70,04% para os sistemas SC e SBS, respectivamente. Estes valores podem estar relacionados com os obtidos para o IPL (3,2 e 7,2 vezes maiores, respectivamente, em relação à média nacional) e o IPB. As altas perdas de água são uma característica da região norte do Brasil e estão refletidas nos dados obtidos dos sistemas estudados. Perdas dessa magnitude podem tornar os sistemas economicamente insustentáveis devido a fraudes, falta de manutenção e a degradação da infraestrutura contribuindo, dessa forma, para a diminuição da qualidade na prestação do serviço.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perdas, Índices, Amazônia, Água não faturada, hidrômetro.

## 1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de água em zonas urbanas tornou-se um dos principais desafios da atualidade, uma vez que muitos não atendem satisfatoriamente aos usuários em função da alta demanda de uso da água, da qualidade ofertada e ainda, à dificuldade de encontrar novas fontes de água e, ainda, a expansão dos sistemas já existentes demandar bastante recursos. Assim, a opção mais racional é melhorar a gestão do sistema de abastecimento de água (SAA), com uma observação cuidadosa de todos os fatores que podem impactar negativamente as suas unidades constituintes para que o SAA seja gerenciado de forma mais eficiente (NAZIF *et al.*, 2010; PIETRUCHA-URBANIK & STUDZIŃSKI, 2019), especificamente as redes de distribuição, uma vez que, as tubulações de água são propensas a vazamentos e afetam a quantidade de água fornecida (HU *et al.*, 2021).

Existem muitos fatores que impactam na perda de água, incluindo as condições geográficas do país, as características físicas do SAA e a densidade da população (VAN DEN BERG *et al.*, 2015). No mundo, todo ano são produzidos aproximadamente 48 bilhões de metros cúbicos de água sem que sejam cobrados do consumidor, montante igual ao consumo de um ano inteiro na América do Norte (SCHOUTEN & HALIM, 2010). Estima-se que o custo anual das perdas de água, também chamada de água não faturada (ANF), seja em torno de US\$ 14,6 bilhões de dólares em todo o mundo, sendo US\$ 5,8 bilhões de dólares perdidos em receitas nos países em desenvolvimento (KINGDOM *et al.*, 2006).

A ANF inclui as perdas físicas (também chamadas de reais), que são normalmente os vazamentos nas diversas unidades do sistema, as perdas aparentes (usos não autorizados, erros de medição, erros na emissão de contas) e os consumos autorizados não faturados, que dizem respeito a água utilizada para incêndio, caminhões pipas, entre outros (JALALKAMALI and EFTEKHARI, 2012; MUTIKANGA *et al.*, 2013; SARDINHA *et al.*, 2015). As perdas aparentes são uma parcela considerável da água não faturada, principalmente em países em desenvolvimento, onde as distorções nos dados de consumo do sistema podem prejudicar o gerenciamento e estudos técnicos (MUTIKANGA *et al.*, 2011).

Esse controle das perdas de água traz diversos benefícios como a redução dos custos de produção, aumento das receitas e ampliação da capacidade do sistema, evitando riscos à segurança da água (HU *et al.*, 2021). O volume de água perdido em um ano é um indicador importante para a eficiência de um SAA. Perdas de água elevadas e incrementos constantes são indicadores de um planejamento e construção ineficientes do SAA, bem como de operação e manutenção inadequadas (OZTRK *et al.*, 2007).

Portanto, medições precisas de perda de água são um passo inicial para evitar o problema e aumentar a receita gerada pela concessionária de água (TROJAN & MORAIS, 2012). Por exemplo, em Jamshedpur, na Índia, além das ações técnicas, foram realizados trabalhos de campo para identificar ligações não autorizadas e legalizá-las, tendo sido executados aproximadamente 1.600 cortes e a regularização de cada um desses consumidores. Como resultado, a ANF foi reduzida de 36% em 2005 para 9,9% em 2009 (MADHAVAN & SAHAI, 2012). Na cidade de Cartagena, Colômbia, as perdas na operação do SAA foram reduzidas em 32,42 % com a implementação de estratégias técnicas e comerciais e, como resultado, a gestão foi capaz de solucionar problemas como: detecção imperceptível de vazamentos, qualidade da água, nível de prestação de serviço através da implementação de níveis de pressão e redução da ANF (ÂNGULO *et al.*, 2017).

