

TECNOLOGIAS E SISTEMAS INTELIGENTES DE ÁGUA NO AMBIENTE URBANO: UMA ANÁLISE DA LITERATURA

TECHNOLOGIES AND INTELLIGENT WATER SYSTEMS IN THE URBAN ENVIRONMENT: A LITERATURE ANALYSIS

TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE AGUA INTELIGENTES EN EL ENTORNO URBANO: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

ADRIANA KUNEN, MSc. | Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil (UTFPR)

ANDERSON SACCOL FERREIRA, MSc. | Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil (UTFPR)

GILSON DITZEL SANTOS, Dr. | Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil (UTFPR)

REGINA NEGRI PAGANI, Dr^a. | Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil (UTFPR)

RESUMO

Na atualidade o uso irracional da água pelas cidades contribui para o agravamento dos diversos problemas, tais como a poluição das águas e a escassez dos recursos hídricos. Nesse contexto, a literatura aponta vários desafios, desde a gestão até o uso de tecnologias para monitorar, recuperar e reduzir o consumo dos recursos hídricos. As tecnologias e os sistemas inteligentes podem contribuir para a sustentabilidade, garantindo a economia para as cidades e a melhoria da gestão dos recursos naturais. Dessa forma, o presente artigo tem como proposta realizar uma revisão da literatura sobre os sistemas inteligentes de água, procurando compreender as potencialidades desses sistemas, bem como verificar quais as lacunas existentes na temática. Para a revisão utilizaram-se diferentes bases de dados, tendo compreendido o período de 2020 a 2022. A partir do levantamento foram encontrados e analisados dezoito artigos científicos. Os resultados demonstram o uso das tecnologias para a oferta de soluções dos problemas ambientais, principalmente para a escassez de água. Essas soluções também contribuem para as cidades e o desenvolvimento regional. Ademais, as tecnologias podem auxiliar no avanço do conceito de cidades inteligentes.

PALAVRAS-CHAVE

Água; sistema inteligente; tecnologias; gestão da água urbana; cidades inteligentes.



ABSTRACT

Currently, the irrational use of water in cities contributes to the aggravation of various problems, such as water pollution and scarcity of water resources. In this context, the literature points out several challenges, from management to the use of technologies to monitor, recover and reduce the consumption of water resources. Thus, technologies and intelligent systems can contribute to sustainability, ensuring savings for cities and improving the management of natural resources. Thus, this article proposes to carry out a literature review on intelligent water systems, seeking to understand the potential of these systems, as well as to verify which gaps exist in the subject. For the review, different databases were used with publications between 2020 - 2022, with eighteen scientific articles being found and analyzed. The results show the use of technologies to offer solutions to environmental problems, mainly for water scarcity. These solutions also contribute to cities and regional development. In addition, technologies can help advance the concept of smart cities.

KEYWORDS

Water; smart system; technologies; urban water management; smart city.

RESUMEN

Hoy en día, el uso irracional del agua en las ciudades se convierte en uno de los factores que contribuyen a agravar diversos problemas como la contaminación y la escasez de estos recursos. La bibliografía señala varios retos, como el consumo irresponsable, la falta de reservas naturales y de tecnología adecuada. Es importante comprender estas tecnologías y sus sistemas en la época contemporánea. El artículo cuestiona la forma en que la literatura aborda las relaciones entre tecnología, sistemas, agua e inteligencia. El estudio pretende realizar una revisión bibliográfica sobre los esfuerzos de investigación acerca de los sistemas de agua inteligentes. Para la revisión se utilizaron diferentes bases de datos con publicaciones entre 2020 y 2022. De ellos, se analizaron 18 artículos científicos. Se tomó nota del uso de las tecnologías para aportar soluciones a los problemas medioambientales de la escasez de agua. Señalamos soluciones que contribuyen al desarrollo de la región y las ciudades y pueden transformarlas en ciudades más inteligentes.

PALABRAS-CLAVE

Agua; sistema inteligente; tecnologías; gestión del agua urbana; ciudades inteligentes.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a população mundial cresceu exponencialmente, decorrente da migração para os centros urbanos. Dessa forma, estima-se que até o ano de 2050 cerca de 70% das pessoas do planeta residirão em áreas urbanizadas (UNITED NATIONS, 2019b; UNITED NATIONS, 2020). Estas áreas urbanizadas representam 2% do espaço geográfico e acomodam 50% da população mundial, o que acaba sendo responsável por 80% de emissão de gases do efeito estufa (GEE), além de consumir o mesmo percentual em recursos naturais (ARBOLINO et al., 2017; ARBOLINO et al., 2018).

Esse cenário tem gerado diversos problemas urbanos, tais como: a ocupação irregular; crescimento desordenado; desemprego; uso de energias poluentes; consumo vigoroso de água; descontrole das águas cinzas; forte dependência dos recursos não renováveis; e agravamento da emissão de GEE (GOONETILLEKE et al., 2015; MAHBUB et al., 2011). Um dos impactos gerados por este descontrole urbano é o uso inconsequente da água, visto que aproximadamente quatro bilhões de pessoas enfrentam escassez de água para consumo (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016). Ademais, existe a previsão de um déficit de 40% da oferta de água doce em todo o planeta até o ano de 2030 (WATER RESOURCES GROUP, 2017).

Assim, grande parte da água consumida nas cidades percorre os sistemas de infraestruturas subterrâneas, o que Duan et al. (2020) apontam como correspondendo a sistemas com tubulações que possuem anomalias e reduzem o fluxo, propiciando o aumento de energia e deterioração da água. Os autores observam que existe nesse sistema um percentual superior a 30% de perdas de água ao redor do mundo. Já United Nations (2020) mostra que 74% da população mundial tem disponível água potável gerenciada com segurança e 54% com algum tipo de serviço de saneamento básico.

Para Visser et al. (2021), o desafio está em encontrar o equilíbrio entre a demanda de água, oferta disponível e sistemas eficientes. Para ocorrer este equilíbrio e controle, dos sistemas de água potável e águas cinzas, existe a necessidade de torná-los mais inteligentes e eficientes.

Nesse contexto, surge a seguinte indagação: quais tecnologias e sistemas inteligentes de água são abordados pela literatura? Desse modo, o objetivo dessa pesquisa é realizar uma revisão de literatura sobre o uso de sistemas inteligentes de água.

Como procedimento metodológico foi realizado uma pesquisa em diferentes bancos de dados eletrônicos, a saber *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct*, *Scielo* e *Google*

Acadêmico, tendo como período escolhido as publicações oriundas dos anos de 2020, 2021 e 2022. Cabe esclarecer que essas bases foram escolhidas por dois critérios: 1. Área de conhecimento, todas estão atreladas às Ciências Sociais Aplicadas, com a subcategoria em Planejamento Urbano e Regional; e 2. Expressividade do número de publicações existentes na área.

Em relação à escolha dos artigos, optou-se por selecionar os dez mais relevantes e os dez com maior número de citações de cada base de dados. No total foram noventa artigos selecionados com maior relevância no tema. Deste total foram selecionados dezoito artigos, sendo aqueles com maior proximidade com o escopo da pesquisa.

