



ANÁLISE CIENTÍFICO-MERCADOLÓGICA DA TRAJETÓRIA HISTÓRICA DE PERDAS HÍDRICAS NO BRASIL

Francemberg Ferreira Dutra¹; Efrain Pantaléon-Matamoros¹; Zulmara Virgínia de Carvalho¹; Cândida Beatriz Santos Batista²; Ada Lima Ferreira de Sousa¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação - PPgCTI
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal/RN – Brasil
francemberg_dutra@hotmail.com; epantaleon@ect.ufrn.br;
zulmara@ect.ufrn.br; adalima@ect.ufrn.br

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal/RN – Brasil
candida.beatriz13@gmail.com

Resumo

A água é um bem essencial para a manutenção da vida terrestre e, quando não há uma gestão adequada, os impactos ambientais, sociais e econômicos podem ser imensuráveis. Um dos principais problemas é a perda de água durante o processo de distribuição na rede. Nos últimos anos, é crescente o número de pesquisas em busca de uma maior eficiência, utilizando sobretudo a inteligência artificial no controle das perdas, tornando-se uma importante ferramenta em regiões que sofrem com a escassez hídrica. No Brasil, as perdas representam 38,5% de toda água distribuída pelas companhias de abastecimento urbanos no ano de 2018, em maior proporção ocasionadas por vazamento, correspondendo a um custo financeiro de aproximadamente R\$ 11,3 bilhões. Nesse âmbito, este trabalho tem como objetivo produzir uma pesquisa exploratória sobre detecção de vazamento de água, através de um diagnóstico científico-mercadológico das formas e tecnologias utilizadas para o enfrentamento às perdas de água. Com o propósito de alcançar os objetivos, foram consultados materiais de base científica, tecnológica e mercadológica. A partir dos resultados alcançados, observou-se que as empresas brasileiras ainda investem bem menos do que o esperado para obter resultados significativos na gestão dos recursos hídricos e quão distante o país se encontra de outras nações que solicitaram patentes sobre detecção de vazamento de água. Entretanto, o crescimento de startups no desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que tornem a gestão das perdas de água mais eficiente é uma tendência internacional, principalmente diante da necessidade de tecnologias inovadoras para a mitigação de perdas.

Palavras-chave: gestão hídrica; redução de perdas; sustentabilidade.

1 Introdução

A água é um bem essencial para a sobrevivência das espécies. Independentemente da localidade ou da área, é utilizada nas atividades diárias, seja para higiene pessoal, na produção

de alimentos, no uso industrial, no abastecimento urbano ou para outra finalidade. Por isso, é importante uma gestão eficiente para evitar ou minimizar os desperdícios que ocorrem durante a sua utilização, visto que a escassez desse recurso ocasiona sérios impactos ambientais, econômicos e sociais, tendo como agravamento crises hídricas. Em todo o mundo, haverá cerca de 1,8 bilhões de pessoas vivendo em área de escassez absoluta de água (SENSUS, 2012).

O Brasil possui uma variabilidade nos modelos de administração de companhias de abastecimento urbano de água, com diferentes realidades de infraestrutura, poder aquisitivo e tecnologias. Somente no ano de 2017, as perdas decorrentes de vazamentos nas tubulações corresponderam, em média, a 53,8% de toda água distribuída no período (ITB, 2019). O vazamento tem uma grande representatividade pois, com eles, as perdas podem ser superiores a 70% (VAN ZYL; CLAYTON, 2017).

Assim, a busca pela eficiência na distribuição do volume de água, através do abastecimento realizado pelas companhias urbanas, deve ser constante e também pode acarretar significativas consequências financeiras. Esse tema exige uma atenção maior da sociedade científico-empresarial, pois as perdas decorrentes dessa atividade são significativas. A nível global, os gastos anuais pelas companhias de abastecimento de água correspondem aproximadamente ao valor de US\$ 184 bilhões (SENSUS, 2012).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é fazer uma pesquisa exploratória sobre perdas de água, com ênfase na detecção de vazamento de água através do número de patentes solicitadas por países ao longo dos anos, como também por meio de um diagnóstico científico-mercadológico que possa auxiliar no desenvolvimento de tecnologia inovadora para atuar no combate às perdas de água por vazamento.

