

ANÁLISE SISTÊMICA SOBRE A MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA A QUALIDADE DA ÁGUA

MARALINA EVANGELISTA ARAUJO¹; SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO²;
LUANA NUNES CENTENO³

^{1,2,3} O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – marinhauaraujo@gmail.com¹;
samantaceconello@ifsul.edu.br²; luanacenteno@ifsul.edu.br³

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para que todas as formas de vida na terra possam existir, porém, (MARTINS et al., 2022) este recurso vem sofrendo degradação em termos de qualidade. Esta degradação se dá principalmente em decorrência das atividades antrópicas relacionadas aos usos consuntivos da água, fazendo assim, com que haja uma demanda maior do que a disponibilidade hídrica existente (FORTES; BARROCAS; KLIGERMAN, 2022). Neste contexto, dentre os fatores antrópicos que mais influenciam a qualidade da água, tem-se o crescimento urbano desordenado, uma vez que este traz impactos negativos, como despejos domésticos e industriais sem o devido tratamento e que no fim do seu ciclo acabam sendo fontes pontuais de poluição (KOZAK; FERNANDES, 2018). Muitas vezes dependendo da hidráulica do manancial, estes contaminantes não ficam restritos apenas a área que recebe o lançamento dos resíduos, mas pode estender-se a toda a bacia hidrográfica (BH), comprometendo assim, toda a extensão e atividades existentes na mesma (AMORIM, 2019), uma vez que o manancial se torna incapaz de se autodepurar (ARAÚJO; ANDRADE, 2020).

Frente a isso, é preciso que ocorra o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e que estes ocorram de forma eficiente para auxiliar nas tomadas de decisões, buscando à conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos (PESSOA; ORRICO; LORDÊLO, 2018). Dentre as formas de se analisar a qualidade da água, tem-se os modelos matemáticos de qualidade da água, que em sua maioria auxiliam na criação de cenários, compostos pelos principais parâmetros da qualidade da água de um curso hídrico, como por exemplo, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e oxigênio dissolvido (OD) (MARTINS et al., 2022). Estes parâmetros normalmente são analisados, pois com o aumento da poluição, surge uma maior liberação de materiais orgânicos nos corpos d'água, o que faz com que se diminuam os teores de OD favorecendo a perda e ou a degradação da vida aquática (MICHELI et al., 2021).

Neste contexto, destaca-se que o principal objetivo da modelagem envolvendo parâmetros limnológicos da qualidade da água está relacionado a analisar e caracterizar a concentração máxima permissível de lançamento destes parâmetros frente à legislação vigente (ARAÚJO; ANDRADE, 2020). Buscando assim, identificar com antecedência a viabilidade do corpo d'água ultrapassar o limite para sua autodepuração (SPERLING, 2018). Sendo assim, observa-se que a empregabilidade dos modelos matemáticos de qualidade da água se torna fundamentais para a compreensão e gestão dos recursos hídricos (BAI et al., 2022). Contudo, existem diversos modelos matemáticos que são aplicados no estudo de qualidade da água o que torna extremamente importante a identificação dos principais modelos aplicados atualmente, antes de sua aplicação. Diante disso, este estudo objetivou realizar uma análise sistemática sobre a modelagem matemática aplicada à qualidade da água.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo empregou-se a primeira etapa do método Proknow-C de ENSSLIN et al. (2010), denominadas de seleção de portfólio bibliográfico. A seleção do portfólio consistiu na busca sistematizada de material científico na base de dados da Web of Science (WoS). A sistematização foi realizada pela definição de palavras-chave relacionadas ao tema em dois eixos. O primeiro eixo de buscas incorporou palavras relacionadas aos modelos matemáticos e o segundo eixo a qualidade da água. Utilizou-se a concatenação das palavras-chave do eixo 1 e eixo 2, no campo busca da base de dados WoS para o período de 2018 até 2022, selecionando apenas artigos científicos. A fase seguinte consistiu na seleção através da leitura dos artigos pré-selecionados. Posteriormente, realizou-se a exclusão dos artigos com títulos não alinhados. Então, realizou-se a leitura dos resumos dos artigos selecionados. Os artigos, cujos resumos não tratavam de modelagem matemática aplicada à qualidade da água, foram excluídos da análise. Na etapa da análise sistêmica, realizou-se a leitura dos artigos selecionados na íntegra com o intuito de identificar e verificar o que está sendo publicado atualmente sobre o tema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de busca dos artigos que tratavam do tema em questão, obteve-se 11.190 artigos científicos publicados em periódicos internacionais, os quais foram exportados para planilhas eletrônicas. Em seguida, fez-se uma leitura dos títulos destes estudos e observou-se que apenas 123 apresentavam títulos alinhados com o interesse da pesquisa, ou seja, que tratavam do uso da modelagem matemática empregada a qualidade da água. Destes, 53 possuíam resumos alinhados à pesquisa apenas 12 artigos estavam de fato conectados com o objetivo deste estudo. Neste contexto, destaca-se o estudo de BAI et al. (2022), que fez uma avaliação e revisão sistemática sobre a modelagem na qualidade da água. Neste estudo os autores trouxeram que os modelos amplamente utilizados incluem AQUATOX, CE-QUAL-W2, Delft3D, EFDC, MIKE e WASP que se concentram na simulação do transporte e destino dos poluentes, por meio dos parâmetros de qualidade da água em corpos d'água superficiais. Neste estudo fica evidente que os registros de publicações que estudam a qualidade da água usando CE-QUAL-W2, EFDC e MIKE ultrapassaram 10% após o ano de 2015. Os registros usando os outros três modelos foram geralmente mais de cinco por ano durante o mesmo período. Já com relação a aplicações mais recentes observa-se a utilização do CE-QUAL-W2 e EFDC e WASP.

