

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL SOBRE PREVISÃO DA DEMANDA HÍDRICA URBANA

*Tereza Margarida Xavier de Melo Lopes¹; Samiria Maria Oliveira da Silva²; Renata Locarno
Frota³ & Taís Maria Nunes Carvalho⁴*

Resumo: Os eventos recorrentes de escassez hídrica ocasionados pelo desequilíbrio entre a oferta e a demanda, revelam a importância de compreender o consumo atual e prospectar as demandas futuras. Nessa perspectiva, o presente trabalho realiza uma análise bibliométrica sobre as principais características do acervo científico recentemente publicado acerca da previsão de demanda hídrica urbana. Para tanto, foi utilizado o *software VosViewer* como ferramenta de mapeamento gráfico e a plataforma *Scopus* como base de dados. Os resultados demonstraram, principalmente, a carência de estudos sobre a previsão da demanda hídrica urbana nos horizontes de médio e longo prazo. Portanto, é extremamente necessário ampliar a produção bibliográfica referente ao tema de forma a auxiliar os gestores de recursos hídricos na previsão e mitigação de estresses hídricos.

ABSTRACT - The recurring events of water scarcity caused by the imbalance between supply and demand, reveal the importance of understanding current consumption and prospecting future demands. In this perspective, the present work conducts a bibliometric analysis on the main characteristics of the recently published scientific collection about the forecast of urban water demand. For this, the VosViewer software was used as a graphical mapping tool and the Scopus platform as a database. The results demonstrate, mainly, the lack of studies that develop the forecast of urban water demand across the global sphere, especially for the medium and long term horizons. Therefore, it is extremely necessary to expand the bibliographic production related to the theme in order to assist water resources managers in predicting and mitigating water stresses.

Palavras-Chave – Previsão de demanda hídrica. Análise bibliométrica. VosViewer.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica, vivenciada em diversas conjunturas globais, é agravada periodicamente por consequência: (i) do crescimento populacional que, além impulsionar o aumento da demanda, também gera perturbações no ciclo hidrológico decorrentes das alterações no uso e ocupação do solo, (ii) das transformações no estilo de vida das comunidades e da urbanização e (iii) das variações climáticas que impulsionam a escassez hídrica e intensificam a disputa por água entre a indústria, a agricultura e o meio urbano (PRINZ e SINGH, 2000; ALI e TALUKDER, 2008; ALEMAYEHU et al., 2009; SAHRAWAT et al., 2010).

Nesse contexto, a demanda hídrica pode ser considerada como o elemento propulsor do planejamento dos sistemas de distribuição de água. Consequentemente, a realização de uma previsão confiável de consumo corrobora para o aprimoramento da gestão de recursos hídricos (PACCHIN,

1) Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, terezamelo@alu.ufc.br.

2) Professora adjunta do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, samiriamaria@gmail.com.

3) Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, renata.locarno@hotmail.com.

4) Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, taismarianc@gmail.com.

ALVISI e FRANCHINI, 2017). Portanto, é necessário conhecer as demandas hídricas atuais e futuras para ampliar as fontes de abastecimento de água e impedir possíveis estresses hídricos.

Segundo Donkor et al. (2014), as previsões de demanda de água são categorizadas de acordo com seus horizontes temporais em: operacionais, táticas e estratégicas. A previsão de curto prazo é classificada como operacional e abrange um horizonte que varia de um dia a algumas semanas. Sua aplicação viabiliza o gerenciamento e otimização dos elementos de instalações de redes em tempo real ou em períodos mais reduzidos.

A previsão de médio prazo, por sua vez, é classificada como tática e consiste em estimativas de alguns anos. Sua aplicação auxilia na gestão de redes de distribuição e instalações, norteando o aperfeiçoamento e orientando interferências necessárias.