2 Fundamentação teórica

No Brasil, as perdas de águas são classificadas como perdas aparentes (**comerciais**) ou perdas **comerciais reais (físicas)**. No primeiro caso, de forma genérica, pode-se dizer que há o consumo dessa água distribuída para o consumidor final, no entanto, esse volume não é tarifado pelas companhias de abastecimento. Já no segundo caso, a água é perdida durante o processo de distribuição, ocorrendo na grande proporção por vazamento, ou seja, não há consumo e toda a água é desperdiçada no percurso antes de chegar ao consumidor final.

Apesar de ser um termo aparentemente novo, que vem sendo bastante discutido mais recentemente no mundo, a Inteligência Artificial (IA) foi introduzida há décadas. Segundo McCarty (1956, apud NACABAYASHI, 2009), a IA pode ser definida como a ciência que estuda o estímulo do comportamento da inteligência humana por uso de máquinas. Em nossa época, a IA - em especial aprendizado de máquina - é a tecnologia com propósito geral mais importante. Através dela, é possível gerar inovações nos negócios e na economia, com reflexos tanto nas contribuições diretas quanto nas capacidades de habilitar e inspirar inovações complementares (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017).

3 Metodologia

Este estudo foi desenvolvido como pesquisa exploratória, utilizando-se dados secundários sobre perdas de água nos sistemas de abastecimento urbanos, tanto no Brasil, principalmente com ênfase nos dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS –, quanto fora do país. No levantamento bibliográfico, foram abordados diferentes meios de publicações, como livros, periódicos, artigos científicos, relatórios técnicos governamentais e diagnósticos.

Dentre as referências utilizadas, as principais fontes da pesquisa aplicada ao estudo foram Google Acadêmico, periódicos Capes e *SciELO – Scientific Electronic Library Online* –, sendo o Google Acadêmico responsável pela maior quantidade de referências, seguido pelos periódicos Capes e pelo *Scielo*. Além desses, os livros tiveram papel importante na pesquisa, como, por exemplo, “*Lake Detection – Technology and Implementation*” publicado pela *International Water Association – Associação Internacional da Água* – com uma variedade de tecnologias utilizadas no mundo para combater as perdas físicas de água, em maior proporção ocorridas por vazamentos.

Durante as pesquisas, foram utilizadas as palavras-chave: água doce; tipos de perdas de água; perdas de água; perdas de água no Brasil; perdas de água em redes de abastecimento urbano; empresas de saneamento no Brasil; tecnologias de perdas de água; perdas de água por vazamento; *leak detection*; *water leak detection*; *leakage identification*; *water losses in urban networks*; *water waste*.

Para o levantamento tecnológico de patentes, no dia 23 de junho de 2020, aplicou-se uma busca avançada por meio da plataforma de pesquisa *Espacenet Patent Search*, empregando as palavras-chaves *water leak detection* (detecção de vazamento de água) e deixando os demais campos vazios. Com isso, identificou-se as publicações de patentes sobre o tema no mundo. Inicialmente, foram encontrados aproximadamente 311 resultados de patentes, das quais apenas 269 estavam liberadas para consulta.

No entanto, quando se pesquisou sobre o panorama das perdas de água nas redes de abastecimento brasileira, como também as medidas de combate a essas perdas e quais as tecnologias utilizadas, observou-se que há uma escassez de material científico nessa área.

4 Trajetória histórica de perdas hídricas no Brasil - uma análise científico-mercadológica

4.1 Trajetória histórica

O controle das perdas de água no Brasil foi iniciado ativamente em meados do século XX, com medições de vazão. No ano de 1940, foram realizadas as primeiras pesquisas de vazamentos não visíveis, com uso do aparelho mecânico chamado de geofone. Já no início de 1950, passou-se a utilizar o geofone eletrônico. Após a década de 1970, surgiram os correlacionadores de ruídos e o armazenador de dados. Entre os anos de 1980 e 1990, as perdas físicas foram monitoradas ativamente também por controle de pressão e modelagem (BRASIL, 2008).