Nota-se que estas seleções de modelo de qualidade da água normalmente são feitas tendo como base a adequação do modelo; a complexidade do modelo; a viabilidade de visualização do seu código fonte e a familiaridade do usuário. No entanto, a seleção de modelos pode depender da localização dos usuários, pois as preferências regionais nos modelos são evidentes e cada um utiliza o que melhor se encaixa nas suas pesquisas. Outro fator extremamente importante na modelagem matemática da qualidade da água é o atributo oxigênio dissolvido (OD). Diversos autores como ADNAN et al. (2022), utilizaram métodos de redes neurais, aprimorado pelo algoritmo híbrido firefly-particle swarm optimization (FFAPSO), para a estimativa precisa do OD. Contudo, observa-se uma dissimilaridade entre os métodos e suas capacidades preditivas.

Ao contrário do autor supracitado TORRES-BEJARANO, VERBEL-ESCOBAR E ATENCIA-OSÓRIO (2021), utilizaram-se de um método numérico para simular diferentes cenários através do modelo do Código de Dinâmica de Fluidos Ambiental, porém tendo como parâmetro principal o OD, para analisar a capacidade

do rio Sinú em assimilar as descargas de águas residuais. Em seus resultados conseguiram identificar que a capacidade assimilativa foi afetada principalmente pelo cenário em que a vazão do rio foi reduzida em 50%, fazendo com que parâmetros de qualidade da água ultrapassem os limites de referência estabelecidos pela legislação. Estes estudos como no Rio Sinú, auxiliam as autoridades ambientais competentes a avaliarem a capacidade de autodepuração de um rio nas atuais condições de vazão e a se anteciparem em relação aos locais que podem sofrer maior degradação. Assim, a modelagem poderá servir como uma ferramenta fundamental para o planejamento e implementação de programas de controle da poluição dos recursos hídricos (TORRES-BEJARANO; VERBEL-ESCOBAR; ATENCIA-OSORIO, 2021).

Outro modelo muito utilizado atualmente é o QUAL2Kw (JAMALIANZADEH et al., 2021), principalmente para avaliar a qualidade da água, uma vez que é baseado na simulação dos parâmetros OD e DBO₅, além de considerar o nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT). Este modelo em virtude da sua simplicidade de aplicação, pode ser utilizado como uma técnica de otimização e avaliação de precisão em diferentes situações. Porém, o seu código fonte não é aberto. Ao contrário do trabalho supracitado, TRACH et al. (2022), com o código disponível, estudaram qualidade da água do Western Bug River (Ucrânia) por meio da proposição de um índice de qualidade da água empregando a lógica fuzzy, essa lógica permite o uso da modelagem matemática permitindo simular situações que surgem e ocorrem em um ambiente incerto. A singularidade da lógica fuzzy é que ela permite que problemas ambientais complexos com inúmeras variáveis de entrada e interdependências complexas entre elas, sejam resolvidos. Neste mesmo viés, porém, utilizando redes neurais ZANONI, MAJONE e BELLIN (2022), assim como YANG et al. (2022), desenvolveram modelos matemáticos capazes de estimar e simular a realidade de parâmetros de qualidade da água.