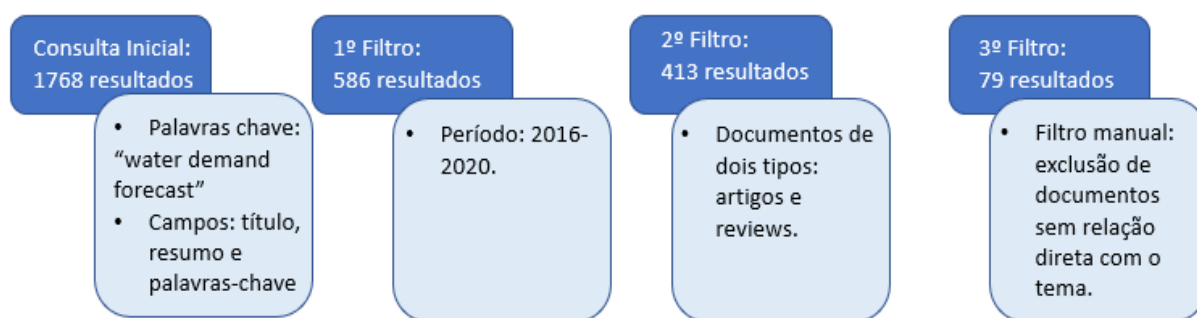
Por fim, a previsão de longo prazo é classificada como estratégica e consiste em estimativas decadais. Sua aplicação é utilizada para o planejamento da gestão de recursos hídricos mediante a um extenso período de precedência. Esse artifício corrobora para um gerenciamento que prevê as necessidades locais com bastante antecedência, a fim de prognosticar possíveis problemas de abastecimento e, assim, buscar meios para mitigar e evitar complicações.

Diante do exposto, a presente pesquisa realiza uma análise bibliométrica sobre a previsão da demanda hídrica urbana a curto, médio e longo prazo com o objetivo de mapear o acervo científico do tema e conhecer suas deficiências e potencialidades. O estudo utiliza o Scopus como base de dados e o software VosViewer como ferramenta de processamento de dados. Os resultados apontam para a necessidade de expandir a produção científica internacional sobre demanda hídrica urbana.

METODOLOGIA

Com o intuito de mapear a produção científica sobre a previsão da demanda hídrica urbana, realizou-se uma análise bibliométrica exploratória-descritiva, que não só evidenciou as vertentes de destaque desse campo de pesquisa, como também permitiu identificar seus potenciais horizontes científicos. Para viabilizar uma análise mais precisa, foi necessário limitar o campo de pesquisa conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas metodológicas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A amostra foi retirada no dia 21 de maio de 2021 através do banco de dados Scopus. Nele obteve-se 1768 resultados perante a pesquisa inicial que continha o termo "water demand forecast" nos campos "título", "resumo" ou "palavras-chave". Em seguida, aplicou-se o primeiro filtro para enquadrar a busca nos quatro anos mais recentes de publicação (2016 - 2020). O segundo filtro, por sua vez, refinou a pesquisa em dois tipos de documentos: artigos e "reviews". Por fim, o terceiro filtro apresentou 79 resultados ao avaliar, minuciosamente, o conteúdo de cada documento, a fim de eliminar as pesquisas que não estão diretamente relacionadas com a estimativa de demanda hídrica urbana, foco do presente estudo.

Como ferramenta de análise bibliométrica, utilizou-se o software VOSviewer. Tal aplicativo foi escolhido por seu potencial em incorporar um vasto conjunto de dados de forma simultânea e possibilitar diversos meios de análise e reconhecimento da conjuntura científica abordada (FAHIMNIA et al., 2015). O VOSviewer absorveu os dados previamente adquiridos no scopus e propiciou uma observação sistêmica dos dados, baseada no mapeamento de redes de co-ocorrência, citação e co-citação.

As redes bibliométricas são formadas por nós e arestas, em que os nós simbolizam autores, revistas, publicações ou palavras-chave e as arestas representam as ligações entre os nós, isto é, revelam as inter-relações vigentes no conjunto explorado (VAN ECK e WALTMAN, 2014). Além disso, o VOSviewer gera as redes de forma ponderada, ou seja, a intensidade dos nós representa a frequência com a qual o elemento analisado se manifesta e a espessura das arestas demonstra a força de relação entre os nós. O posicionamento destes não é ordenado de forma aleatória, pois o VOSviewer organiza-os de tal maneira que os nós fortemente relacionados são dispostos com maior proximidade um do outro, da mesma forma que quanto menor for a força de ligação entre os nós, mais afastados estarão entre si. Este fenômeno se deve à técnica de visualização por similaridade detalhada por Van Eck et al. (2009).

Além disso, o VOSviewer setoriza o mapeamento por clusters, que são nós agrupados pela força de relação. Tal agrupamento é representado através de cores, ou seja, cada cluster possui uma cor distinta. A técnica de clustering utilizada pelo VOSviewer é regida por um algoritmo de movimentação local inteligente introduzido por Waltman e Van Eck (2013).