Esta pesquisa se encontra estruturada em cinco partes: Introdução, Estado da Arte, Procedimentos Metodológicos, Análise da Revisão e as Considerações Finais. Com este estudo espera-se contribuir e ampliar as discussões sobre as temáticas do uso de sistemas inteligentes de água, o uso consciente do recurso e as cidades inteligentes. Ainda, auxiliar com informações que possibilitem aos gestores públicos alcançarem patamares mais altos de qualidade de vida, contribuindo para o desenvolvimento regional e sustentável.

2. UMA VISÃO DOS SISTEMAS DE ÁGUA INTELIGENTE

A água utilizada para consumo humano é limitada. Atualmente aproximadamente 71% do planeta é coberto por esse recurso, destes 2,5% corresponde a água doce e menos de 0,3% é encontrada em rios, lagos e atmosfera (CHENY; HAN, 2018). Portanto, pode ser aferido que ela é um recurso limitado e finito, além de estar prevista nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Nesse contexto, o ODS n. 6, visa garantir a água potável e saneamento para todos, a partir de uma gestão eficiente dos recursos hídricos, águas residuais e ecossistemas, isso sem prejuízo para as presentes e futuras gerações. Já o ODS n. 11, busca transformar as cidades e comunidades para que elas sejam mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Em outras palavras, os sistemas de água potável, cinza e pluvial, percorrem entre esses dois objetivos, tendo percepções semelhantes para a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

Gouveia e Pedrosa (2015, p. 121) apontam como desafio a utilização dos recursos naturais de forma sustentável, ou seja, para que todos tenham as suas necessidades satisfeitas. Para os autores, existe a necessidade de uma mudança radical “na forma do pensamento e de condução da vida das pessoas, para que a proteção destes ambientes

seja algo natural e contínuo”.

Esta não é uma tarefa fácil, visto que quanto maior o consumo de bens, maior será o aumento dos gastos de recursos naturais, tal como a água. O saneamento básico é outro fator que preocupa, pois, a falta dele cria problemas de poluição, interferindo na condição ambiental das cidades, o que, por sua vez, causa um congestionamento na saúde e na economia.

O uso da água de forma racional pelo ser humano é alarmante, visto que se tem o montante de 72% dos corpos de água considerados de boa qualidade. Assim, o acesso a esse recurso apresenta diferenciação em relação aos países, por exemplo, Samoa e Togo possuem seus indicadores em 100% de qualidade, a Nigéria possui 13% (UNITED NATIONS, 2020).

A United Nations (2019a; 2020) revela que as áreas urbanas consomem cerca de 12 a 19% da água coletada, o restante é utilizado pela agricultura em irrigação, aquicultura e pecuária. Dentro deste pequeno percentual, utilizado pelas cidades, ainda dever ser considerado as perdas físicas durante o seu percurso ou entre as estações de tratamento e vazamentos. Destaque também para o montante de 54% das águas residuais no mundo não são tratadas com segurança.

O monitoramento da água requer a integração da tecnologia e o equilíbrio da água disponível. Aliás, essa gestão da demanda do recurso hídrico torna-se importante para garantir um abastecimento de água em tempos de escassez (RBUÉS; GARCÍA-VALIÑAS; MARTÍNEZ, 2003; RUSSELL; FIELDING, 2010). O sistema de água é essencial para as cidades, principalmente as cidades inteligentes, para a sustentabilidade e resiliência (CHENY; HAN, 2018). Torna-se claro, que as cidades precisam de abordagens inteligentes para realizar a gestão desse recurso (SAVIYA; VAMVAKERIDOU-LYROUDIAA; KAPELANA, 2014).

Um dos caminhos para o uso sustentável e racional da água estaria nas cidades inteligentes. O fator-chave para este desenvolvimento está nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), pois elas possibilitam monitorar parâmetros ambientais e gerenciar as conexões entre as diferentes áreas (AHAD et al., 2020).

A utilização dos recursos da internet das coisas (IoT) possibilita a implantação em larga escala, minimizando os custos com equipamentos e sensores, auxiliando assim, na gestão da água (MOHANTY; CHOPPALI; KOUIGIANOS, 2016). No caso de falhas ou rachaduras nas tubulações elas são percebidas, bem como quando a água verte do solo criando manchas visíveis. Com o uso da IoT, os sistemas de água por meio de acelerômetros e algoritmos

monitoram e detectam rachaduras e vazamentos em uma rede de forma rápida (GONG et al., 2020).

A United Nations (2019a; 2020) revela que as áreas urbanas consomem cerca de 12 a 19% da água coletada, o restante é utilizado pela agricultura em irrigação, aquicultura e pecuária. Dentro deste pequeno percentual, utilizado pelas cidades, ainda dever ser considerado as perdas físicas durante o seu percurso ou entre as estações de tratamento e vazamentos. Destaque também para o montante de 54% das águas residuais no mundo não são tratadas com segurança.

O monitoramento da água requer a integração da tecnologia e o equilíbrio da água disponível. Aliás, essa gestão da demanda do recurso hídrico torna-se importante para garantir um abastecimento de água em tempos de escassez (RBUÉS; GARCÍA-VALIÑAS; MARTÍNEZ, 2003; RUSSELL; FIELDING, 2010). O sistema de água é essencial para as cidades, principalmente as cidades inteligentes, para a sustentabilidade e resiliência (CHENY; HAN, 2018). Torna-se claro, que as cidades precisam de abordagens inteligentes para realizar a gestão desse recurso (SAVIYA; VAMVAKERIDOU-LYROUDIAA; KAPELANA, 2014).

Um dos caminhos para o uso sustentável e racional da água estaria nas cidades inteligentes. O fator-chave para este desenvolvimento está nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), pois elas possibilitam monitorar parâmetros ambientais e gerenciar as conexões entre as diferentes áreas (AHAD et al., 2020).

A utilização dos recursos da internet das coisas (IoT) possibilita a implantação em larga escala, minimizando os custos com equipamentos e sensores, auxiliando assim, na gestão da água (MOHANTY; CHOPPALI; KOUIGIANOS, 2016). No caso de falhas ou rachaduras nas tubulações elas são percebidas, bem como quando a água verte do solo criando manchas visíveis. Com o uso da IoT, os sistemas de água por meio de acelerômetros e algoritmos monitoram e detectam rachaduras e vazamentos em uma rede de forma rápida (GONG et al., 2020).

Stephens et al. (2020) refletem que as redes com sensores acústicos podem detectar precocemente os vazamentos na rede de distribuição de água. Assim, a IoT permite monitorar, localizar e reparar possíveis problemas, como rachaduras, em tempo hábil, ou antes, da falha ocorrer. O seu uso pode minimizar as perdas de água, o que Duan et al. (2020) demonstram ser superior a 30% de perdas nas áreas urbanizadas.

Os sistemas de gestão e monitoramento facilitam a distribuição e o controle das redes de infraestrutura urbana. Para Visser et al. (2021), os dispositivos de medição

garantem a eficácia de prognósticos e auxiliam as cidades a alcançarem patamares mais elevados de sustentabilidade econômica e ecológica, garantindo dessa forma um dos princípios das cidades inteligentes. Além disso, a qualidade da água gera impacto significativo nos imóveis, o que pode valorizar ou desvalorizar, independentemente de serem à beira-mar ou não (CHEN; HAN, 2018).