De acordo com Kingdom *et al.* (2006), a ANF está em torno de 15% nos países desenvolvidos, 30% na Eurásia (CIS) e 35% nos países em desenvolvimento, como os da América Latina. Cidades da Ásia, por exemplo, apresentam ANF em torno de 30%, podendo atingir valores mais elevados. Mais especificamente, na Malásia, a parcela média de ANF foi de 38% em 2012, em Manila, Filipinas, foi superior a 60%, em Cartagena, Colômbia foi 31,58% (ÂNGULO *et al.*, 2017), e em Colombo, Sri Lanka e Kuala Lumpur, Malásia, foi de aproximadamente 35%. No entanto, em geral, quando as perdas de água chegam ao patamar de 20%, na maioria dos casos, já é considerado satisfatório, como é o caso de Manila, com 11% em 2011, e Bangkok, Tailândia com 25 % em 2012 (SEE & MA, 2018). Em algumas cidades como Konyaalti (Turquia), Phnom Penh (Camboja), Jamshedpur (Índia) e Cingapura, após medidas para identificar e controlar as perdas de água, melhorando a manutenção, reparos e ampliação dos SAA, esses níveis atingiram valores abaixo de 20% (ADB, 2010; KARADIREK, 2012). Em 2014, o Ministério de Florestas e Assuntos Hídricos da Turquia emitiu novos regulamentos para reduzir as perdas de água para 25% (MUHAMMETOĞLU *et al.*, 2018). Mutikanga *et al.* (2011) sistematizaram diversos métodos e ferramentas para o gerenciamento de perdas que vêm sendo desenvolvidos no mundo para SAAs, destacando, no entanto, que seu uso em escala real tem sido bastante limitado, o que poderia diminuir consideravelmente os índices de perdas nestes países.

Assim, além da ANF, outros indicadores são usados para melhorar a gestão dos SAAs, incluindo o Índice de Perdas Lineares Brutas (IPB), Índice de Perdas de Ligação (IPL), Consumo Médio Per Capita (CMP) e o Índice de Perdas da Rede de Distribuição (IPD). De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2021) as perdas médias nos sistemas de abastecimento de água no Brasil, considerando apenas a distribuição, ficam em torno de 40,1%, variando entre as regiões. A região Norte apresenta o maior percentual de perdas do país, com 51,2%, Nordeste com 46,3%, Sul com 36,7%, Sudeste com 38,1% e Centro-Oeste com 34,2%. A Região Amazônica está localizada em sua maioria na região Norte do Brasil, com as perdas assim distribuídas no estados: Acre (62,1%), Amapá (74,6%), Amazonas (59,3%),

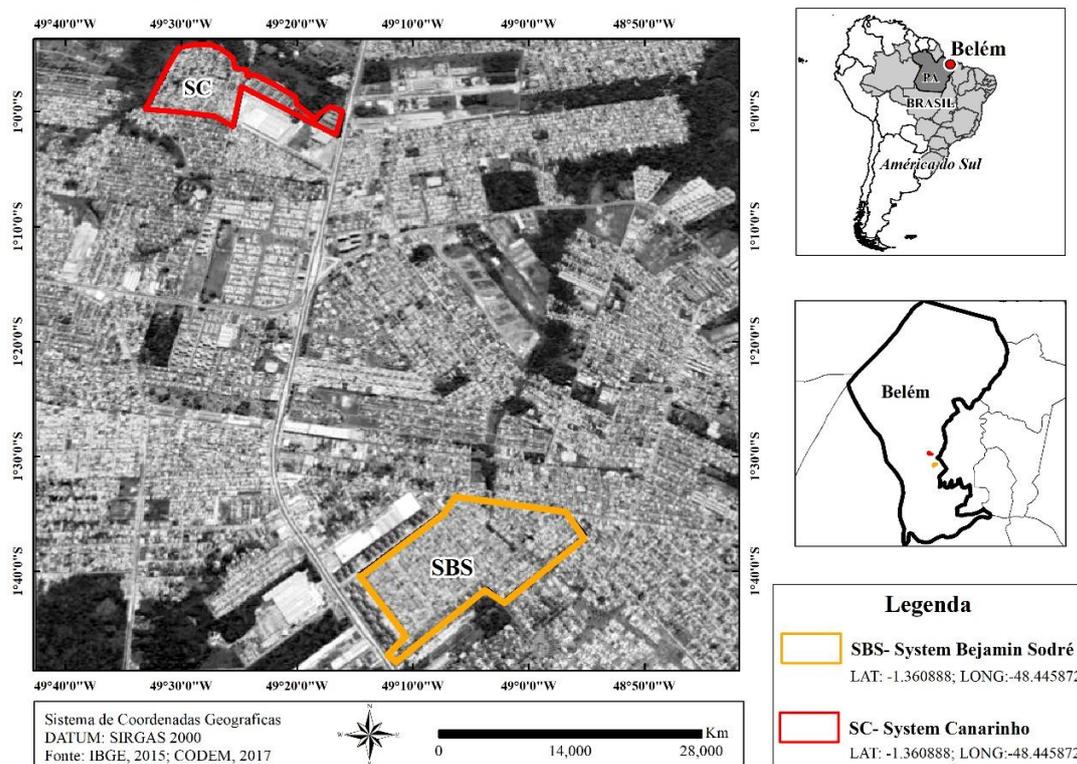
Mato Grosso (43,2%), Pará (36,9%), Rondônia (59,6%), Roraima (60,5%), Tocantins (33,9%) e uma parte do Estado do Maranhão (59,1%) (BRASIL, 2021). A maior magnitude de perda de água no Brasil está no estado do Amapá, mas são necessários mais trabalhos para quantificar a magnitude da perda de água na região Norte do Brasil.