A década de 1980 foi um marco, nas empresas de saneamento, no que se refere à distribuição de água tratada, pois foi através da publicação do estudo intitulado por “*Leakage control, policy and practice – Report 26*”, pela *Water Research Center*, que se começou a dar mais importância para as perdas de água. Ademais, foi através desse estudo que surgiram novas técnicas de controle de perdas, como também foram publicados numerosos trabalhos internacionais e nacionais, em especial para a *International Water Association – IWA*, grupo de tarefa que é referência por traçar as diretrizes sobre o controle e a redução das perdas de água (BRASIL, 2008).

De acordo com a Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A. (EPAL), em Portugal, historicamente, o controle de perdas de água ocorre desde os primeiros sistemas de abastecimento, com o propósito de garantir a quantidade de água suficiente para atender à população, como também evitar prejuízos a esta e ter um sistema mais eficaz. Com foco nas perdas físicas, os primeiros estudos ocorreram com o objetivo de localizar vazamentos pelo

método acústico, de forma totalmente mecânica, e, ao longo do tempo, utilizou-se métodos mais inovadores, conforme ilustrado no Quadro 1 (SERRANITO; DONNELLY, 2017).

Quadro 1 – Evolução cronológica das técnicas de detecção de perdas

Tempo	Tecnologia
1850	Varinha de Escutas
1880	Medidores de Perda
1920	Medidores de Turbinas
1930	Fechos Sequenciais
1965	Geofones
1978	Controladores Acústicos
1980	Zona de Monitoramento e Controle - ZMC
1990	Registradores Acústicos
2001	Registradores com capacidades de correlação acústica
2002	Correlacionadores Digital
2003	Geofones Avançado
2005	Injeção de Gás Traçador

Fonte: Adaptado de Serranito; Donnelly (2017).

O controle ativo de vazamento por varredura, através de hastes de escutas, correlacionadores de ruídos e geofones – que foi perceptível, durante o estudo, que está presente em países como Brasil e Portugal – identifica os locais de vazamentos somente no ato das visitas dos operadores nas redes e ramais de distribuição de água, com o objetivo de localizar os vazamentos não visíveis através de ruído e/ou vibrações geradas nas redes e ramais, que são identificados pelo aparelho em contato com a rede ou solo. Dessa forma, acaba ocorrendo uma mudança cultural que exigem profissionais percorrendo todas as ligações ativas de água para poder realizar a varredura, ou seja, é necessário caminhar pela cidade inteira visitando todas as ligações de água ativas.

Ao longo dos anos, foram se desenvolvendo outras maneiras de identificar as perdas de água, havendo inúmeras tecnologias e técnicas para detecção de vazamentos na rede. A localização e a precisão da identificação são influenciadas por vários fatores, havendo algumas técnicas que conseguem apenas indicar aproximadamente a localização do vazamento, enquanto outras informam o local com exatidão (HAMILTON, 2013). Desse modo, anualmente, as companhias de abastecimento de água brasileiras e estrangeiras estão se aproximando cada vez mais de empresas de saneamento e de startups nacionais e internacionais para atuarem juntos no enfrentamento às perdas de forma inovadora.

Há países que vão além dessas técnicas de prevenção ou remediação. Por exemplo, Israel adota uma política de punição ao desperdício, em que qualquer vazamento que ocorra nas ligações deve ser comunicado de forma imediata, pois existem sistemas de desligamento automático até que haja o conserto do vazamento, evitando perdas de água. Apesar de o sistema ser considerado caro, o país considera como investimento estratégico. Por isso,

conseguiu, em dez anos, economizar metade da água que seria desperdiçada se não houvesse ações desse tipo (TRIGUEIRO, 2017).

4.2 Mapeamento tecnológico

É importante o uso da tecnologia em todos os setores básicos, dentre eles o abastecimento de água. Nesse sentido, aliando a necessidade de enfrentar crises hídricas à necessidade de combater os desperdícios, há soluções que unem Internet das Coisas, Inteligência Artificial e Big Data para identificar falhas nas redes de distribuição de água e reduzir as perdas (PARIKH, 2016).