Atualmente existem sistemas de monitoramento que controlam: o abastecimento da água urbana em tempo real; a qualidade da água potável; otimizam o consumo de energia; detectam os vazamentos; e mensuram a satisfação do cliente. Estes pertencem a um conjunto de sistemas de infraestrutura, que funcionam paralelamente a outros sistemas (rede elétrica inteligente, controle de tráfego em tempo real, transporte público flexível e uso sustentável de energia) (GRIGG, 2020).

Todavia, não é possível verificar seu uso em todas as cidades, principalmente nas regiões onde existem comunidades mais carentes e a gestão e controle é realizado de forma analógica. Este parece ser uma das principais problemáticas das cidades menos abastadas.

Nesse sentido, a cidade inteligente precisa de mecanismos que a tornem sustentável, possibilitando a gestão de seus sistemas de infraestrutura no que se refere a água (águas pluviais (chuvas), água potável (consumo), águas cinzas (residuais) e redes). Esta última, pode ser definida como *Smart Water Grid*, ou seja, um conjunto de soluções inteligentes e tecnológicas que possibilitam monitorar as redes de coleta e distribuição de água, propiciando intervenções imediatas e contínuas sobre possíveis causas geradoras de problemas (FABIANO; VACCA; DINARDO, 2020).

O sistema de redes de água inteligente permite realizar três tarefas distintas: (i) modernizar a rede de distribuição de recursos pelo monitoramento e controle remoto; (ii) informar e educar os consumidores sobre o uso da água; e (iii) integrar de forma segura e confiável os recursos distribuídos. Essas características representam uma estrutura inteligente de água, confiável e sustentável. O objetivo deste sistema é a operação economicamente eficiente do sistema, com segurança, continuidade e qualidade no fornecimento distribuído (FABIANO; VACCA; DINARDO, 2020).

Quando se trata de cidade inteligente, tem-se o direcionamento para um dos seus eixos, o que acaba abordando a conexão da infraestrutura física, tecnologia, informação, social e negócios, permitindo alavancar a inteligência coletiva da cidade (HARRISON et al., 2010; SARAJU et al., 2016; AL-NASRAWI; ADAMS; EL-ZAART, 2015; BIBRI; KROGSTIE, 2017; GRIGG, 2020).

As TICs podem realizar esta concessão, pois permitem visualizar elementos, dados, modelos, mapas, controles, monitorar e comunicar durante a execução do sistema. O gerenciamento dos dados conectados com os sistemas de infraestrutura passa a ser comandado por um sistema de controle inteligente, que possui medição avançada, gerando dados para modelagem e informações geográficas. Essas informações irão apoiar os sistemas de decisão, possibilitando ao controlador dados lógicos e programáveis, fornecendo acesso as TICs sofisticadas e integradas (GRIGG, 2020).

Essas ferramentas integradas aos sistemas redes de água e de gestão melhoram a eficiência e tornam as redes de infraestrutura mais seguras. Nesse contexto, a água como recurso finito se torna um dos requisitos essenciais para o desenvolvimento das cidades inteligentes. A inteligência dos sistemas de água não são apenas um dos pilares de infraestrutura das cidades, ela seria um caminho para garantia de uma melhor qualidade de vida, bem como cidades mais resilientes.

Ainda, é imperioso que a humanidade garanta esse recurso para a sua existência. Para isso, se torna necessário a formulação de políticas públicas para evitar um colapso, além de garantir que as futuras gerações possam utilizá-la de forma sustentável (GOUVEIA; PEDROSA, 2015). E para torná-la mais eficiente cabe a adoção de sistemas de gerenciamento, controle, distribuição e monitoramento inteligente.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para identificar as pesquisas na esfera das águas urbanas e no contexto das cidades inteligentes, foi realizado uma revisão bibliográfica utilizando buscas exploratórias na área de interesse, onde foram observadas as delimitações e as restrições intrínsecas (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012). Os artigos selecionados para compor o portfólio são dotados de reconhecimento científico e alinhados à temática pesquisada.

As bases de dados foram selecionadas pelo Portal de Periódicos da CAPES, com concentração na área de conhecimento de Ciências Sociais Aplicadas e subcategoria de Planejamento Urbano e Regional. No total são oitenta e uma bases de dados, limitou-se para cinco, correspondendo as que contemplavam maior quantidade de acervo relacionado a temática. O critério de seleção dos artigos científicos se deu pela maior relevância e o maior número de citações.

Desta forma, foram obtidos noventa artigos, sendo selecionados dezoito que estavam em conformidade com a

pesquisa. A partir desta escolha foi organizado a revisão em três etapas, sendo elas: portfólio selecionado, bibliometria e análise das pesquisas.

As bases de dados utilizadas constituíram-se da: *Web of Science*, *Scopus*, *Scielo*, *Science Direct* e *Google Acadêmico*. Dessa forma, foram selecionados os artigos alinhados aos temas: sistemas de água, sistemas, gestão, tecnologia e inteligência nas cidades. Já para a análise bibliométrica, identificaram-se os artigos do portfólio pela sua relevância, considerando o número de citações e os autores que mais publicaram estudos relativos ao tema. Para finalizar, foi realizada uma análise dos conteúdos do portfólio.

As palavras-chave foram definidas para o idioma inglês, tendo em vista que a maioria das publicações se

encontravam na língua inglesa. A busca considerou as publicações entre os anos de 2020, 2021 e 2022, com as palavras-chave: "smart water" OR "water management" OR "water circularity" AND "smart cities". A partir desse procedimento foram selecionados seis artigos da base *Web of Science* (três mais relevantes e três mais citados); seis artigos da *Scopus* (três mais relevantes e três mais citados); três artigos da *Science Direct* (os mais relevantes); dois artigos da *Scielo* (os mais relevantes) e um artigo da *Google Acadêmico* (o mais relevante), conforme dados apresentados na Tabela 1. Cabe destacar que do portfólio, oito artigos são de revisões da literatura, oito pertencem a estudos de casos e duas pesquisas documentais. Já em relação ao período selecionado, teremos treze artigos do ano de 2020; quatro do ano de 2021; e um de 2022.