Embora o software desfrute de uma vasta gama de visualização de dados, há limitações que impossibilitam determinadas análises, portanto optou-se por complementar o estudo com outra ferramenta: o Microsoft Excel. Tal aplicativo foi utilizado para visualizar o progresso cronológico da produção na área, apontar as metodologias mais persistentes, bem como dividir os estudos de estimativa de demanda hídrica em termos de horizonte de previsão. Para tanto, as demandas foram categorizadas em longo, médio e curto prazo, acompanhando, também, os níveis de planejamento hídrico.

Ao explorar pesquisas sobre a classificação de estimativa hídrica por horizonte de previsão, torna-se evidente que não existe um parâmetro absoluto, em verdade, as metodologias encontradas revelam-se um tanto ambivalentes (JOHNSON e KING, 1988; GARDINER e HERRINGTON, 1990; BILLINGS e JONES, 2008; GHIASSI et al. 2008). Entretanto, embora não haja consonância de prazo para esses horizontes, Gardiner e Herrington (1990) afirmam que, normalmente, prever uma demanda para longo prazo significa realizar previsões de dez anos ou mais, enquanto estimativas horárias e mensais são consideradas previsões de curto prazo.

A metodologia de categorização escolhida foi a de Gardiner e Herrington (1990), na qual as previsões são subdivididas em: curto prazo (horárias, mensais e de até um ano), médio prazo (estimativas anuais entre um e dez anos) e longo prazo (alcance superior a dez anos). Esta divisão foi realizada a partir dos dados obtidos no scopus e tem como principal finalidade identificar quais os maiores enfoques desse campo de pesquisa e qual o horizonte temporal é menos explorado de acordo com a amostra.

Na Tabela 1 estão dispostos os horizontes de previsão propostos por Gardiner e Herrington (1990), bem como seus respectivos níveis de planejamento e os principais objetivos inerentes a cada um. Dessa forma, a análise bibliométrica permitiu responder as seguintes questões:

quais países atraem mais atividades de citação? (Q1)

quais as temáticas mais abordadas? (Q2)

quais as metodologias mais utilizadas e quais suas vantagens e desvantagens? (Q3)

Tabela 1 – Relação entre os horizontes de previsão e os níveis de planejamento

Horizonte de previsão	Intervalo temporal	Nível de Planejamento	Objetivos principais
Curto prazo	< 1 ano	Operacional	Gerenciamento e otimização da operação do sistema
Médio prazo	1 - 10 anos	Tático	Previsão, planejamento de investimentos e análise de custo-benefício.
Longo prazo	> 10 anos	Estratégico	Expansão da capacidade hídrica

Fonte: Adaptado de Donkor *et al.* (2014)

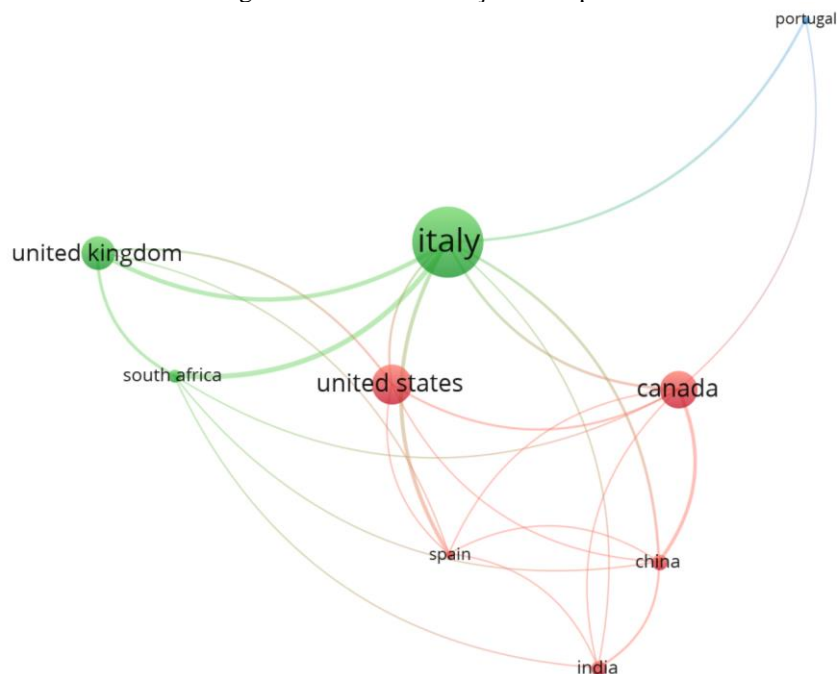
RESULTADOS

Análise de citação internacional (Q1)

A Figura 2 representa as relações de citação direta entre países perante a produção científica entre os anos de 2016 e 2020. Cada país que aparece na figura atingiu um limite mínimo de produtividade de três publicações para o período investigado.