Como citado anteriormente, ao longo dos anos, foram utilizadas várias técnicas a nível mundial; com isso, também houve evolução na forma de combater as perdas de água e, conseqüentemente, emprego de diferentes tecnologias, cada vez mais precisas, para localizar onde está ocorrendo o desperdício nos sistemas de abastecimento de água. Nesse sentido, Hamilton (2013, p.12) relata algumas técnicas empregadas no mundo, que também são utilizadas no Brasil, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Técnicas de Identificação de Perdas Hídricas

Técnica	Descrição
Método de Injeção de Gás	Nesse método, é injetado o gás na tubulação, que pode ser o hélio ou hidrogênio, sendo utilizado o último com mais frequência, por ter o custo mais baixo. Além disso, é utilizado um detector de gás para identificar a presença do gás na tubulação. Para melhorar a precisão na identificação do gás que chega até à superfície pelo vazamento na tubulação, é preciso conhecer o fluxo da água na rede. É válido destacar que a mistura do gás com a água não prejudica a sua qualidade.
Vara de Escuta Manual	É uma técnica mais adequada para ser utilizada em tubulações de metais, com diâmetros entre 75 mm e 250 mm e pressões acima de 10 m (15 psi). Para a identificação, é utilizado o estetoscópio ou o stick de escuta, que possui um fone de ouvido para escutar os barulhos decorrentes de vazamentos e localizá-los, sendo um aparelho bastante utilizado por empresas de abastecimento de água no mundo.
Método da Correlação de Ruído de Vazamento	São inseridos dois sensores entre duas válvulas, localizadas em pontos de acesso convenientes nas tubulações subterrâneas. Assim é feita a correlação de ruído decorrente de vazamento com o ruído detectado na rede entre os dois pontos que estão sendo analisados.
Correlação Usando Acelerômetros	São implantados dois sensores em acessórios para tubulação entre os locais que são suspeitos de vazamentos, com isso os acelerômetros respondem à vibração emitida pelo vazamento e os identificam.
Correlação Usando hidrofones	A detecção do vazamento se dá através de hidrofones colocando na rede por meio de acessórios específicos, onde, na parte externa do tubo, são colocados acelerômetros para detectar a energia perdida na parede da tubulação.
Correlacionador de Ruído Baseado em Rádio	São implantados os acelerômetros ou hidrofones nos hidrantes ou em acessórios com alguma similaridade que estejam disponíveis nas tubulações. Para localizar o vazamento, são colocados os aparelhos em ambos os lados entre o vazamento, para captar o ruído gerado pelo vazamento e ele ser detectado pelos hidrofones/acelerômetros. Por fim, o sinal é transmitido via rádio para o processamento de correlação por um dispositivo.
Imagem Térmica	Os pontos de vazamento de água são identificados através das pesquisas realizadas por infravermelho térmico, onde há uma combinação de detectores e lentes fornecendo uma representação visual da energia infravermelha emitidas pelos objetos

Fonte: Adaptado de Hamilton (2013, p.12)

Além dessas diferentes tecnologias utilizadas no enfrentamento ao desperdício de água, também foi realizado o levantamento de patentes relacionadas à detecção das perdas de água por vazamento, requerida anualmente. Isso servirá como referência para a possibilidade de, futuramente, inserir nova tecnologia no mercado que possa contribuir com a exploração sustentável dos recursos hídricos. Conforme observado no Gráfico 1, de 2011 a 2019, houve três inflexões, mas um crescimento linear considerável de patentes solicitadas, principalmente nos últimos dois anos.

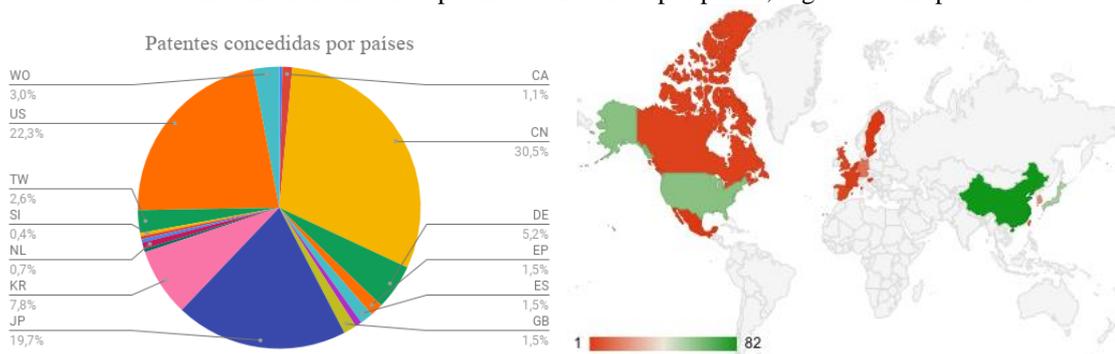
Gráfico 1 - Número de patentes sobre detecção de vazamento de água por ano



Fonte: Adaptado de EPC (2020).