ART	CITAÇÕES	BASE	PERIÓDICO	ANO	AUTORES	TÍTULO
1	2	Web of Science (+R)	Sustainability	2021	Eirini Aivazidou, Georgios Banias, Maria Lampridi, Giorgos Vasileiadis, Athanasios Anagnostis, Elpiniki Papageorgiou e Dionysis Bochtis	Smart Technologies for Sustainable Water Management
2	5	Web of Science (+R)	Water International	2020	Neil S. Grigg	Smart water management: can it improve accessibility
3	41	Web of Science (+R)	Water	2020	Helena M. Ramos, Aonghus McNabola, P. Amparo López-Jiménez e Modesto Pérez-Sánchez	Smart Water Management towards Future
4	110	Web of Science (+C)	Remote sensing	2020	Rajendra P. Sishodia, Ram L. Ray e Sudhir K. Singh	Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture
5	54	Web of Science (+C)	Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua	2020	Huan-Feng Duan, Bin Pan, Manli Wang, Lu Chen, Feifei Zheng e Ying Zhang	State-of-the-art review on the transient flow modeling
6	50	Web of Science (+C)	ACS Nano	2020	Ankit Nagar e Thalappil Pradeep	Clean Water through Nanotechnology
7	2	Scopus (+R)	International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEE-2020)	2020	Shivam Bisht, Omveer Singh e Aniket Agarwal	An approach towards sustainable development of smart city
8	0	Scopus (+R)	International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation	2021	S.Umamaheswari, K. Hari Priya, e S. Arun Kumar	Technologies used in Smart City Applications

ART	CITAÇÕES	BASE	PERIÓDICO	ANO	AUTORES	TÍTULO
9	7	Scopus (+R)	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	2020	S N Wahab, T W Seow, I S M Radzuan e S Mohamed	A Systematic Literature Review on The Dimensions of Smart Cities
10	47	Scopus (+C)	Journal of Cleaner Production	2020	Carlo Giudicianni, Manuel Herrera, Armando di Nardo, Armando Carravetta, Helena M. Ramos Kemi Adeyeye	Zero-net energy management for the monitoring
11	51	Scopus (+C)	Computer Communications	2020	Nie, X., Fan, T., Wang, B., Li, Z., Shankar, A., Manickam, A.	Big Data analytics and IoT in Operation safety management
12	34	Scopus (+C)	Water	2020	Martínez, R., Vela, N., Aatik, A., Murray, E., Roche, P., Navarro, J. M.	On the Use of an IoT Integrated System for Water Quality Monitoring
13	15	Science Direct (+R)	Materials Today: Proceedings	2021	Singh, M., Ahmed, S.	IoT based smart water management systems
14	26	Science Direct (+R)	Heliyon	2021	Uddin, M. J., Jeong, Y-K.	Urban river pollution in Bangladesh during last 40 years
15	0	Science Direct (+R)	Procedia Computer Science	2022	Adams, M. N., Jokonya, O.	An investigation of smart water meter adoption factors at universities.
16	2	Scielo (+R)	RAUSP Management Journal	2020	Breviglieri, G. V., Osório, G. I. D. S., Lefèvre, G. B.	New instruments for water management in Brazil
17	0	Scielo (+R)	Engenharia Sanitaria Ambiental	2020	Camelo, S. M., Coura, M. A., Rodrigues, A. C. L., Oliveira, R., Costa Filho, F. C., Vidal, I. C. A.	Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem
18	30	Google Acadêmico (+R)	Environmental Monitoring and Assessment	2020	Jahandideh-Tehrani, M., Bozorg-Haddad, O., Loáiciga, H. A.	Application of particle swarm optimization to water management

(+R) Mais Relevantes; (+C) Mais Citações

Tabela 01: Artigos selecionados para leitura.

Fonte: Autores.

4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DA REVISÃO

Para atingir o objetivo desta pesquisa, foi realizada a leitura dos artigos selecionados, conforme descrição do processo na seção de Metodologia. A seguir são apresentados os resultados das análises em quatro subseções, a primeira (item 4.1) descreve os tipos de estudos. A segunda (4.2) apresenta as seguintes análises: o objetivo do artigo; os principais resultados; e as tecnologias aplicadas, técnicas e ferramentas mencionadas. A terceira (item 4.3) expõe as limitações das pesquisas, e a quarta (item 4.4) exhibe as recomendações para estudos futuros.

Aivazidou <i>et al.</i> (2021)	Aplicações digitais para gestão de águas urbanas.
Duan <i>et al.</i> (2020) Nagar e Pradeep (2020)	Modelos hidráulicos para a descrição dos fluxos. Nanotecnologia em diversas áreas da água limpa com ênfase em aplicações no campo.
Umamaheswari, Priya e Kumar (2021) Wahab <i>et al.</i> (2020)	Fundamentos das cidades inteligentes nas dimensões da ODS.
Singh e Ahmed (2021)	Discute a arquitetura e vários componentes do sistema de gerenciamento de água, baseado em IoT.
Adams e Jokonya (2022)	Investiga os fatores que afetam a adoção de hidrômetros inteligentes nas universidades.
Jahandideh-Tehrani, Bozorg-Haddad e Loáiciga (2020)	Avalia o estado da arte com base nas aplicações do algoritmo PSO e suas variantes em diferentes áreas de gestão de recursos hídricos.

Tabela 02: Artigos com revisão de literatura.
Fonte: Dados da pesquisa.

1.1. Tipos de estudos

A Tabela 2 apresenta os oito artigos encontrados que visavam realizar uma revisão da literatura, bem como a descrição de cada estudo.

Na Tabela 3 são apresentados os oito artigos cujo objetivo eram os estudos de caso sobre a temática estudada.

Ramos <i>et al.</i> (2020)	Divulga os avanços tecnológicos associados ao uso de água e energia.
Boano <i>et al.</i> (2020)	Aplica o reuso de águas cinzas tratadas.
Bisht, Singh e Agarwal (2020)	Propõe componentes básicos para a cidade inteligente, gestão inteligente de água e entre outros, para implementação de hardware na busca pelo desenvolvimento sustentável.
Giudicianni <i>et al.</i> (2020)	Propõe uma nova estrutura de gestão para sistemas de distribuição de água.
Nie <i>et al.</i> (2020)	Fornece um modelo matemático para controle de supervisão e aquisição de dados.
Martínez <i>et al.</i> (2020)	Apresenta a integração da rede de sensores sem fio e uma validação preliminar em um cenário de estação de tratamento de efluentes, de um dispositivo de monitoramento de qualidade.
Breviglieri, Osório e Lefèvre, (2020)	Explora os possíveis usos de instrumentos econômicos, tarifas de água para auxiliar na política de gestão da água.
Camelo <i>et al.</i> (2020)	Modela a qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas.

Tabela 03: Artigos de estudo de caso.
Fonte: Dados da pesquisa.

Já a Tabela 4 teremos os dois artigos que apresentavam os estudos documentais.

Neil e Grigg (2020).	Examina como as tecnologias emergentes afetam as duas questões centrais da indústria da água.
Uddin e Jeong (2021).	Coleta e analisa dados de pesquisa disponíveis nos últimos 40 anos sobre a qualidade da água do rio em Bangladesh.

Tabela 04: Artigos de estudo de documental.
Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, foi possível identificar que os artigos visavam compreender diversos aspectos, dentre eles, os sistemas e tecnologias utilizadas. Dessa forma, o monitoramento (UMAMAHESWARI; PRIYA; KUMAR, 2021), os avanços tecnológicos associados ao uso da água (RAMOS *et al.*, 2020), as tecnologias das centrais da indústria da água (GRIGG, 2020) e a nanotecnologia com aplicação na área da água limpa (NAGAR; PRADEEP, 2020).

