

IV-085 - CONJUNTURA DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS SOBRE APLICAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) PERÍODO 2014 - 2018

Rosa Alencar Santana de Almeida ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Escola Politécnica – UFBA. Doutora em Energia e Ambiente pelo Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente – UFBA. Professora Dr^a da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.

Endereço⁽¹⁾: Rua Amazonas, 293 Apto 301 - Pituba - Salvador - BA - CEP: 41830-380 - Brasil - Tel: (71) 3240-1431 - e-mail: rosaalencar@ufrb.edu.br

RESUMO

Os índices de qualidade de água são ferramentas utilizadas para divulgar os resultados da avaliação de um compartimento hídrico, superficial ou subterrâneo, ou mesmo de uma amostra de água. Podem exprimir uma situação localizada, como também podem acompanhar tendências temporais ou ao longo de um percurso. Entretanto, têm alcance limitado e sua aplicação pode esconder características importantes do corpo hídrico, portanto devem ser utilizados como mecanismos complementares a outras ferramentas avaliativas. O objetivo deste trabalho foi traçar um painel da aplicação dos índices realizando uma análise bibliométrica. A base de dados foi construída a partir da pesquisa na plataforma de "Periódicos da Capes", abarcando o período de 2013 a 2018, no conjunto de artigos que exibissem no título o termo "Water Quality Index". Os 161 artigos selecionados foram classificados e analisados adotando-se critérios quantitativos. Os resultados revelaram que a produção científica nesta temática concentra-se no continente asiático (70%), principalmente na Índia que detém 26% dos artigos. No entanto não foi possível identificar os motivos para este cenário, e novas pesquisas são importantes para justificação.

PALAVRAS-CHAVE: Bibliometria, qualidade da água, WQI

INTRODUÇÃO

A água apresenta-se como substância fundamental à vida no planeta, e também como um dos recursos poderosos no desenvolvimento das civilizações. Contribui para promoção da saúde, quando de boa qualidade, mas pode favorecer o surgimento de doenças se contiver substâncias nocivas ou em teores não conformes àqueles recomendados para consumo. Deste modo, a temática da disponibilidade de água adquire importância, seja relacionada à quantidade, nas estimativas dos volumes, como também na determinação da qualidade dos recursos disponíveis, tanto das águas superficiais quanto subterrâneas.

No que se refere à qualidade, Abassi e Abassi (2012) descrevem que fontes naturais ou antropogênicas de poluição da água consistem em centenas de produtos químicos, agravadas pela possibilidade de ter também elementos radioativos. Segundo os autores, uma avaliação completa envolveria analisar todos os elementos químicos, como também todas as características físicas e biológicas possíveis, pelo que tal situação teria um custo proibitivo. Deste modo, surgiram os métodos "reducionistas" para escolha de alguns parâmetros, assumindo-se que tais elementos eram ideais para a avaliação, e assim foram desenvolvidos os primeiros IQAs - Índices de Qualidade de Água (WQI's para a sigla em inglês "water quality index") (ABBASI e ABBASI, 2012). Não obstante, tais métodos introduzem elementos subjetivos e de incerteza. Além do que a qualidade da água sofre alterações no tempo, no espaço, na profundidade, nas estações do ano, enfim envolve grande complexidade.

Abbasi e Abbasi (2012) observaram que, um grande impulso para abordar esta complexidade tem sido a aplicação de conceitos de estatísticas mais avançados no desenvolvimento dos índices, ampliando as noções rudimentares usadas em IQA's convencionais. Segundo os autores, vários índices foram desenvolvidos usando técnicas estatísticas como a análise multivariada, análise de componentes principais e análise fatorial. Como também teorias de matemática difusa e probabilidade foram aplicadas separadamente para desenvolvimento

IQA's, e existem índices híbridos que usam lógica difusa, bem como teoria de probabilidade, com ou sem a assistência de outros métodos de inteligência estatística ou artificial.