Neste contexto, este trabalho se propõe a quantificar e comparar as perdas de dois SAAs isolados localizados na Região Metropolitana de Belém, estado do Pará, Brasil, com o objetivo de identificar parâmetros de projetos e índices de perdas, visando contribuir com a gestão e planejamento dos SAA na Amazônia.

## 2 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em dois SAAs com características semelhantes, ambos localizados na Região Metropolitana de Belém (RMB)-PA, denominados Benjamin Sodré (SBS) e Canarinho (SC). A localização geográfica da área estudada é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Localização da SBS e SC na Região Metropolitana de Belém-Brasil.



O SBS é um setor de abastecimento de água gerenciado pela concessionária local, completamente isolado, composto por um poço com profundidade de 220 metros, um sistema elevatório com vazão 54,90 m<sup>3</sup>/h, que recalca água para uma estação de tratamento de água para remoção do ferro. A água tratada é encaminhada para dois reservatórios (enterrado, e elevado de 156 m<sup>3</sup>) e, em seguida, direcionada para a rede de distribuição com 5.778 metros, 730 ligações, sendo 631 ativas, atendendo população de 3.650 habitantes. O SC é semelhante ao SBS com captação realizada através de um poço de 170 metros de profundidade, um sistema

elevatório com vazão de 117,5 m<sup>3</sup>/h, potência de 40 CV, reservatório apoiado de 120 m<sup>3</sup> e elevado de 274 m<sup>3</sup>. A rede de distribuição tem extensão de 11.371 metros, 730 ligações, sendo 639 ligações ativas e atendendo população de 5.855 habitantes.

A metodologia incluiu diagnóstico dos sistemas, levantamento documental técnico (dados físicos dos sistemas) e comercial do prestador de serviço (número de ligações, volume estimado, volume micromedido e volume faturado), medições de vazões *in loco*, tratamento estatístico dos dados e determinação dos indicadores de desempenho dos SAAs.

As medições de vazão foram realizadas na tubulação de coleta de água bruta (P1), na saída do tratamento (P2) e na saída do reservatório elevado (P3). No SBS, as campanhas tiveram duração de 10 meses e no SC de 12 meses. Em P1, as medidas foram realizadas com equipamento tipo pitômetro com transdutor e *data logger*. Em P2, no SBS foi utilizado um vertedor triangular enquanto no SC, um medidor de vazão portátil ultrassônico por tempo de trânsito. Finalmente, em P3, em ambos os sistemas as medições foram executadas com medidor de vazão portátil ultrassônico por tempo de trânsito.

Os dados obtidos foram tratados com estatística descritiva para determinar as vazões de água nas diferentes unidades do SBS e SC, para o cálculo de ANF, IPD, IPL, IPB, IH e CMP, conforme a formulação proposta pelo SNIS (BRASIL, 2021), exceto para ANF que considerou o conceito utilizado por Mutikanga *et al.* (2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos nas medições de vazões e os levantamentos de dados estão resumidos nas Tabelas 1 e 2. Verifica-se através da análise do volume faturado que os padrões de consumo são semelhantes para os habitantes de ambas as áreas apesar do número de ligações micromedidas do SC ser inferior ao do SBS (Tabela 1). Outro ponto a ser destacado é que o volume distribuído no SC é 70 % superior ao do SBS (Tabela 2), o que pode estar diretamente relacionado ao baixo número de ligações ativas micromedidas e ao grande número de ligações não autorizadas encontradas no SC observadas nas visitas de campo.