Especificamente sobre a gestão e gerenciamento da água os artigos abordaram propostas de: aplicação digital (AIVAZIDOU *et al.*, 2021); gestão de recursos hídricos (JAHANDIDEH-TEHRANI; BOZORG-HADDAD; LOÁICIGA, 2020); gestão inteligente da água (BISHT; SINGH; AGARWAL, 2020); nova estrutura de gestão (GIUDICIANNI *et al.*, 2020); uso de instrumentos para auxiliar a política de gestão da água (BREVIGLIERI; OSÓRIO; LEFÈVRE, 2020); e gerenciamento de água baseado em IoT (SINGH; AHMED, 2021).

Ademais, foram explorados: sistemas de monitoramento (UMAMAHESWARI; PRIYA; KUMAR, 2021; MARTÍNEZ *et al.*, 2020); gerenciamento (SINGH; AHMED, 2021); hidrômetros inteligentes (ADAMS; JOKONYA, 2022); reuso de águas cinzas tratadas (BOANO *et al.*, 2020); distribuição (GIUDICIANNI *et al.*, 2020); e macrodrenagem (CAMELO *et al.*, 2020). Finalmente Duan *et al.* (2020) abordam os modelos hidráulicos, enquanto Nie *et al.* (2020) fornecem um modelo matemático para controle e aquisição de dados.

4.2 Principais sistemas encontrados

Com base nos principais resultados foi possível identificar quatro dispositivos que auxiliaram na redução dos custos das cidades, sendo eles: (a) *Internet of Things* – IoT; (b) Modelos hidráulicos; (c) Sistemas de monitoramento e rede; e (d) Nanotecnologia. Na Tabela 5 são apresentados os principais sistemas descritos na literatura dos artigos analisados.

Os sensores e redes IoT monopolizam a gestão de água municipal, residencial e industrial, principalmente para o monitoramento da qualidade e quantidade de água, bem como a detecção de vazamentos (AIVAZIDOU *et al.*, 2021). Conforme os casos mostrados na pesquisa de Duan *et al.* (2020), estima-se que a perda de água seja superior a 30% para a água urbana no sistema de abastecimento ao redor do mundo.

A otimização do sistema, por meio de modelos hidráulicos, gera recuperação de energia e a criação de estações de distrito multitarefa, levando a uma estratégia de gestão eficiente, resiliente, sustentável e de baixo custo para as redes de distribuição de água. O que permitiria

Internet of Things – IoT	Disponibilidade de sensores com baixo custo conectados a dispositivos IoT, possibilitando distribuir e mensurar a qualidade da água com eficácia.
Modelos hidráulicos	Maior recuperação de energia, otimização do sistema e baixo custo para redes de distribuição de água.
Sistemas de monitoramento e rede	Aumento da eficiência e redução das perdas de água, além de melhorar o desempenho e economia da rede de distribuição.
Nanotecnologia	Aponta direções para a Ciência dos Materiais e o crescimento sustentável em torno da água.

Tabela 05: Nagar e Pradeep (2020); Nie *et al.* (2020); Martínez *et al.* (2020); Duan *et al.* (2020); Aivazidou *et al.* (2021); Umamaheswari, Priya e Kumar (2021); Singh e Ahmed (2021).

Fonte: Dados da pesquisa.

recuperar um potencial energético de 19 MWh por ano e redução de vazamentos de até 16% (GIUDICIANNI *et al.*, 2020). Ramos *et al.* (2020) evidenciam que a implementação de medidas de monitoramento e controle das perdas de água, permitiram aceder a um elevado nível de eficiência, bem como a redução das perdas de água impactaram na redução dos custos associados.

Nie *et al.* (2020) concluem que existe um excesso de informações no abastecimento de água e águas residuais. Isso significa que os recursos técnicos são cada vez mais necessários, permitindo que esses dados sejam processados de forma rápida e econômica. O *software* de IoT pode ser estendido a todo o sistema de abastecimento de água e ao uso do produto do dispositivo, realizando esse princípio de análise de *big data*.

Conforme a pesquisa realizada por Singh e Ahmed (2020) o uso de dispositivos IoT para o sistema de gerenciamento de água está cada vez mais se tornando proeminente. A disponibilidade de sensores de baixo custo conectados a dispositivos IoT permitiu a resolução do desafio referente a medição da qualidade da água.

Desse modo, pode-se constatar que IoT, aprendizado de máquina e tecnologia de comunicação desempenham um papel vital na implementação das cidades inteligentes. O uso de várias tecnologias permite construir um sistema inteligente, isso nos aspectos referentes ao transporte, comunicação, saúde, meio ambiente, monitoramento da qualidade da água e na gestão de resíduos, assunto tratado na pesquisa de Umamaheswari, Priya e Kumar (2021).

A pesquisa de Wahab *et al.* (2020) identifica a existência

de onze dimensões que contribuem para o desenvolvimento das cidades inteligentes, dentre elas, a água inteligente, listado também nas pesquisas de Ahvenniemi *et al.* (2017), Allam e Dhunny (2019) e Silva, Khan e Han (2020). Os estudos envolveram a gestão do abastecimento de água potável aos consumidores e a gestão das águas pluviais, ressaltando a importância dos sistemas de monitoramento e rede para a obtenção das informações sobre o desempenho deste sistema. Além disso, Adams e Jokonya (2022) demonstraram que a economia de água e custos são os principais impulsionadores da adoção de água inteligente.

O artigo de Boano *et al.* (2020) demonstrou que as soluções baseadas na natureza (SBN) correspondem uma opção viável no tratamento de água cinza. A revisão dos estudos de caso forneceu limiares numéricos para o desenho hidráulico de SBN. Os resultados apontaram alto

desempenho no tratamento da água cinza doméstica, principalmente nas paredes verdes e telhados verdes, esses mostraram alta eficiência na remoção de matéria orgânica.

Outra proposta, essa baseada na nanotecnologia (NT) para o fornecimento de água livre de contaminantes, foi apresentada na pesquisa de Nagar e Pradeep (2020). O estudo sugere que apenas a gestão integrada da água pode promover melhores condições na qualidade do ar das cidades. Já no contexto do balanço hídrico geral, foram listados dez desafios ou oportunidades que podem ser abordados por meio do NT (combinado com outras tecnologias) para cidades sustentáveis. Nesse sentido, a Tabela 6 foi construída para demonstrar os sistemas de água inteligente apontados pela literatura.

4.3. Limitações das pesquisas

Em relação às limitações das pesquisas analisadas, identifica-se que no artigo de Boano *et al.* (2020), sobre SBN, seria importante maiores estudos experimentais, restringindo melhor os critérios de dimensionamento dos telhados verdes, paredes verdes e áreas úmidas construídos. Embora o artigo de Duan *et al.* (2020) tenha revisado e analisado 228 publicações sobre modelagem e utilização de fluxo transitório para gerenciamento do sistema de abastecimento de água urbana, o trabalho apontou que outras publicações relevantes podem ter sido omitidas involuntariamente durante a pesquisa.

Nagar e Pradeep (2020) apresentaram as limitações do espaço e da natureza, mantendo a discussão focada em NT acessível e sustentável, bem como pesquisaram um número significativo de exemplos existentes na Índia. Para os autores o país é uma região aspirante, com extrema necessidade na geração de dados sobre as questões relacionadas a água. Essa necessidade acaba oferecendo oportunidades infinitas de discussões e trabalhos, bem como os resultados podem ser aplicáveis no restante do mundo.