Neste sentido, Tiwari, Babbar e Kaur (2018) relatam o uso de uma técnica híbrida que vem ganhando popularidade ao lidar com domínios mal definidos e incertos, tal como as previsões sobre a qualidade da água, o sistema ANFIS (do inglês adaptive neuro-fuzzy inference system), técnica que incorpora o sistema de inferências fuzzy no âmbito das redes adaptativas. E Yousefi, Zahedi e Hossein Niksokhan (2018) descrevem a adoção de técnicas de análise de decisão de múltiplos critérios (MCMDs, do inglês Multiple-criteria decision making) para aliviar as contradições que envolvem os índices de qualidade de água, aplicadas na avaliação da água subterrânea de regiões áridas e semiáridas no Irã.

Portanto, neste contexto, o presente trabalho objetivou quantificar as publicações sobre a aplicação de Índices de Qualidade de Água nos últimos cinco anos, para estabelecer indicadores bibliométricos relacionados à demografia das produções por região de experimentação dos índices, número de trabalhos publicados e citações recebidas. Também busca estabelecer correspondências entre as regiões onde foram feitas as experimentações e o cenário dos recursos hídricos, naqueles locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

DEFINIÇÃO DA ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

Santos e Kobashi (2009) observam que os estudos da ciência não podem ser orientados por critérios meramente quantitativos. Não obstante, mesmo guardando esta ressalva, julgou-se pertinente o uso de pesquisa quantitativa para compor um panorama das publicações sobre a aplicação de “índices de qualidade de água” (water quality index). Assim, tomou-se como partida o resultado de busca empreendida aos artigos incluídos no banco de dados de Periódicos da CAPES, com último acesso realizado no dia 16 de Outubro de 2018.

Foram selecionados os artigos cujo título contém a expressão “Water Quality Index”, que foram publicados nos últimos cinco anos, em qualquer idioma, classificados por data mais recente (Figura 1).

Figura 1: Busca aos artigos incluídos na plataforma Periódicos da Capes (2013 – 2018)



The screenshot shows the CAPES Periódicos search interface. The search criteria are: 'no título' (circled), 'contém' (circled), and 'water quality index' (circled), with an 'AND' operator. The search results show 212 results for the Portal de Periódicos, ordered by 'Data - mais recente'. Red arrows point to the search criteria and the result count.

Fonte: Autoria própria (2018)

Em posse do resultado do rastreamento, ou seja, do universo de duzentos e doze artigos preliminarmente selecionados, foram adotados os seguintes procedimentos:

PRIMEIRA ETAPA: MONTAGEM DO BANCO DE DADOS DE ARTIGOS.

Os resultados da busca foram transpostos individualmente para uma planilha eletrônica, MicroSoft Excel ®. Em seguida, para cada um dos artigos preliminarmente selecionados, foi feita uma pesquisa ao resumo do artigo para identificar: o ano de publicação, o continente e o país onde o índice foi aplicado, compartimento hídrico, título do artigo e nome do periódico, autores, quantidade de citações, e destaques observados.

Esta primeira triagem permitiu a obtenção das informações iniciais, quantitativos por ano de publicação, região e compartimento hídrico, cujos resultados contemplaram a primeira etapa da pesquisa. Também nesta primeira apuração foram descartadas cinquenta e uma ocorrências, relativas a citações duplicadas do mesmo trabalho ou por se tratar de resenhas sobre o artigo original, resultando na seleção final de 161 artigos.

SEGUNDA ETAPA: CLASSIFICAÇÃO, SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES.

Os dados foram classificados e sistematizados, com intuito de compreender a produção científica sobre a aplicação de Índices de Qualidade de Água como ferramenta complementar para avaliação dos recursos hídricos, nos compartimentos superficial e subterrâneo.

Em seguida, foram realizadas análises para quantificar e identificar tendências na produção científica por região (por exemplo: continentes e nações emergentes na pesquisa) e por compartimento (superficial e subterrâneo). Também foram feitas pesquisas complementares para determinar o número de citações de cada artigo e leitura dos resumos para identificar características relevantes nos artigos mais citados.