Mais um dado relevante para o estudo foi a investigação sobre quais países lideram as patentes concedidas sobre detecção de vazamento de água, segundo a plataforma Espacenet. Como pode ser observado no Gráfico 2, algumas das potências mundiais são os países líderes em patentes direcionadas ao tema pesquisado, sendo 72,5% solicitadas por três países; deles, a China é líder, seguida pelos Estados Unidos e pelo Japão.

Gráfico 2 - Percentual de patentes concedidas por países, seguido do mapa de calor



Fonte: Adaptado de EPC (2020).

Ao se observar a evolução de patentes sobre o tema, é notória a importância que vem sendo dada ao desenvolvimento de tecnologias para detecção de vazamentos de água, visto que, nos últimos anos, esse tem sido um assunto de discussão mundial e muitos países sofrem com a escassez hídrica. Além disso, no presente cenário de pandemia mundial, onde o uso da água é essencial para higienização e redução de propagação do vírus que causa a doença Covid-19, a forma de combate ao desperdício de água no Brasil é um assunto que ganhou mais relevância nas discussões presentes.

4.3 Dinâmica mercadológica

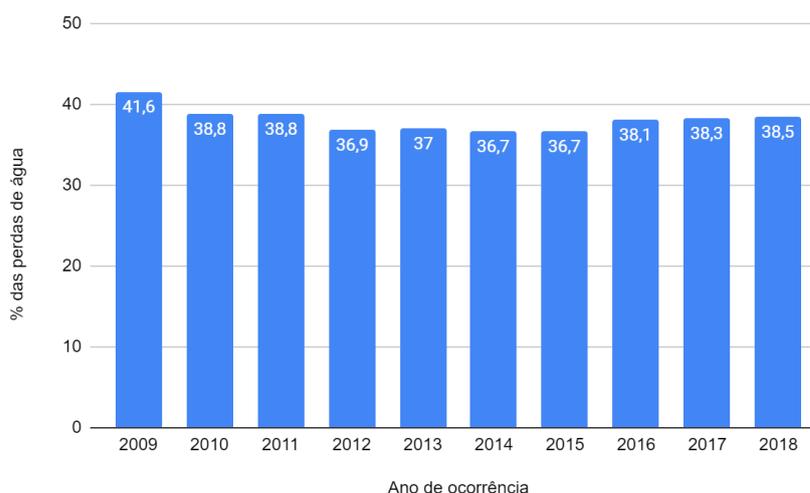
O desperdício de água é um problema global, como evidenciado em um estudo do Banco Mundial. Somente as perdas de águas não faturadas pelas empresas representam cerca de 15%, e estima-se que, se forem reduzidos 50% dos vazamentos, isso representaria receitas de US\$ 2,9 bilhões anuais, permitindo o acesso de 90 milhões de pessoas a água limpa, sem a necessidade de novos recursos hídricos (PARIKH, 2016).

No Brasil, houve uma pesquisa liderada pelo Instituto Mais Democracia para investigar o mercado privado do setor de saneamento. De acordo com os resultados publicados no estudo "Quem são os Proprietários do Saneamento no Brasil", percebeu-se que o setor nacional de saneamento é controlado por 26 empresas, das quais as maiores são: Iguá Saneamento (ex-Companhia de Águas do Brasil – CAB, então do grupo Queiroz Galvão); Grupo Águas do Brasil (Saneamento Ambiental Águas do Brasil – SAAB); BRK Ambiental (ex-Odebrecht Ambiental); AEGEA Saneamento e Participações e GS Inima Brasil. Além disso, 85,3% dos contratos realizados para os serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto são controlados pelos cinco maiores grupos que prestam serviços nesta área (STIFTUNG; RIETZL, 2018).