4.4. Recomendações e estudos futuros

As recomendações dos artigos para os estudos futuros, mencionam que as pesquisas de gestão da água inteligente devem se concentrar no desenvolvimento de uma estrutura abrangente para a gestão digital da água urbana, auxiliando os tomadores de decisão e/ou os formuladores de políticas na seleção de soluções ideais (AIVAZIDOU *et al.*, 2021). Singh e Ahmed (2021) sugerem como escopo futuro a arquitetura de um sistema inteligente de gerenciamento de água baseado em IoT e aprendizado de máquina, abordando os atributos essenciais e uso das previsões baseadas no aprendizado de máquina, o que pode aumentar a eficiência do sistema de gerenciamento inteligente.

O desenvolvimento e gerenciamento de sistemas urbanos de abastecimento de água inteligente foram discutidos no artigo de Duan *et al.* (2020), bem como as vantagens e limitações de cada método desenvolvido, os potenciais avanços e implicações, e recomendações para pesquisas futuras. Apesar do progresso e das conquistas substanciais dos últimos anos, os modelos e os métodos desenvolvidos ainda não conseguiram resolver todas as situações do sistema urbano de abastecimento de água.

Na pesquisa de Wahab *et al.* (2020) foi identificada as dimensões para o desenvolvimento das cidades inteligentes, contribuindo na orientação de estudos

futuros, principalmente para os países em desenvolvimento. Posteriormente, com a determinação dos elementos da cidade inteligente, os estudos futuros podem utilizá-los no desenvolvimento de um modelo conceitual.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um debate teórico acerca dos sistemas eficientes de água inteligente, com diferentes contextos e lacunas a serem explorados. Nessa pesquisa, buscou-se compreender os esforços que embasam a literatura sobre o uso de sistemas de água inteligente e os desafios da temática. Nesse sentido, é possível inferir que existem vários sistemas que podem equacionar esse desafio. Consequentemente, vislumbra-se caminhos para que as cidades alcancem maior sustentabilidade e inteligência.

Assim, constatou-se a possibilidade da utilização das tecnologias para oferta de soluções, tais como: adequação do problema ambiental da escassez de água; planejamento e capacidade no atendimento das necessidades da população; e a gestão eficiente da água nas áreas urbanas. O que se torna de vital importância para garantir a sustentabilidade e segurança dos recursos hídricos. Essas soluções pretendem contribuir para o desenvolvimento das cidades inteligentes.

Entretanto, a presente pesquisa apresenta como limitação o número reduzido de trabalhos encontrados durante a revisão de literatura. Dessa forma, futuros estudos podem fornecer uma análise mais detalhada das tecnologias inteligentes, como, por exemplo, o uso dos sensores e redes IoT, que recebem maior atenção no campo do monitoramento de águas urbanas. Os algoritmos, como aprendizado de máquinas, são amplamente utilizados na detecção de vazamento e qualidade da água, para fins de otimização.

Por fim, os sistemas inteligentes de gestão de água podem beneficiar os serviços e acesso a esse recurso. Nesse contexto, estão incluídos: a redução de perdas de água; melhoria do desempenho hidráulico; detecção de vazamentos e roubos; monitoramento de sistemas de distribuição; as tecnologias de segurança cibernética, evitando sabotagem; estragos e destruição dos sistemas; e a invasão de privacidade individual. Dessa forma, apesar da existência de sistemas inteligentes e outros caminhos disponíveis, ainda são muitos os desafios.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Brasil (CAPES) e pelo Conselho

Aivazidou et al. (2021)	Uso de sensores para monitorar a quantidade de água e detecção de possíveis vazamentos.	Bisht, Singh e Agarwal (2020)	Sistemas inteligentes para regar árvores podem gerar um menor desperdício, uso da quantidade adequada de água e economia de combustível de veículos.
Duan et al. (2020)	Média de 10% de perda de água no sistema de abastecimento.	Grigg (2020)	Interface com o cliente melhora a identificação do usuário e auxilia a intensificar conexões ilegais.
Giudicianni et al. (2020)	Otimização do sistema através de modelos hidráulicos. Recuperação de energia e estação de distrito multifamiliar. Redução de até 16% nos vazamentos.	Wahab et al. (2020)	Onze dimensões que auxiliam no desenvolvimento das smart cities, e entre eles os sistemas inteligentes de água.
Ramos et al. (2020)	Medidas para monitorar e controlar as perdas de água. Redução de perdas de água, menores custos.	Ahvenniemi et al. (2017); Allam e Dhunny (2019); Silva, Khan e Han (2020);	Gestão dos sistemas de abastecimento de água potável e águas pluviais para medir o desempenho do sistema de abastecimento de água.
Nie et al. (2020)	Existe uma quantidade de informações sobre os sistemas de abastecimento de água e os recursos técnicos, tendo em vista que são cada vez mais necessários. Uso software de IoT auxilia no monitoramento dos sistemas.	Adams e Jokonya (2022)	Economia de água e custos são os principais marcadores para obtenção de sistemas inteligentes de água.
Singh e Ahmed (2021)	Sensores de baixo custo e o uso da IoT resolveram os desafios da medição da qualidade da água.	Boano et al. (2020)	Soluções baseadas em (SBN) torna-se uma opção no tratamento de águas residuais. Alto desempenho no tratamento da água cinza doméstica.
Umamaheswari, Priya e Kumar (2021)	Uso de tecnologias, IoT, AI e a TICs, auxiliam na construção de sistemas inteligentes de monitoramento da água nas cidades.	Nagar e Pradeep (2020)	A nanotecnologia (NT), como uma ferramenta para o fornecimento de água livre de contaminantes. Apresentada na pesquisa que a gestão da água pode melhorar o ar das cidades. Tecnologias para cidades sustentáveis.

Tabela 06: Constatações dos estudos teóricos mais relevantes.

Fonte: Ahvenniemi et al. (2017); Allam e Dhunny (2019); Bisht, Singh e Agarwal (2020); Boano et al. (2020); Duan et al. (2020); Giudicianni et al. (2020); Grigg (2020); Nagar e Pradeep (2020); Nie et al. (2020); Ramos et al. (2020); Silva, Khan e Han (2020); Aivazidou et al. (2021); Singh e Ahmed (2021); Umamaheswari, Priya e Kumar (2021); Adams e Jokonya (2022)..

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento parcial do trabalho.

Agradecemos também ao editor e aos revisores pelo precioso trabalho em tornar esta uma pesquisa melhor.

REFERÊNCIAS

ADAMS, M. N.; JOKONYA, O. An investigation of smart water meter adoption factors at universities. **Procedia Computer Science**, v. 196, p. 324-331, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.020>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

AHAD, M. A.; PAIVA, S.; TRIPATHI, G.; FEROZ, N. Enabling technologies and sustainable smart cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102301>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

AHVENNIEMI, H.; HUOVILA, A.; PINTO-SEPPÄ, I.; AIRAKSINEN, M. What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, v. 60, p. 234-245, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

AIVAZIDOU, E.; BANIAS, G.; LAMPRIIDI, M.; VASILEIADIS, G.; ANAGNOSTIS, A.; PAPAGEORGIOU, E.; BOCHTIS, D. Smart technologies for sustainable water management: An urban analysis. **Sustainability**, v. 13, n. 24, p. 13940, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su132413940>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

AL-NASRAWI, S.; ADAMS, C.; EL-ZAART, A. A conceptual multidimensional model for assessing smart sustainable cities. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 12, n. 3, p. 541-558, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.4301/S1807-17752015000300003>>. Acesso em: 28 maio 2022.