Outra ferramenta que vem sendo empregada na estimativa da qualidade da água é o sensoriamento remoto (SR). No estudo de ABDELAL et al. (2022), eles empregaram imagens multiespectrais para avaliar as concentrações dos principais parâmetros de qualidade da água, em um corpo d'água localizado na Jordânia. O que foi extremamente válido, uma vez que o manancial em questão abrangeu uma área muito maior do que se fosse realizada a pesquisa por meio de coletas e análises laboratoriais. Isso foi possível, pois o SR apresenta um custo relativamente baixo e com base em dados de resolução moderada apresentaram desempenho satisfatório. SALAS et al. (2022), assim como ABDELAL et al. (2022), usaram modelos parecidos em seus estudos por sensoriamento remoto. Contudo no estudo de SALAS et al., (2022) foram mapeadas as mudanças espaço-temporais de OD no rio Little Miami, por meio de imagens Sentinel-2 de 10m. Posteriormente, neste estudo foram empregados algoritmos de aprendizado de máquina e suporte de vetores, para prever concentrações de OD usando preditores espectrais derivados das imagens de satélite.

4. CONCLUSÕES

Neste estudo fica evidente o uso de diversos modelos que auxiliam no controle e monitoramento da qualidade da água, inovando e aprimorando suas ferramentas para que se tenha uma gestão eficiente dos recursos hídricos. Contudo, observa-se que além de alguns modelos existentes, no qual não é possível abrir o código fonte, atualmente vem sendo aplicados junto a estes aprendizados de máquinas e sensoriamento remoto como forma de modelagem matemática.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Pró-reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação (PROPESP) do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas, pelo apoio e estrutura no projeto de pesquisa cadastrado na PROPESP: D12211221/124.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELAL, Q. *et al.* Assessment of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI for Small-Scale Inland Water Quality Modeling and Monitoring Based on Handheld Hyperspectral Ground Truthing. **Journal Of Sensors**, [S.L.], v. 2022, n. 1, p. 1-19, 20 jun. 2022.
- ADNAN, R. M. *et al.* Modeling Multistep Ahead Dissolved Oxygen Concentration Using Improved Support Vector Machines by a Hybrid Metaheuristic Algorithm. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 6, p. 1-23, 16 mar. 2022.
- AMORIM, J. E. L. de. **Análise ambiental integrada e os impactos decorrentes do uso e ocupação na microbacia do igarapé água boa do bom intento, boa Vista-RR.** 2019. 190 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geografia PPG em Geografia, Fortaleza, 2019.
- ARAÚJO, D. L. *et al.* Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Brazilian of Health Review**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 7301-7324, jan. 2020.
- BAI, Jing *et al.* Assessment and a review of research on surface water quality modeling. **Ecological Modelling**, [S.L.], v. 466, p. 1-13, abr. 2022.
- ENSSLIN, L. *et al.* **ProKnow-C: knowledge development process - constructivist.** Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. 2010.
- FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 20-34, 2020.
- JAMALIANZADEH, S. F. *et al.* Modeling DO and BOD5 Changes in the Dez River by Using QUAL2Kw. **Journal Pollution**, S.I., v. 8, n. 1, p. 15-35, jan. 2022.
- KOZAK, C. FERNANDES, C. V. S. Avaliação da qualidade da água em rios sob influência de processos difusos de poluição. **In: I simpósio do programa de pós-graduação em engenharia de recursos hídricos e ambiental.** 2018.
- MARTINS, N. do N. *et al.* Modelos matemáticos de tratamento de qualidade da água. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 1-17, 1 jul. 2022.
- MICHELI, C. de M. *et al.* Utilização do modelo matemático de *streeter-phelps* de oxigênio dissolvido aplicado na qualidade da água do rio quilombo na região oeste catarinense. **Anais de Engenharia Química**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 166 - 187, mar. 2022.
- Pessoa, J. O. ORRICO, S. R. M., LORDÊLO, M. S. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. n. 23, 687-696. mar. 2018.
- SALAS, E. A. L. *et al.* Potential of mapping dissolved oxygen in the Little Miami River using Sentinel-2 images and machine learning algorithms. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, [S.L.], v. 26, p. 1-14, abr. 2022.
- TORRES-BEJARANO, F. M., VERBEL-ESCOBAR, M., ATENCIA-OSORIO, M. C. Water quality model-based methodology to assess assimilative capacity of wastewater discharges in rivers. **Global Journal of Environmental Science and Management: v.4 n.8, 449-472.** mar. 2022.
- TRACH, R. *et al.* A Study of Assessment and Prediction of Water Quality Index Using Fuzzy Logic and ANN Models. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 9, p. 1-19, mai. 2022.
- YANG, Z. *et al.* Inner Dynamic Detection and Prediction of Water Quality Based on CEEMDAN and GA-SVM Models. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 14, n. 7, p. 1-17, abr. 2022.
- ZANONI, M. G.; MAJONE, B. B.; BELLIN, A. A catchment-scale model of river water quality by Machine Learning. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 838, n. 3, p. 1-16, set. 2022.