No mapa, é evidente a predominância de países europeus e a ausência da América Latina. A Itália, posicionada no centro, possui o maior número de citações, totalizando 115 ocorrências, seguida dos Estados Unidos com 66. Ao rastrear as citações por documento, foi possível encontrar o artigo italiano mais citado de Candelieri (2017), que aborda a previsão de demanda hídrica a curto prazo com detecção de anomalias no sistema e possui 31 citações.

Figura 1 – Redes de citação entre países



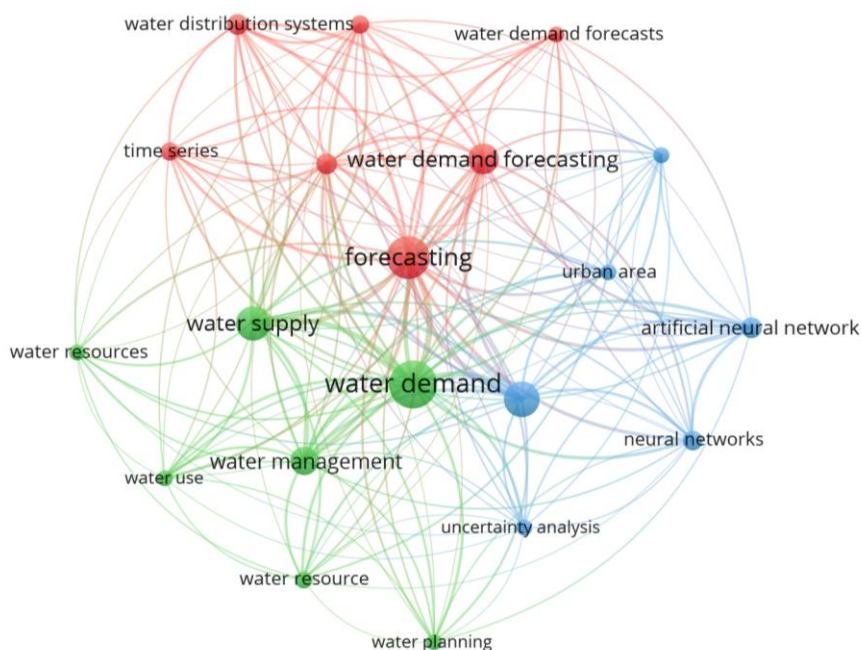
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Análise de co-ocorrência de palavras-chave (Q2)

O mapeamento de co-ocorrência de palavras-chave realizado pelo VOSviewer possibilitou uma análise acerca das temáticas predominantes nas pesquisas. O mais interessante é que, como as palavras “co-ocorrem”, também é possível avaliar o vínculo contextual entre elas.

O rol de palavras-chave contabilizadas pelo software é bem extenso para ser exposto em um mapa, portanto, foi necessário limitar os resultados gerados. Ao todo, foram encontradas 766 expressões, mas para dinamizar a visualização, limitou-se o mapeamento apenas aos termos encontrados oito vezes ou mais. Dessa forma, foi possível identificar as 20 palavras-chave mais pertinentes (Figura 3).

Figura 2 – Redes de co-ocorrência de palavras-chave



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

As palavras que mais se repetem nos artigos selecionados estão evidenciadas no centro do mapa, apresentando uma maior intensidade nos nós. Em suma, os termos “previsão”, “demanda” e “água” associados de quatro diferentes formas (“water demand”, “forecasting”, “forecasting method”, “water demand forecasting”) se destacam juntamente com o termo “abastecimento de água”, formando as cinco expressões com maior número de ocorrências no campo de pesquisa. Tal configuração indica a relação intrínseca entre os estudos de previsão de demanda hídrica e a preocupação com o abastecimento de água, reafirmando a importância de se conhecer a demanda regional para melhor atendê-la.