Ainda sobre o país, observou-se, nos dados alusivos ao ano de 2017, que o índice de perda de água na distribuição obteve um leve aumento com relação ao ano anterior, correspondendo ao percentual de 38,3% de perdas. Essa perda na distribuição correspondeu ao índice de perdas de faturamento total de 39,2%, ou seja, o custo da perda financeira no país foi de R\$ 11,3 bilhões, sendo superior aos R\$ 11 bilhões, total equivalente aos recursos investidos em água e esgotos no território nacional no ano de 2017 (ITB, 2019).

De acordo com os dados mais recentes, referentes ao ano de 2018, as perdas de água no Brasil, em média, são de 38,5%, e o investimento no setor de tratamento e distribuição de água para o mesmo ano foi de R\$ 5,75 bilhões (SNIS, 2019). Além disso, é importante observar o cenário das perdas de água na distribuição durante os últimos 10 anos (Gráfico 3) e levar em consideração que as perdas do faturamento anuais são com percentuais bem próximos dessa realidade, ou seja, considerando a média nacional, estamos regredindo aproximadamente 8 anos.

Gráfico 3 - Índice de perdas na distribuição



Fonte: Adaptado de Brasil, 2020.

A preocupação com as perdas de água nas redes de abastecimentos urbanos no Brasil e no mundo ocorrem há várias décadas. Diante do crescimento da demanda e dos níveis de reserva disponíveis de água, houve evolução tecnológica ao longo dos anos para combater as perdas de água e tornar a gestão dos recursos mais eficientes. Por isso, ao observar o cenário nacional, é importante destacar que é fundamental sempre buscar desenvolver pesquisas e tecnologias para poder mitigar gradativamente o desperdício de recursos hídricos gerado pelas companhias.

Mesmo que, em determinados períodos, a tecnologia utilizada no território brasileiro tenha sido similar à de países como Portugal, este país possui uma gestão bem mais eficiente no quesito perdas de água no abastecimento, o que pode ser influenciado por diversos fatores, tais como maior investimento financeiro, modelo de gestão no controle de perdas, políticas adotadas, menor diversidade de companhias, entre outros.

Com o mapeamento tecnológico, foi possível observar quais tecnologias estão sendo mais empregadas nos estudos de patentes solicitadas para o desenvolvimento tecnológico na área. Conforme esperado, países como China e EUA estão se destacando mais, como também o Japão, que, culturalmente, tem um histórico de preocupação com a exploração eficiente dos recursos hídricos.

Identificou-se que as empresas de saneamento brasileiras ainda investem bem menos do que o esperado para obter resultados significativos na área do abastecimento de água potável, gestão dos recursos hídricos e combate às diversas perdas de água. Como consequência disso, utilizando a média nacional dos índices de perdas na distribuição, praticamente não houve evolução nos últimos 9 anos, o que pode ser reflexo do número de patentes desenvolvidas no Brasil para que haja avanço nessa área.

No mais, com o estudo, foi possível fazer uma avaliação científico-mercadológico que possa ser utilizada como subsídio para tomadas de decisões no tocante ao desenvolvimento de tecnologias para combater as perdas de água físicas.

5 Considerações finais

Da forma como algumas companhias de abastecimento urbano vêm tratando as perdas de água no país, é relevante destacar que podemos sofrer cada vez mais com a escassez hídrica e a falta de água potável em determinadas regiões, considerando o aumento médio dos índices de perdas na distribuição. Além disso, foi observado que o investimento nacional em gestão e tecnologia para combater o desperdício hídrico está aquém do necessário. Entretanto, há países como o Japão, que investem fortemente em redução de perdas de água, sendo um bom exemplo a ser seguido por outras nações.

