

MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO O *SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOLS PLUS (SWAT+)*: UMA PERSPECTIVA BIBLIOMÉTRICA

BRUNO DA SILVA TEIXEIRA¹; JUAN CARLOS JARDIM SOARES²; LUANA NUNES CENTENO³; SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO⁴

¹⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Câmpus Pelotas - bruno.s.teixeira27@gmail.com¹; samantacecconello@ifsul.edu.br⁴
²³ Universidade Federal de Pelotas - juansoares2009@gmail.com²; luananunescenteno@gmail.com³

1. INTRODUÇÃO

Manter os corpos hídricos com a qualidade adequada para a sobrevivência dos seres vivos, pode ser considerado um dos maiores desafios que a humanidade pode enfrentar no século XXI (YUAN; SINSHAW; FORSHAY, 2020). A deterioração da qualidade da água pode ser afetada por diversos fatores, sejam eles naturais ou antrópicos, como as mudanças no uso e cobertura da terra, lançamento de resíduos sólidos e esgotos diretamente nos mananciais, assim como no solo, dentre outros (PALANSOORIYA et al., 2019). Em circunstâncias ideais, estratégias para melhorar as condições da qualidade da água devem ser realizadas em escalas de bacia hidrográfica, pois os contaminantes podem ser oriundos tanto de fontes pontuais como de fontes difusas (SABY et al., 2021). Contudo, implementar estas estratégias pode se tornar um desafio extremamente complexo, caro e longo (LOTHROP et al., 2018). Por isso, o desenvolvimento de estudos, tecnologias e ferramentas que auxiliam os comitês de bacias hidrográficas, entidades às quais estão associadas ou ainda ao Poder Público, no planejamento e gestão para a conservação da qualidade da água, são fundamentais para a conservação e preservação da qualidade dos corpos hídricos e do meio ambiente (CHEN et al., 2020).

Dentre as diversas ferramentas que vem auxiliando nas estratégias para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, têm-se o modelo *Soil And Water Assessment Tools* (SWAT) (KHOURY; BOITHIAS; LABAT, 2023). O SWAT é um modelo hidrológico semi distribuído, complexo que foi desenvolvido pela USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) em conjunto com a Universidade do Texas A&M, com a finalidade de monitorar e prever os impactos das mudanças ambientais que as atividades humanas podem causar. O SWAT é atualmente apresentado na sua versão denominada *SWAT+ (Soil and Water Assessment Tool Plus)*. O SWAT+ vem sendo amplamente utilizado em vários estudos sobre recursos hídricos e para a qualidade das águas, pois ele pode ser considerado uma ferramenta eficiente, confiável e consolidada para auxiliar na simulação de diferentes cenários e prever estratégias para gestão e conservação do solo e da água (HER; JEONG, 2018).

Pesquisadores de diversos países e instituições internacionais e nacionais produzem conteúdo científico usando a ferramenta SWAT+, sendo que de acordo com GASSMAN et al. (2007), cerca de 250 publicações sobre este tema foram encontradas em sua revisão no ano de 2007, mas desde então o uso da ferramenta SWAT+, tem crescido bastante e conseqüentemente isso levou o seu uso a diferentes ambientes, realidades e níveis complexos de estudo. Com isso, encontrar meios de verificar os principais estudos e autores, além de identificar as lacunas de pesquisa, têm se tornado importante para criar oportunidades para

novos estudos com a utilização da ferramenta SWAT+ (BEZAK et al., 2021). Logo, análises bibliométricas são uma alternativa para auxiliar a sumarizar informações em relação a uma determinada área de estudo, verificar sua implementação ou como as tendências de pesquisa estão se comportando, auxiliando na sugestão de lacunas, para pesquisadores poderem explorar o tema futuramente (ABIDEEN; MOHAMAD; FERNANDO, 2020). Sendo assim, este estudo objetivou analisar a produção científica internacional acerca da modelagem da qualidade da água através da utilização do modelo SWAT+, possibilitando uma maior compreensão das características dos trabalhos publicados nos últimos 5 anos.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho, foi adaptada do estudo realizado por VOLMAR (2022). A presente pesquisa obedeceu às seguintes etapas: busca dos dados sobre o tema na base de dados da Web of Science, importação dos dados para planilhas eletrônicas, tratamento dos dados para análise bibliométrica, produção de gráficos e interpretação dos resultados. A base de dados selecionada para a análise foi a coleção principal do Web of Science (WoS), no período de 2018 a 2023, esta decisão foi tomada pois esta base pode ser considerada uma das mais importantes bases de dados do mundo, ao conter dezenas de milhões de registros bibliográficos das principais fontes da atualidade (MALANSKI; DEDIEU; SCHIAVI, 2021; LÓPEZ-BELMONTE et al., 2020). O acesso à plataforma só é possível através de um serviço pago de assinatura. O IFSUL – Câmpus Pelotas, possui um sistema de assinatura, através do sistema CAFE de Periódico da CAPES, logo foi possível acessar este banco de dados com login de matrícula do IFSUL, de forma gratuita.