Os termos encontrados foram automaticamente agrupados em três clusters. O cluster vermelho (1) realça ainda mais a ligação entre a estimativa de demanda hídrica e as questões de abastecimento e distribuição de água. Além disso, o cluster também apresenta termos que remetem a análise de séries temporais, o que demonstra uma predominância de estudos que utilizam observações sequenciais cronológicas para basear as projeções, considerando que o comportamento de demandas passadas tem influência em demandas futuras.

Vale pontuar, que existem métodos de previsão de demanda que não utilizam séries temporais, como é o caso da cenarização prospectiva. No caso dos trabalhos avaliados, dois países do Oriente Médio adotaram essa abordagem para realizar previsões de demanda a longo prazo: i) Ouda et al. (2017), estimaram a demanda de água dessalinizada em Riade (Arábia Saudita) até o ano 2040 com

base em três cenários; ii) enquanto Baalousha e Ouda (2017), utilizaram a mesma metodologia para estimar a demanda doméstica do Catar até o ano de 2040.

Já o cluster verde (2) revela as expressões referentes aos métodos de previsão utilizados pelo campo de pesquisa: redes neurais artificiais, aprendizado de máquina e análise de incertezas. É interessante ressaltar o crescente uso de técnicas de aprendizado de máquina, principalmente do método de redes neurais, associadas à previsões de demanda hídrica a curto prazo, que foram dissertadas no tópico 2.2.5. O cluster azul (3), por sua vez, denota a relação entre o consumo hídrico (demanda) e a gerência de águas.

Metodologias mais utilizadas (Q3)

O aprendizado de máquina foi uma das metodologias mais empregadas no conjunto de trabalhos explorados. Em suma, o aprendizado de máquina é um subconjunto da Inteligência Artificial (IA) que proporciona aos sistemas a habilidade de aprender e desenvolver, automaticamente, melhorias com as experiências adquiridas ao longo de seus processamentos.

Nesse viés, destacaram-se as Redes Neurais Artificiais (RNA) que consistem em um tipo de aprendizado de máquina. Uma RNA é uma rede interconectada de grupos de neurônios artificiais que simulam o funcionamento dos neurônios biológicos a partir de modelagens matemáticas (HASSOUN, 1995).

Nesse processo de aprendizado de máquina, os neurônios artificiais replicam procedimentos de aprendizagem a partir do recebimento de dados de entrada. Em seguida, são realizadas somas ponderadas que, posteriormente, passam por uma transformação denominada como função de ativação para produzir saídas (MA et al., 2020)

Vale salientar que os modelos de redes neurais artificiais são geralmente utilizados para prever demandas hídricas a curto prazo como é o caso dos estudos de Pacchin et al. (2019) e Mouatadid e Adamowski (2016), os quais são exemplos da amostra que foi retirada do scopus. Entretanto, Yin et al. (2018), também inclusos no VOSviewer, utilizaram o modelo de RNA para desenvolver estudo de previsão de demanda para 2030 (médio prazo).

Além disso, observou-se que apenas 30% dos trabalhos são referentes a estimativas de médio e longo prazo, o que demonstra uma necessidade de ampliar os estudos nesse horizonte temporal. Nesse contexto, o Brasil só apresentou dois estudos, sendo um deles de previsão de demanda hídrica a médio prazo aplicado na cidade de Aquidauana, Mato Grosso do Sul (HAQUE, SOUZA e RAHMAN, 2016). Já o segundo, apresenta uma revisão dos métodos empregados para previsão de demanda hídrica (GROPPO, COSTA e LIBÂNIO, 2019).

Diante do baixíssimo índice de contribuição científica do Brasil em meio à temática abordada, associado as necessidades locais, o capítulo 3 expõe projeções espaciais da demanda per capita da cidade de Fortaleza (Ceará). A cidade foi escolhida por estar inserida em um estado com histórico recorrente de secas e apresentar cerca de 30% da população do Estado.

Para realizar a previsão, foi escolhido o modelo de Autômatos Celulares (AC's) por serem ferramentas ainda pouco exploradas na temática em estudo. Em síntese, a aplicação dos AC's evita o emprego de equações complicadas para descrever sistemas complexos, e possibilita a simulação de sistemas por meio de interações entre as células regidas por regras simples (SCHATTEN, 2008).

Nesse viés, o modelo possui o poder de simular o desenvolvimento citadino, reproduzindo espacialmente os impactos do crescimento (VOTSIS, 2017). Em razão de sua simplicidade e capacidade de evolução, os AC's tornaram-se um dos modelos mais fortes utilizados para projeções de crescimento urbano (Okwuashi e Ndehedehe, 2020), mas são raramente aplicados em projeções de demanda hídrica.