RESULTADOS OBTIDOS

Foram selecionados na pesquisa bibliométrica empreendida na plataforma de Periódicos da Capes, 161 artigos sobre a aplicação de Índice de Qualidade de Água, publicados nos últimos cinco anos (Janeiro de 2013 até Outubro de 2018). Utilizou-se como argumento de pesquisa aqueles artigos que: foram avaliados por pares, escritos em qualquer idioma, em cujo título contém o termo “*water quality index*”, publicados em periódicos pertencentes a diversas áreas temáticas. Os artigos foram analisados a partir da tabulação dos seguintes itens de pesquisa:

Artigos por ano de publicação

A análise da distribuição temporal inicia-se no ano de 2013, com 22 trabalhos, e logo no ano seguinte (2014) tem-se um crescimento significativo de 40%, atingindo-se o pico (31 publicações). Em seguida, um decréscimo no ano de 2015, um crescimento gradual em 2016 e 2017 e um pequeno recuo em 2018.

Contudo observa-se certa regularidade no número de publicações, excetuando-se os anos de 2013 e 2015 que se situaram abaixo da média de 26,7 artigos anuais. O Gráfico 1 mostra a evolução.

Gráfico 1 – Publicações por ano de publicação



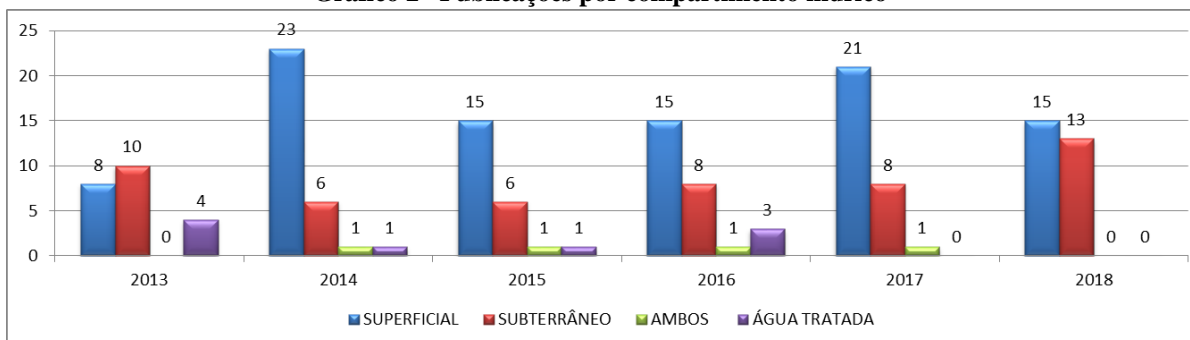
Fonte: Elaboração própria (2018)

Artigos por compartimento hídrico

A abordagem por compartimento hídrico buscou identificar a origem da água usada para aplicação do índice de qualidade: água bruta do compartimento superficial e do subterrâneo, água bruta indiferente do compartimento e água tratada. Os resultados apresentados no Gráfico 2 evidenciam que prevalecem as pesquisas em águas superficiais, com equilíbrio numérico apenas no último ano do estudo (2018), confirmando também que são poucas as experimentações em águas tratadas.

Tal cenário pode refletir a confiança das companhias prestadoras de serviços, e dos pesquisadores, na qualidade do tratamento e das redes de distribuição de água, conferindo confiança nos serviços, como também pode sugerir que são utilizados outros métodos para aferição da eficiência dos sistemas de abastecimento, ou ainda que tais águas não façam parte da agenda de preocupações com qualidade.

Gráfico 2– Publicações por compartimento hídrico



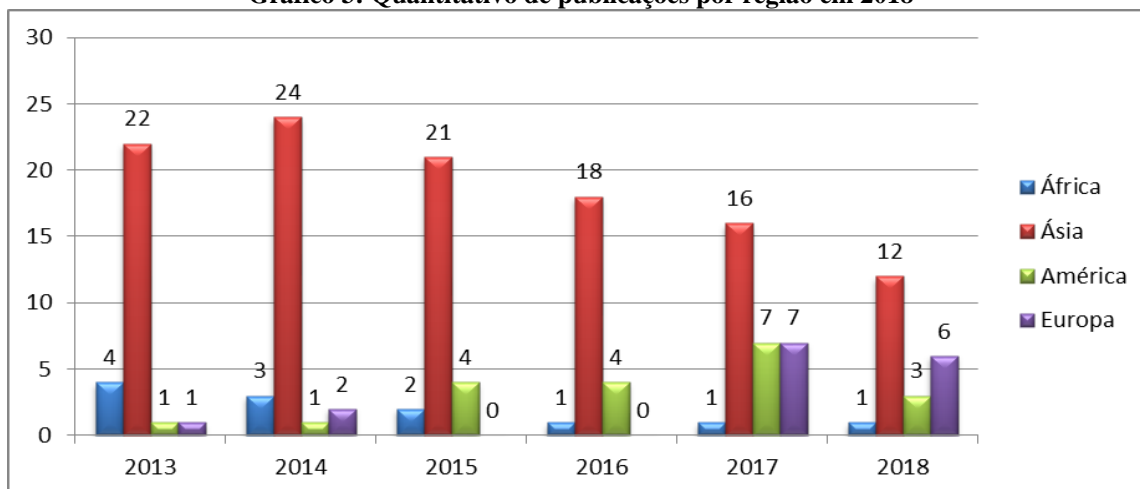
Fonte: Elaboração própria (2018)