Tabela 1: Dados Comerciais dos sistemas SC e SBS.

Sistema	Ativas Estimadas		Ativas Micromedidas		Total de Ligações ativas	Volume Faturado (m <sup>3</sup> /mês)
	Ligações	Volume (m <sup>3</sup> /mês)	Ligações	Volume (m <sup>3</sup> /mês)		
SC	552	9.275,0	87	2.079,0	639	11.354,0
SBS	175	4.290,0	456	7.198,5	631	11.488,5

Tabela 2: Dados de Medição dos sistemas SC e SBS.

Sistema	Poço m <sup>3</sup> /mês	Saída ETA (m <sup>3</sup> /mês)	Saída do reservatório (m <sup>3</sup> /mês)	Vol. de Serviço (m <sup>3</sup> /mês)
SC	74.025,0	66.540,0	66.009,9	540,0
SBS	39.528,0	39.442,3	39.094,2	225,0

Os dados das Tabelas 1 e 2 foram ainda utilizados para determinar as perdas de água nas diversas unidades que compõem o SC e SBS (Figura 2). Ressalta-se que as maiores diferenças percentuais encontradas se referem a perdas nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e na rede de distribuição. A maior perda na ETA do SC deve-se à vazão de água bruta (117,5 m<sup>3</sup>/h) que é superior à capacidade de tratamento da ETA (100 m<sup>3</sup>/h) levando a extravasamentos, fato que não ocorre no SBS. Os altos percentuais de perda na rede de distribuição podem estar relacionados com as ligações clandestinas, vazamentos na rede, submedições, sendo mais agravado no SC devido ao maior número de ligações não autorizadas e menor índice de hidrometração.

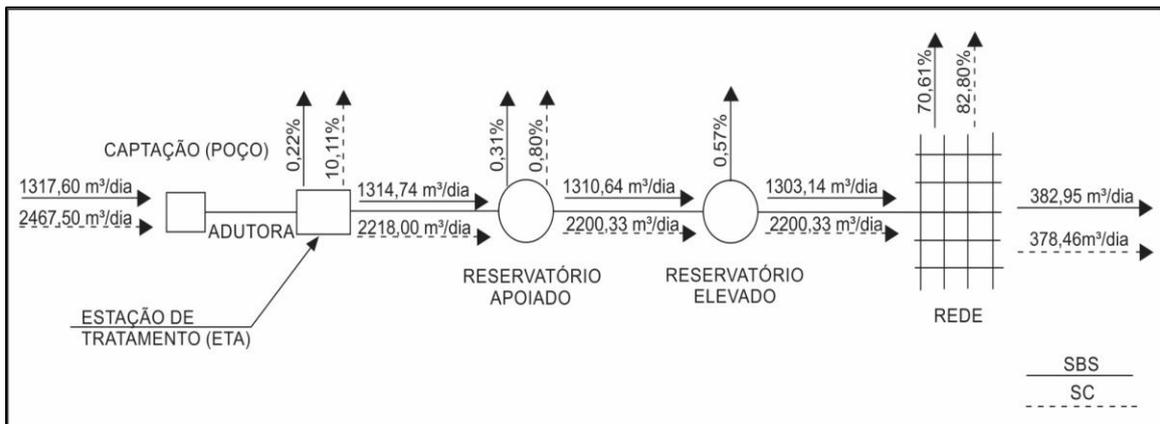


Figura 2 - Esquema geral do volume diário de água no SBS e SC.

Na Tabela 3 são apresentados os IPD, IH, ANF, IPL, IPB e CMP dos sistemas estudados, bem como suas médias regionais e nacionais, de acordo com os dados do SNIS (BRASIL, 2021). É notório que existe uma enorme diferença entre os IPD obtidos em relação ao da cidade de Belém, 71% maior no SBS e 100% no SC, onde ambos os sistemas estão localizados. Tal diferença pode representar anomalias no campo amostral analisado para obtenção do índice para o município, ou fragilidade dos dados, uma vez que estes são declarados pela concessionária ao SNIS, e a mesma, em muitos casos, não possui instrumentação adequada para obter informações precisas. A mesma tendência foi detectada para o IPB e IPL, sendo ainda mais discrepante.