O número de patentes desenvolvidas no Brasil também é um bom indicador para reforçar a necessidade de melhorar a gestão dos recursos hídricos. Nenhuma menção ao país na lista de patentes foi encontrada, o que corrobora a necessidade de novas tecnologias na área, com o objetivo de diminuir o desperdício de água, seja mediante investimento em Pesquisas e Desenvolvimento (P&D) pelas próprias companhias ou em parceria com as empresas nacionais, preferencialmente, visto que existem startups que estão se desenvolvendo nessa área. É importante que as startups e as empresas tecnológicas estejam cada vez mais próximas das companhias de abastecimento de água para poderem, juntas, mudar essa realidade atual, visto que a maioria dos contratos com os prestadores de serviços se concentra em um pequeno grupo de empresas. Enquanto isso, Israel, por exemplo, exporta tecnologias nessa área, através de suas startups, por meio da indústria 4.0.

Apesar da limitação de estudos sobre o tema, os resultados apresentados evidenciam a carência de tecnologias inovadoras e eficientes no Brasil em um contexto geral,

consequentemente, para mudar a realidade brasileira é interessante o desenvolvimento de produtos e serviços tecnológicos que utilizem a nova revolução industrial (exemplo: IA, *big data* e Internet das coisas) como pilar da mitigação das perdas hídricas em nosso território.

Referências

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Salvador, **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento. Guia do profissional em treinamento: nível 2.** 2008.

BRASIL. **SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Ministério do desenvolvimento Regional. 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>. Acesso em: 25 jun. 2020.

EPC, European Patent Convention. **Espacenet Patent search.** 2020.

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. THE BUSINESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: what it can and cannot do for your organization. **Harvard Business Review**, Watertown, p. 1-20, 21 jul. 2017. Disponível em: <https://hbr.org/cover-story/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence>. Acesso em: 24 jun. 2020.

HAMILTON, Stuart; CHARALAMBOUS, Bambos. **Lake Detection: Technology and Implementation.** London: Iwa Publishing, 2013.

ITB, INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de água potável seriam suficientes para abastecer 30% da população brasileira por um ano.** Novo estudo do Instituto Trata Brasil mostra que vazamentos, furtos, erros de leitura do hidrômetro, entre outros fatores, causaram um prejuízo acima de R\$ 11 bilhões em 2017. São Paulo: GO Associados, 2019. Disponível em: http://tratabrasil.org.br/images/Release_Perdas_de_%C3%81gua.pdf. Acesso em: 25 set. 2019.

NAKABAYASHI, Luciana Akemi. **A contribuição da Inteligência Artificial na Filosofia da Mente.** 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.inbot.com.br/artigos/educacional/A-contribuicao-da-Inteligencia-Artificial-na-filosofia-da-mente-Luciana-Akemi-Nakabayashi.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

PARIKH, Tushar. **Águas inteligentes: tecnologias que podem evitar desperdício.** Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Big Data antecipam crises e desperdícios e permitem gerir a água de forma holística. 2016. Disponível em: <https://computerworld.com.br/2016/11/03/aguas-inteligentes-tecnologias-que-podem-evitar-desperdicio/>. Acesso em: 23 out. 2019.

SENSUS. **Water 20/20: Bringing Smart Water Networks Into focus.** Raleigh, 2012. Disponível em: <https://sensus.webdamdb.com/bp/#/folder/568536/22697242>. Acesso em: 11 mar. 2020.

SERRANITO, Francisco; DONNELLY, Andrew. **Controlo Ativo de Perdas de Água:** EPAL Technical Editions. 2. ed. Lisboa: EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A, 2017.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Abastecimento de Água 2018.** 2019. Disponível em: <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>. Acesso em: 14 dez. 2019.

STIFTUNG, Heinrich Boll; RIETZL, Judith. **Quem são os proprietários do saneamento no Brasil?** 2018. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2018/06/25/quem-sao-os-proprietarios-do-saneamento-no-brasil>. Acesso em: 23 out. 2019.

TRIGUEIRO, André. **Cidades e soluções: como construir uma sociedade sustentável**. Rio de Janeiro: Leya, 2017. 271 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=yesmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT213&dq=startups+de+Israel+combate+as+perdas+de+%C3%A1gua&ots=KkeobK83WB&sig=GiOphltsiyuRvg1qiJCiBXBo7w#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12 dez. 2019.

VAN ZYL, J.E., CLAYTON, C.R.I. **The effect of pressure on leakage in water distribution systems**. Southampton: Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers - Water Management, 2007. Vol. 160. 109-114 p. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/wama.2007.160.2.109>. Acesso em: 18 mar. 2020.