Artigos por país de publicação

O gráfico 3 mostra a concentração geográfica das publicações por continente nos últimos cinco anos. Os resultados destacam o continente asiático com 113 publicações (70%), seguido da América com 20 artigos (12,5%), Europa com 16 artigos (10%) e África com 12 trabalhos (7,5%).

Quando estes mesmos dados são segregados por país, os resultados revelam no âmbito geral, e no ranking do continente asiático, a forte presença de estudos realizados na Índia (42 trabalhos) e no Irã (23 trabalhos), que juntos representam 40% dos artigos publicados, seguidos da China e do Brasil, na Ásia e América, respectivamente, com onze publicações cada.

Gráfico 3: Quantitativo de publicações por região em 2018



Fonte: Elaboração própria, 2018

Artigos Relevantes

A partir dos resultados de pesquisas utilizando-se a ferramenta de pesquisa Google Scholar®, foi possível identificar os artigos mais relevantes em virtude do número de citações. A Tabela 1 representa os seis artigos mais bem colocados.

O artigo mais citado foi publicado em Agosto, 2014 no Volume 43 (Páginas 262-270) da revista *Ecological Indicators*. Seus autores Summiya Nazeer, Muhammad Zaffar Hashmi, Riffat Naseem Malik são afiliados da Quaid-i-Azam Universit (Paquistão) e Zhejiang University (China), Quaid-i-Azam Universit (Paquistão) respectivamente. O artigo, com 87 citações, versa sobre avaliação de qualidade da água do Rio Soan, no Paquistão, a partir da determinação do Fator de Enriquecimento (FE) de metais, e do cálculo do índice de geoacumulação (I_{GEO}) e do índice de qualidade de água (IQA). A metodologia escolhida para cálculo do IQA foi a técnica proposta pelo Canadian Council of Ministers for the Environment - Water Quality Index (CCME WQI). O segundo e o quinto artigos mais citados, com 81 e 68 citações, respectivamente, também se valeram da proposta do CCME-WQI (CANADÁ, 2017) para construir as suas pesquisas.

Os artigos menos recentes, em regra receberam mais citações. Esta frequência pode ser justificada por que as publicações estão há mais tempo disponíveis para consulta. Entretanto o terceiro artigo mais citado (71 citações) foi publicado recentemente (Science of the Total Environment, 15 April 2017, Vol.584-585, pp.131-144). E foi citado em trabalhos situados na China, Romênia, Irã, Índia, Nigéria, além da própria Turquia, demonstrando a amplitude de aplicação da pesquisa.

Constatou-se ainda que muitos destes estudos foram baseados na aplicação de índices consagrados mundialmente, a exemplo do WQI NSF e WQI CCME, como anteriormente aludido, complementados por novas tecnologias, como sugerido na revisão teórica deste trabalho (Abbasi e Abbasi, 2012; Tiwari, Babbar e Kaur, 2018; Yousefi, Zahedi e Hossein Niksokhan, 2018).