Tabela 3: Indicadores de Performance de alguns SAAs.

	IPD (%)	IPB (L/m.dia)	IPL (L/ligação.d)	IH (%)	CMP (L/hab.dia)	ANF (%)
SBS	70,04%	157,96	1.446,00	72,27%	104,92	70,93%
SC	81,98%	159,00	2.820,00	13,61%	64,64	84,66%
Belém/PA*	40,99%	41,65	396,98	47,83%	117,60	-
Média Regional*	51,20%	-	595,90	61,90%	140,00	-
Média Nacional*	40,10%	-	343,40	91,30%	152,10	-

Fonte: \*BRASIL, 2021

O baixo IH calculado no SC (13,61%) favorece a ocorrência de consumos não autorizados no sistema, uma vez que os micromedidores são necessários para maior controle e quantificação do uso da água. O baixo CMP registrado (64,64 L/hab.d) e o alto IPL (2.820,00 L/ligação.dia) são resultado do pequeno número de medidores implantados no SC (Tabela 2) e calculados com base no volume consumido registrado pela concessionária de água, incluindo ligações com e sem medição, isto é, um volume estimado. Assim, percebe-se que a maior parte do volume de água disponível para a rede de distribuição é perdida como consumo não autorizado.

Essa afirmação pode ser ratificada no SBS, apesar do alto valor de 70,93%, a ANF é 16,2% inferior ao SC. Isso pode ser explicado com base no IH de 72,27%, o que leva a uma medida mais precisa de per capita e a um menor índice de perda na distribuição. O que se percebe no caso dos sistemas isolados da cidade de Belém é que, independentemente dos hidrômetros, há uma grande quantidade de perdas físicas e fraudes nos sistemas, o que também justifica os valores mais elevados de IPL em relação às demais regiões do Brasil.

O CMP do SC e SBS apresentou valores inferiores à média municipal, regional e nacional, o que pode estar relacionado ao alto valor de ANF. O SBS e o SC apresentaram valores de ANF (70,93% e 84,66%, respectivamente) superiores aos encontrados na literatura internacional para países em desenvolvimento (30%) e para outras regiões do Brasil. De acordo com a revisão da literatura, apenas Manila apresentou um valor semelhante com mais de 60% (ÂNGULO *et al.*, 2017).

Em geral, os elevados índices de perdas obtidos mostram um contrassenso, uma vez que a Amazônia é a região onde há a maior disponibilidade de água doce do mundo. Fica claro que a região sofre com uma gestão deficiente dos SAAs e, ainda, escassez de investimentos na prevenção de perdas de água. É importante que as autoridades se concentrem no uso racional e qualitativo da água na região Norte do Brasil, tanto no planejamento quanto na operação/manutenção dos sistemas, com ações como modernização da infraestrutura, automação dos sistemas, capacitação técnicas das equipes, elaboração de manuais operacionais, educação sanitária, entre outros.

## 4 CONCLUSÕES

O IPD médio obtido foi de 76% para os sistemas estudados, superior ao valor médio informado pelo SNIS para a cidade de Belém, região Norte e Brasil, mas para a ANF, os sistemas SBS e SC não apresentaram alteração significativa (14,5%) o que pode estar relacionado ao consumo não autorizado verificado nesses sistemas, principalmente no CS.

O baixo IH tem impacto significativo no CMP e na ANF, fato que também é observado com valores elevados de IPL para os SBS e SC (3,2 e 7,2 vezes maiores, respectivamente, em relação à média nacional), podendo ser explicados por consumos não autorizados e problemas de manutenção.

As altas de perda de água são uma característica da região norte do Brasil e se refletem

nos dados obtidos nos sistemas estudados, principalmente em áreas periféricas e específicas como o SBS e o SC, onde os índices são superiores às médias regional e nacional. Perdas dessa magnitude tornam os sistemas economicamente insustentáveis e resultam em má qualidade dos serviços de água e degradação da infraestrutura.