Diante do forte potencial de aplicação do modelo para simular sistemas dinâmicos complexos, como sistemas urbanos, e da necessidade de produzir estudos sobre projeções de consumo a longo prazo, o presente trabalho aplica a modelagem de autômatos celulares para realizar a previsão da demanda hídrica urbana para o ano de 2040.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, analisou-se a produção e o desenvolvimento das pesquisas indexadas ao Scopus relacionadas a previsão de demanda hídrica urbana, a curto, médio e longo prazo, no decorrer dos anos de 2016 a 2020.

A análise bibliométrica possibilitou identificar os países mais citados pela literatura (Itália e Estados Unidos). Percebe-se a carência de estudos em várias regiões, principalmente na Oceania e na América Latina, na qual o Brasil só apresentou duas publicações.

Dentre as metodologias mais abordadas, destacam-se as que envolvem aprendizado de máquina, aplicando redes neurais artificiais para a previsão de demanda hídrica urbana a curto prazo. Nesse viés, também foi identificado o baixo índice de publicações que versam sobre projeções a médio e longo prazo, totalizando, apenas, 30% da amostra analisada.

Vale ressaltar que, estimar o aumento do consumo hídrico e as tendências futuras a longo prazo é fundamental para desenvolver, antecipadamente, planos que viabilizem a gestão adequada dos serviços de abastecimento de água.

Nesse viés, é necessário intensificar a produção bibliográfica sobre previsão de demanda hídrica diante dos três horizontes temporais, principalmente nas perspectivas de médio longo prazo, uma vez que são ainda menos abordados. Dessa forma, os gestores de recursos hídricos terão uma ferramenta importante para mitigar problemas relacionados à escassez hídrica e gerar balanços hídricos favoráveis.

REFERÊNCIAS

ADAMOWSKI, J. F. (2008). Peak Daily Water Demand Forecast Modeling Using Artificial Neural Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 134, n. 2, pp. 119-128. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(2008\)134:2\(119\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(2008)134:2(119))>. Acesso em: 07 jul. 2021

ALEMAYEHU, F.; TAHA, N.; NYSSSEN, J.; GIRMA, A.; ZENEBE, A.; BEHAILU, M.; DECKERS, S.; POESEN, J. (2009). The impacts of watershed management on land use and land cover dynamics in Eastern Tigray (Ethiopia). *Resources, Conservation and Recycling*, v. 53, n. 4, pp. 192-198. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.11.007>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

ALI, M. H.; TALUKDER, M.S.U. (2008). Increasing water productivity in crop production — A synthesis. *Agricultural Water Management*, v. 95, n. 11, pp. 1201-1213. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2008.06.008>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ALVISI, S.; FRANCHINI, M. (2014) Assessment of the Predictive Uncertainty within the Framework of Water Demand Forecasting by Using the Model Conditional Processor. *Procedia Engineering*, v. 89, pp. 893-900. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.522>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

ALVISI, S.; FRANCHINI, M.; MARINELLI, A. (2007). A short-term, pattern-based model for water-demand forecasting. *Journal of Hydroinformatics*, v. 9, n. 1, pp. 39-50, 1. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2166/hydro.2006.016>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

BAALOUSHA, H. M.; OUDA, O. K. M. (2017) Domestic water demand challenges in Qatar. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 10, n. 24, pp. 1-12. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12517-017-3330-4>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

BILLINGS, B.; JONES, C. (2008) Forecasting urban water demand. Denver: American Waterworks Association.

CANDELIERI, A. (2017). Clustering and Support Vector Regression for Water Demand Forecasting and Anomaly Detection. *Water*, v. 9, n. 3, pp. 224. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/w9030224>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

DONKOR, E. A.; MAZZUCHI, T. A.; SOYER, R.; ROBERSON, J. A. (2014). Urban Water Demand Forecasting: review of methods and models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 140, n. 2, pp. 146-159. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000314](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000314)>. Acesso em: 07 mai. 2021.

FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DAVARZANI, H. (2015). Green supply chain management: a review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, v. 162, pp. 101-114. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.003>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

GARDINER, V.; HERRINGTON, P. (1990). Water demand forecasting. New York: Taylor & Francis.