ALLAM, Z.; DHUNNY, Z. A. On big data, artificial intelligence and smart cities. **Cities**, v. 89, p. 80-91, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

ARBOLINO, R.; CARLUCCI, F.; CIRA, A.; YIGITCANLAR, T.; IOPPOLO, G. Mitigating regional disparities through microfinancing: An analysis of microcredit as a sustainability tool for territorial development in Italy. **Land Use Policy**, v. 70, n. 1, p. 281-288, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.042>>. Acesso em: 08 abr.

2022.

ARBOLINO, R.; CARLUCCI, F.; IOPPOLO, G.; YIGITCANLAR, T. Efficiency of the EU regulation on greenhouse gas emissions in Italy: The hierarchical cluster analysis approach. **Ecological Indicators**, v. 81, p.115-123, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.053>>. Acesso em: 08 abr. 2022.

ARBUÉS, F.; GARCÍA-VALIÑAS, M. Á.; MARTÍNEZ, R. M. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. **The Journal of Socio-Economics**, v. 32, n.1, p. 81-102, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1053-5357\(03\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S1053-5357(03)00005-2)>. Acesso em: 08 abr. 2022.

BIBRI, S. E., KROGSTIE, J. Smart Sustainable Cities of the Future: An Extensive Interdisciplinary Literature Review. **Sustainable Cities and Society**, v. 31, p. 183-212. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>>. Acesso em: 25 maio 2022.

BISHT, S.; SINGH, O.; AGARWAL, A. An approach towards sustainable development of smart city. **2020 International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICE3)**, p. 146-151, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICE348803.2020.9122960>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

BREVIOLIERI, G. V.; OSÓRIO, G. I. D. S.; LEFÈVRE, G. B. New instruments for water management in Brazil. **RAUSP Management Journal**, v. 55, n. 1, p. 55-69, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/RAUSP-09-2018-0091>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

BOANO, F.; CARUSO, A.; COSTAMAGNA, E.; RIDOLFI, L.; FIORE, S.; DEMICHELIS, F.; GALVÃO, A.; PISOEIRO, J.; RIZZO, A.; MASI, F. A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. **Science of The Total Environment**, v. 711, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CAMELO, S. M.; COURA, M. A.; RODRIGUES, A. C. L.; OLIVEIRA, R.; COSTA FILHO, F. C.; VIDAL, I. C. A. Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 873-885, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-415220202019033>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CHENY, Y.; HAN, D. Water quality monitoring in smart city: A pilot project. **Automation in Construction**, v. 89, p. 307-316, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.008>>. Acesso em: 08 abr. 2022.

DUAN, H-F.; PAN, B.; WANG, M.; CHEN, L.; ZHENG, F.; ZHANG, Y. State-of-the-art review on the transient flow modeling and utilization for urban water supply system (UWSS) management. **Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA**, v. 69, n. 8, p. 858-893, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/aqua.2020.048>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

FABIANO, L.; VACCA, G.; DINARDO, G. Smart water grid: A smart methodology to detect leaks in water distribution networks. **Measurement**, v. 151, p. 1-7, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107260>>. Acesso em: 25 maio 2022.

GOUVEIA, R. L.; PEDROSA, I. V. Gestão das Políticas Governamentais para os Recursos Hídricos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Desenvolvimento Em Questão**, v.13, n. 32, p.103-126, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.32.103-126>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

GIUDICIANNI, C.; HERRERA, M.; NARDO, A.; CARRAVETTA, A.; RAMOS, H. M.; ADEYEYE, K. Zero-net energy management for the monitoring and control of dynamically-partitioned smart water systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119745>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

GONG, J.; LAMBERT, M.F.; STEPHENS, M.L.; CAZZOLATO, B.S.; ZHANG, C. Detection of Emerging through-Wall Cracks for Pipe Break Early Warning in Water Distribution Systems Using Permanent Acoustic Monitoring and Acoustic Wave Analysis. **Water Resour. Manag**, v. 34, p. 2419-2432, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11269-020-02560-1>>. Acesso em: 25 maio 2022.

GOONETILLEKE, A.; YIGITCANLAR, T.; AYOKO, G. A.; EGODAWATTA, P. Sustainable Urban Water Environment: Climate, Pollution, and Adaptation. **International Journal of Information Systems and Social Change**, v. 6, n. 3, p. 56-58, 2015. Disponível em: <<https://www.igi-global.com/pdf.aspx?tid%3D128350%26ptid%3D118550%26ctid%3D17%26t%3Dsustainable+urban+water+environment%3A+climate%2C+pollution%2C+and+adapta>

tion%26isxn%3D9781466676916>. Acesso em: 10 abr. 2022.

GRIGG, N. S. Smart water management: can it improve accessibility and affordability of water for everyone?. **Water International**, v. 45, n. 6, p. 608-620, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02508060.2020.1768738>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

HARRISON, C.; ECKMAN, B.; HAMILTON, R.; HARTSWICK, P.; KALAGNANAM, J.; PARASZCZAK, J.; WILLIAMS, P. Foundations for smarter cities. **IBM J. Res. Disinvolvement**, v. 54, n. 4, p. 1-16, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1147/JRD.2010.2048257>>. Acesso em: 25 maio 2022.

JAHANDIDEH-TEHRANI, M.; BOZORG-HADDAD, O.; LOÁICIGA, H. A. Application of particle swarm optimization to water management: an introduction and overview. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 281, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10661-020-8228-z>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

LACERDA, R.T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n.1, p. 59-78, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/sKh5wfc-CGv68fdRP8GStLXC/?lang=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MAHBUB, P.; GOONETILLEKE, A.; AYOKO, G. A.; EGODAWATTA, P.; YIGITCANLAR, T. Analysis of build-up of heavy metals and volatile organics on urban roads in gold coast, Australia. **Water Science & Technol**, v. 63, n. 9, p. 2077-2085, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wst.2011.151>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MARTÍNEZ, R.; VELA, N.; AATIK, A.; MURRAY, E.; ROCHE, P.; NAVARRO, J. M. On the Use of an IoT Integrated System for Water Quality Monitoring and Management in Wastewater Treatment Plants. **Water**, v. 12, n. 4, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w12041096>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

MEKONNEN, M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. 1-7, 2016. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1500323>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MOHANTY, S. P.; CHOPPALI, U.; KOUIGIANOS, E. Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of

things is the backbone. **Computer Science, IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 5, n. 3, p. 60-70, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MCE.2016.2556879>. Acesso em: 10 abr. 2022.