Assim, é necessária uma análise criteriosa das condições socioeconômicas da região durante a implantação de um SAA. Além disso, ações devem ser conduzidas para diminuir esta problemática como investimentos proporcionais por região, treinamento de funcionários, manutenção adequada dos sistemas e aplicação de estratégias inovadoras para reduzir as perdas de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADB- Asian Development Bank. **Every drop counts**. Learning from good practices in eight Asian cities. Asian Development Bank, Mandaluyong City, Philippines, 2010.
- ANGULO, Fredy; URUETA, Elsa; VALVERDE, Gustavo; PATERNINA, Obert. Cartagena's Water Distribution System. **Procedia Engineering**, v. 186, p. 28-35, 2017.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2020**. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília-DF, Brasil, 2021.
- HU, Xuan; HAN, Yongming; YU, Bin; GENG, Zhiqiang; Fan, Jinzhen. Novel leakage detection and water loss management of urban water supply network using multiscale neural networks. **Journal of Cleaner Production**, 278, 123611. 2021.
- JALALKAMALI, Amir; EFTEKHARI, Mehdi. Estimating Water Losses in Water Distribution Networks Using a Hybrid of GA and Neuro-Fuzzy Models. **World Applied Sciences Journal**, 18 (4): 528-537, 2012.
- KARADIREK, I. Ethem; KARA, S; YILMAZ, G; MUHAMMETOGLU, Ayse; MUHAMMETOGLU, Habib. Implementation of Hydraulic Modelling for Water-Loss Reduction Through Pressure Management. **Water Resources Management**, v. 26, n. 9, p.2555-2568. 2012. Springer Science and Business Media LLC.
- KINGDOM, Bill; LIEMBERGER, Roland; MARIN, Philippe. 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**, v.9, 2006.
- MADHAVAN, Anand; SAHAI, Supriya. Jamshedpur, India. In: **Good Practices in urban water management: Decoding good practices for a successful future** (CHIPLUNKAR, Anand; SEETHARAM, Kallidaikurichi and TAN, Cheon Kheong). Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2012.
- MUHAMMETOĞLU, Ayse; MUHAMMETOĞLU, Habid; ADIGÜZEL, Alev; İRİTAŞ, Oslen; KARAASLAN, Yakup. Management of Water Losses in Water Supply and Distribution Networks in Turkey. **Turkish Journal Of Water Science & Management**, Turkey, v. 2, n. 1, p.58-75, 2018.
- MUTIKANGA, Harrison E; SHARMA, S.K; VAIRAVAMOORTHY, K. Assessment of apparent losses in urban water systems, **Water and Environment Journal**, v.25, 327-335, 2011.
- MUTIKANGA, Harrison E; SHARMA, S.K; VAIRAVAMOORTHY, K. Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems, **Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 2, p. 166-174, 2013.
- NAZIF, Sara; KARAMOZ, Mohamed; TABESH, Massoud; MORIDI, Ali. Pressure management model for urban water distribution networks, **Water resources management**, v.24, 437-458, 2010.
- OZTURK, Izzet; UYAK, Vedat; ÇAKMAKCI, Mehmet; AKÇA, Lutfi. **Dimension of water loss through distribution system and reduction methods in Turkey**. International Congress on River Basin Management. 245-255, 2007.

PIETRUCHA-URBANIK, Katarzyna. STUDZIŃSKI, Andrzej. Qualitative analysis of the failure risk of water pipes in terms of water supply safety. **Engineering Failure Analysis**. Volume 95, Pages 371-378, 2019.

SARDINHA, José; SERRANITO, Francisco; DONNELLY, Andrew; MARMELO, Vera; SARAIVA, Pedro; DIAS, Nuno; GUIMARÃES, Ricardo; MORAIS, Daniel; ROCHA, Vitor. **Controle Ativo de Perdas de Água**. EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A. 2ª edição digital, janeiro 2017.

SCHOUTEN, Marco Adrianus Cornelis; HALIM, Rosita D. Resolving strategy paradoxes of water loss reduction: A synthesis in Jakarta. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, 1322-1330, 2010.

SEE, Kok Fong; MA, Zhanxin. Does non-revenue water affect Malaysia's water services industry productivity? **Utilities Policy**, v. 54, p. 125-131, 2018.

TROJAN, Flávio; MORAIS, Daniele Costa. **Using Electre TRI to support maintenance of water distribution networks**. Pesquisa Operacional, n.32, v.2, 423-442, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382012005000013>

VAN DEN BERG, Caroline. Drivers of non-revenue water: A cross-national analysis. **Utilities Policy**, v. 36, p. 71-78, 2015.