GHIASSI, M.; ZIMBRA, D. K.; SAIDANE, H. (2008). Urban Water Demand Forecasting with a Dynamic Artificial Neural Network Model. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 134, n. 2, pp. 138-146. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(2008\)134:2\(138\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(2008)134:2(138))>. Acesso em: 19 jun. 2021.

GROPPO, G. S.; COSTA, M. A.; LIBÂNIO, M. (2019). Predicting water demand: a review of the methods employed and future possibilities. *Water Supply*, v. 19, n. 8, pp. 2179-219. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2166/ws.2019.122>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

HAQUE, M. M.; SOUZA, A.; RAHMAN, A. (2016). Water Demand Modelling Using Independent Component Regression Technique. *Water Resources Management*, v. 31, n. 1, pp. 299-312. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11269-016-1525-1>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

HASSOUN, M. H. (1995). Fundamentals of artificial neural networks. England: Cambridge.

HERRERA, M.; TORGO, L.; IZQUIERDO, J.; PÉREZ-GARCÍA, R. (2010). Predictive models for forecasting hourly urban water demand. *Journal of Hydrology*, v. 387, n. 1-2, pp. 141-150. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.005>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

JOHNSON, D.; KING, M. (1998). Basic Forecasting Techniques. London: Butterworth & Co.

MOUATADID, S.; ADAMOWSKI, J. (2016). Using extreme learning machines for short-term urban water demand forecasting. *Urban Water Journal*, v. 14, n. 6, pp. 630-638, 4. Informa UK Limited. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/1573062x.2016.1236133>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

OKWUASHI, O.; NDEHEDEHE, C. E. (2020) Integrating machine learning with Markov chain and cellular automata models for modelling urban land use change. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 21, p. 100461. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100461>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

OUDA, O. K. M.; KHALID, Y.; AJBAR, A. H.; REHAN, M.; SHAHZAD, K.; WAZEER, I.; NIZAMI, A. S. (2017). Long-term desalinated water demand and investment requirements: a case study of riyadh. *Journal of Water Reuse and Desalination*, v. 8, n. 3, pp. 432-446. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2166/wrd.2017.107>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

PACCHIN, E.; GAGLIARDI, F.; ALVISI, S.; FRANCHINI, M. A (2019). Comparison of Short-Term Water Demand Forecasting Models. *Water Resources Management*, v. 33, n. 4, pp. 1481-1497. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11269-019-02213-y>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

PACCHIN, E.; ALVISI, S.; FRANCHINI, M. A. (2017). Short-Term Water Demand Forecasting Model Using a Moving Window on Previously Observed Data. *Water*, v. 9, n. 3, p. 172. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/w9030172>>. Acesso em: 29 mai. 2021.

PRINZ, D.; SINGH, A. (2000) Technological Potential for Improvements of Water Harvesting. Institute of Water Resources Management, Hydraulic and Rural Engineering (IWK), University of Karlsruhe/ Germany. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/36452667_Technological_Potential_for_Improvements_of_Water_Harvesting>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ROMANO, M.; KAPELAN, Z. (2014). Adaptive water demand forecasting for near real-time management of smart water distribution systems. *Environmental Modelling & Software*, v. 60, pp. 265-276. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.06.016>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SAHRAWAT, K.L.; WANI, S.P.; PATHAK, P.; REGO, T.J. (2010) Managing natural resources of watersheds in the semi-arid tropics for improved soil and water quality: a review. *Agricultural Water Management*, v. 97, n. 3, pp. 375-381. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2009.10.012>>. Acesso em: 17 mar. 2021

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In: Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: methods and practice*, pp. 285– 320.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. (2009) Software survey: vosviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, pp. 523-538, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>>. Acesso em: 28 mai. 2021

VOTSIS, A. (2017) Utilizing a cellular automaton model to explore the influence of coastal flood adaptation strategies on Helsinki's urbanization patterns. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 64, pp. 344-355.

WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J. (2013). A smart local moving algorithm for large-scale modularity-based community detection. *European Physical Journal B*, v.86, 471 p.

WOLFRAM, S. (1994). *Cellular Automata and Complexity*. Collected Papers. MA Reading: Addison-Wesley. 1a edition.

YIN, Z.; JIA, B.; WU, S.; DAI, J.; TANG, D. (2018). Comprehensive Forecast of Urban Water-Energy Demand Based on a Neural Network Model. *Water*, v. 10, n. 4, p. 385. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/w10040385>>. Acesso em: 28 mai. 2021

AGRADECIMENTOS – Agradecemos o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).