NAGAR, A.; PRADEEP, T. Clean water through nanotechnology: Needs, gaps and fulfillment. **American Chemical Society ACS Nano**, v. 14, n. 6, p. 6420-6435, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b01730>. Acesso em: 07 abr. 2022.

NIE, X.; FAN, T.; WANG, B.; LI, Z.; SHANKAR, A.; MANICKAM, A. Big Data analytics and IoT in Operation safety management in Under Water Management. **Computer Communications**, v. 154, p. 188-196, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.052>. Acesso em: 07 abr. 2022.

RAMOS, H. M.; MCNABOLA, A.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, P. A.; PÉREZ-SÁNCHEZ, M. Smart water management towards future water sustainable networks. **Water**, v. 12, n. 1, p. 58, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w12010058>. Acesso em: 07 abr. 2022.

RUSSELL, S.; FIELDING, K. Water demand management research: a psychological perspective. **Water Resources Research**, v. 46, n. 5, p. 1-12, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2009WR008408>. Acesso em: 08 abr. 2022.

SARAJU, P.; MOHANTY, U.; KOUZIANOS, E. C.; Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of Things is the backbone, **IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 5, n. 3, p. 60-70, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MCE.2016.2556879>. Acesso em: 25 maio 2022.

SAVIĆ, D.; VAMVAKERIDOU-LYROUDIA, L.; KAPELAN, Z. Smart Meters, Smart Water, Smart Societies: The iWID-GET Project. **Procedia Engineering**, v. 89, p. 1105-1112, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.231>. Acesso em: 08 abr. 2022.

SILVA, B. N.; KHAN, M.; HAN, K. Integration of Big Data analytics embedded smart city architecture with RESTful web of things for efficient service provision and energy management. **Future Generation Computer Systems**, v. 107, p. 975-987, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.06.024>. Acesso em: 07 abr. 2022.

SINGH, M.; AHMED, S. IoT based smart water management systems: A systematic review. **Materials Today: Proceedings**, v. 46, n. 11, p. 5211-5218, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.588>. Acesso em: 07 abr. 2022.

STEPHENS, M.; GONG, J.; ZHANG, C.; MARCHI, A.; DIX, L.; LAMBERT, M.F. Leak-Before-Break Main Failure Prevention for Water Distribution Pipes Using Acoustic Smart Water Technologies: Case Study in Adelaide. **J. Water Resour. Plan. Manag.**, v. 146, n. 10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001266>. Acesso em: 07 abr. 2022.

THE WORLD BANK. DataBank, Metadata Glossary, 2022. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/EN.URB.MCTY.TL.ZS>. Acesso em: 10 abr. 2022.

UDDIN, M. J.; JEONG, Y-K. Urban river pollution in Bangladesh during last 40 years: potential public health and ecological risk, present policy, and future prospects toward smart water management. **Heliyon**, v. 7, n. 2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06107>. Acesso em: 07 abr. 2022.

UMAMAHESWARI, S.; PRIYA, K. H.; KUMAR, S. A. Technologies used in smart city applications – An overview. 2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), p. 1-6, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICAECA52838.2021.9675707>. Acesso em: 07 abr. 2022.

UN HABITAT. Global State of Metropolis 2020 - Population Data Booklet, 2020. Disponível em: <https://unhabitat.org/global-state-of-metropolis-2020-%E2%80%93-population-data-booklet>. Acesso em: 10 abr. 2022.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects 2018: Highlights, 2019a. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022. Disponível em: https://www.sdg-6data.org/?fbclid=IwAR3xWj1X9g8nwCNC7f2DD533gU-JuiflhGa26mYjM0Y8Kc2_hPCEwy-k2qX4

UNITED NATIONS. **Pnuma**: Economizando água uma gota de cada vez, 2019b. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/04/1666691>. Acesso em: 08 abr. 2022.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goal 6 on water and sanitation (SDG 6)**, 2020. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/04/1666691#:~:text=A%20FAO%20estima%20que%2069,apenas%20uma%20gota%20no%20oceano>. Acesso em: 10 abr. 2022.

UNITED NATIONS. **World urbanization prospects. the 2014 revision**. New York: Department of Economic and Social Affairs, 2015. Disponível em: <https://population.un.org/wup/>. Acesso em: 08 abr. 2022.

VISSER, M.; BOOYSEN, M. J.; BRÜHL, J. M.; BERGER, K. J. Saving water at Cape Town schools by using smart metering and behavioral change. **Water Resources and Economics**, v. 34, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wre.2020.100175>. Acesso em: 10 abr. 2022.

WAHAB, N. S. N.; SEOW, T. W.; RADZUAN, I. S. M.; MOHAMED, S. A systematic literature review on the dimensions of smart cities. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 498, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012087>. Acesso em: 07 abr. 2022.

WATER RESOURCES GROUP. **2017 Annual Report: Scaling Up for Impact**. Water security partnerships for people, growth, and the environment. IFC, 2017. Disponível em: <https://www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2018/03/2017-Annual-Report-2030-WRG.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

AUTORES

ORCID: 0000-0003-3312-2461

ADRIANA KUNEN, Doutoranda | Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR | Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR - Pato Branco, PR, Brasil | Correspondência para: R. Daniel Pagnoncelli, 300 - La Salle, Pato Branco - PR, 85505-370 | e-mail: adriana-kunen@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6237-9912

ANDERSON SACCOL FERREIRA, Doutorando | Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR - Xanxerê, SC, Brasil | Correspondência para: Rua Dirceu Giordani, 646 Jardim tarumã, 89820000 - Xanxerê, SC - Brasil | E-mail: andersonf@alunos.utfpr.edu.br

ORCID: 0000-0002-2655-6424

REGINA NEGRI PAGANI, Dra. | Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR | Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Ponta Grossa, PR, Brasil | Correspondência para: Av Monteiro Lobato, s/n - Km 04, Jardim Carvalho, CEP: 84016-210 | e-mail: reginapagani@professores.utfpr.edu.br

ORCID: 0000-0002-7839-2281

GILSON DITZEL SANTOS, Dr. | Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR, Pato Branco, PR, Brasil | Correspondência: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Área de Administração. Via do Conhecimento km 01, Fraron, CEP: 85503-390 | e-mail: ditzel@utfpr.edu.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

KUNEN, Adriana; FERREIRA, Anderson Saccol; PAGANI, Regina Negri; SANTOS, Gilson Ditzel. **Tecnologias e Sistemas Inteligentes de água no Ambiente Urbano: Uma análise da literatura**. MIX Sustentável, v. 9, n. 2, p. 91-105, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>. Acesso em: dia mês. ano. doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n2.91-105>.

SUBMETIDO EM: 14/09/2022

ACEITO EM: 21/01/2023

PUBLICADO EM: 31/03/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Rachel Faverzani Magnago e Lisiane Ilha Librelotto.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

AK: análise formal, conceituação, curadoria de dados, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, revisão e edição.

ASF: escrita - rascunho, revisão e edição, visualização, metodologia, investigação, análise formal, curadoria de dados e conceituação.

RNP: conceituação, administração de projetos, supervisão, validação, escrita - revisão e edição.

GDS: conceituação, administração de projetos, supervisão, validação, escrita - revisão e edição.

Declaração de conflito: Nada foi declarado.