Tabela 1 - Artigos relevantes por citações

SEQ	Citações	Artigo	Ano Publicação	País
1	87	Heavy metals distribution, risk assessment and water quality characterization by water quality index of the River Soan, Pakistan	2014	Paquistão
2	81	GIS-based Evaluation of Water Quality Index of groundwater resources around Tuticorin coastal city, South India.	2014	Índia
3	73	Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey).	2017	Turquia
4	71	Water quality index to determine the surface water quality of Sankey tank and Mallathahalli lake, Bangalore urban district, Karnataka, India.	2013	Índia
5	68	Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI).	2013	Irã
6	68	Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey).	2014	Turquia

Fonte: Elaboração própria, 2018

Análise dos resultados

Os resultados destacam a participação dos países asiáticos na produção científica sobre os índices de qualidade de água, o que é consistente com uma pesquisa recente que identificou um crescimento substancial na produção científica de nações emergentes (CSOMÓS, 2017). O pesquisador avaliou a produção de artigos em 2.194 cidades, de vários continentes, nos últimos trinta anos e concluiu que países como China, Irã, Índia e também Brasil, têm avançado em termos quantitativos e alcançado posições significativas no ranking mundial. Csomós (2017) destaca a crescente importância da capital da China (Pequim), onde, a partir de 2006, foram publicados mais de seiscentos mil artigos em uma década.

Os resultados também sugerem preocupação destas nações com a qualidade dos recursos hídricos dos seus territórios. Na Índia o Conselho Central de Controle da Poluição (CPCB, do inglês Central Pollution Control Board), atua com a responsabilidade de coletar, aferir e divulgar dados técnicos e estatísticos relacionados à poluição da água (CPCB, 2018). De acordo com a organização, o monitoramento da qualidade da água é operado ao abrigo de um programa de três níveis, ou seja, Sistema Global de Monitoramento do Ambiente (GEMS), Sistema Nacional de Monitoramento dos Recursos Aquáticos Indianos (MINARS) e Plano de Ação Yamuna (YAP). O país possui 14 rios principais, 44 rios médios e 55 rios menores, além de inúmeros lagos, lagoas e poços que são usados como fonte primária de água potável, mesmo sem tratamento, e que correm sérios riscos de degradação (CPCB, 2018).

O Irã possui um sistema de gerenciamento de água considerado mais avançado do que a maioria dos países do Oriente Médio, na opinião do pesquisador Khalil Khani (2018). Não obstante, segundo o estudioso, semelhante aos outros países, passa uma série de crises, com dramáticos problemas de segurança hídrica enraizados em décadas de planejamento desintegrado e miopia gerencial, de modo que o atual estresse hídrico é apenas parcialmente um produto da hidrologia e do clima (KHANI, 2018). Além da escassez, pois 90% do território é extremamente árido (KHANI, 2018), a avaliação da qualidade das águas dos rios é uma das dificuldades de segurança dos recursos hídricos enfrentados no país.

Pesquisadores descrevem que nos rios e córregos, a avaliação da qualidade da água está se tornando mais relevante devido à quantidade substancial dos poluentes descarregados nesses ecossistemas, na maioria dos casos sem qualquer tratamento. Ainda segundo as pesquisas, medições e análises são realizadas regularmente por várias administrações públicas, todavia tais esforços são insuficientes dada a variedade de produtos químicos e a diversidade de fontes de poluição (OROJI; KARIMI; BAHRAMI, 2017). Ainda assim, embora os desafios ambientais do Irã tenham atingido um nível de crise, as autoridades judiciais e de segurança do país intensificaram a ação contra os especialistas e ativistas que estão liderando os esforços para enfrentar a crescente escassez de água e problemas ambientais (KHANI, 2018).

Deste modo, seguramente o Irã é um cenário a ser explorado, visto que em condições aparentemente adversas à pesquisa, a publicação de trabalhos alcançou números expressivos. É mister investigar as razões.

Na China são descritos esforços para melhorias no monitoramento dos recursos hídricos e o desenvolvimento de mecanismos transparentes de compartilhamento de dados do ciclo hidrológico (umidade do solo, água subterrânea, vapor de água atmosférico) coletados por meio de satélites (LONG; ZHENG, 2018). Segundo estes pesquisadores, os usos destas ferramentas têm de um papel cada vez mais importante no monitoramento e gerenciamento dos recursos hídricos do país.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Esta investigação produziu respostas acerca da distribuição geográfica das pesquisas sobre a aplicação dos índices utilizados para avaliação da qualidade da água, como também mostrou quais os compartimentos hídricos que têm chamado a atenção dos pesquisadores, além de identificar os artigos mais citados.

Os resultados quando confrontados com pesquisas sobre as iniciativas de monitoramento dos recursos hídricos nos países mais produtivos (CPCB, 2018; LONG; ZHENG, 2018), como também com o gigantismo territorial e populacional das nações emergentes (China e Índia), sugerem algumas motivações para a produção científica diferenciada na temática da qualidade de água nestas regiões.

Além disso, a sistematização das informações evidenciou que a produção deu visibilidade científica à região, haja vista o volume substancial de citações das produções científicas da região.

Contudo o estudo não permitiu assegurar quais são as razões para a produtividade nas regiões destacadas, como também não evidenciaram convergências entre a geografia da produção científica e a atuação de órgãos governamentais, ou qualidade dos recursos hídricos, por exemplo.

Deste modo sugere-se aprofundar as investigações para identificar as motivações para as pesquisas nos países que se destacaram. Espera-se com isso, melhorar a compreensão sobre o estado da arte na aplicação dos Índices de Qualidade de Água, e como resultado dispor de uma base de dados com informações relevantes sobre os trabalhos disponíveis. Ademais, tais iniciativas convergem para o estabelecimento de indicadores bibliométricos que retratem o cenário encontrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBASI, Tasneem, ABBASI, S.A. 2012. Water Quality Indices. DOI:10.1016/B978-0-444-54304-2.00001-4. 2012. Elsevier B.V
2. CANADÁ. CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. (Ed.). **Canadian Environmental Quality Guidelines: CCME WATER QUALITY INDEX USER'S MANUAL**. [s. L.]: Canadian Council Of Ministers Of The Environment, 2017. Disponível em: <https://www.ccme.ca/files/Resources/water/water_quality/WQI%20Manual%20EN.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.
3. CPCB. Disponível em <http://cpcb.nic.in/openpdf.php?id=UmVwb3J0RmlsZXNmVnJE0XzE1MjYzMDE0ODhfbWVkaWFwaG90bzEyMzg3LnBkZg==>
4. CSOMÓS, G. A spatial scientometric analysis of the publication output of cities worldwide. Journal of Informetrics. On-line. ago. 2017. Disponível em <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1709/1709.07183.pdf>. Ultimo acesso em 17.Out.2018
5. KHANI, Khalil. Destruction of Water Resources in Water Bankrupt Iran:. 2018. Posted on June 16, 2018. Disponível em: <https://themediexpress.com/2018/06/16/destruction-of-water-resources-in-water-bankrupt-iran/> . Acesso em: 23 out. 2018.
6. LONG, Di; ZHENG, Yi. Water resource monitoring, modeling, and information systems in China: Implications to water resource management in cold and dry regions. Santiago - Chile: Slide, 2018. 38 slides, color. CHILE-CHINA WORKSHOP ON RESEARCH ON WATER RESOURCES,. Disponível em: http://www.conicyt.cl/pci/files/2018/07/4_3_Information_systems_China.pdf. Acesso em: 23 out. 2018
7. OROJI, Balal; KARIMI, Zainab Fallah; BAHRAMI, Hosain. Determine of Surface Water Quality Index in Iran. Journal Of Environment And Earth Science, Iran, v. 7, n. 2, p.53-63, out. 2017. Disponível em: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/download/35432/36449> . Acesso em: 16 out. 2018
8. SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, Nair Yumiko . Bibliometria, Cientometria, Infometria: Conceitos e Aplicações. Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação, 2009.
9. TIWARI, Sharad; BABBAR, Richa; KAUR, Gagandeep. Performance Evaluation of Two ANFIS Models for Predicting Water Quality Index of River Satluj (India. Advances In Civil Engineering, Índia, v. 2018, n. 1, p.1-10, 20 mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/8971079>. Acesso em: 10 out. 2018
10. YOUSEFI, Hossein; ZAHEDI, Sina. Modifying the analysis made by water quality index using multi-criteria decision making methods. Journal Of African Earth Sciences, África, v. 138, n. 1, p.309-318, fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.11.019>. Acesso em: 16 set. 2018.