O tema desta pesquisa foi definido como: modelagem da qualidade da água através do modelo SWAT+. Para a realização desta pesquisa, utilizou-se a base de dados Web of Science no dia 24 de abril de 2023. Foi adotado o filtro "tipo documento", selecionando as opções artigos e artigos de revisão; no campo de pesquisa foi utilizado dois eixos de palavras-chaves: ("SWAT+" OR "Soil and Water Assessment Tool" OR "SWAT") foram utilizadas como eixo 1 e as palavras-chaves ("water quality" OR "surface water") como eixo 2, sendo que as palavras-chaves que foram utilizadas para a busca nas bases de dados foram a compilação dos eixos 1 e 2, sendo elas: (("SWAT+" OR "Soil and Water Assessment Tool" OR "SWAT") AND ("water quality" OR "surface water")). Após a pesquisa com as palavras-chave, realizou-se o download do arquivo contendo todas as informações referentes às publicações selecionadas. Após a obtenção do arquivo no formato .csv da base de dados, os dados foram abertos em planilha eletrônica e realizou-se a leitura dos títulos e resumos, com a finalidade de confirmar se os artigos selecionados estavam alinhados com o tema de pesquisa. Excluiu-se os artigos com título e resumo que não estavam alinhados com o tema. De posse do arquivo contendo somente os artigos alinhados com o tema de pesquisa, foi realizada a concatenação dos títulos para que fosse possível realizar uma nova busca na base de dados somente com os artigos alinhados, pois assim as métricas foram obtidas diretamente da plataforma de dados WoS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos na pesquisa inicial da WoS, foram encontrados inicialmente 963 resultados para a pesquisa com as palavras-chave definidas e com os filtros aplicados. Quanto ao alinhamento do título e do resumo ao tema de pesquisa, foi identificado que dos 963 artigos, 446 artigos não estavam

alinhados com a pesquisa. Após a exclusão dos artigos que não estavam alinhados com a pesquisa, foi possível obter as métricas diretamente da plataforma WoS. Com relação as áreas de publicação, percebeu-se que a Environmental Sciences ou ciências ambientais foi a área que apresenta maior número de publicações científicas sobre a temática da pesquisa (32,7%), em segundo lugar aparece a área de Water Resources ou recursos hídricos (28,3%), Engineering ou Engenharia (11,4%) e Geology ou Geologia (8,9%), também pode-se visualizar outras áreas como Agriculture ou Agricultura (5,0%), Science Technology ou Ciências Tecnológicas (3,2%), Computer Science ou Ciências Computacionais (1,8%), Metrologic Atmospheric Sciences ou Ciências Atmosféricas Meteorológicas (1,6%) e Marine Freshwater Biology (1,2%) dentre outras áreas que representam pequenas porções das publicações na WoS. A predominância da área das ciências ambientais não é surpreendente, considerando que o modelo SWAT+ é amplamente utilizado em estudos hidrológicos e ambientais. Além disso, as ciências ambientais são interdisciplinares e atraem diversas outras áreas científicas, como ecologia, química e física. E o estudo dessas ciências está diretamente relacionado aos potenciais impactos que os seres humanos podem causar ao meio ambiente (CHENG; HWANG; CHEN, 2019).

As principais revistas procuradas para publicação sobre esta temática foram as revistas Water (132), Science of The Total Environment (82), Journal of Hydrology (71), Sustainability (35) e Environmental Modeling Software (27), todas de alto fator de impacto. Como principais afiliações dos autores correspondentes aparecem a United States Department of Agriculture USDA (74), Chinese Academy of Sciences (61), Texas A M University System (60), Beijing Normal University (46), Texas A&M University College Station (44) aparecem nas primeiras cinco posições na plataforma Web of Science. É possível observar que a maioria dos autores correspondentes estão associados aos órgãos que desenvolveram o modelo SWAT+, sendo eles a Texas A&M University e o United States Department of Agriculture USDA. É relevante observar a presença proeminente de organizações chinesas, que se aproximam em número de afiliações aos órgãos desenvolvedores do modelo SWAT+. Este fato ressalta o investimento em pesquisas científicas na área de modelagem da qualidade da água por parte da China e de seus pesquisadores nos últimos cinco anos, equiparando-se em quantidade aos órgãos americanos.

Com relação aos principais autores associados às publicações encontram-se Srinivasan, R. (27), Bailey, R.T. (22), Shen ZY (20), Arnold, J.G. (17), Chen L. (15). Srinivasan, R. aparece como o principal autor, pois atua em diversas instituições indianas de pesquisa e na Texas A&M University. Isso demonstra que Srinivasan, R. se tornou um elo importante na rede de pesquisas e apoio para outros pesquisadores em países em desenvolvimento como a Índia e África do Sul. Vale notar que no ranking dos principais autores associados às publicações, os autores Shen, Z. e Chen L. são de nacionalidade chinesa e atuam em instituições chinesas, sendo o autor Shen, Z. professor da Beijing Normal University, uma das instituições que aparecem com maior número de autores correspondentes. O autor Arnold, J.G. aparece em 3º lugar, isso aliado ao fato de o mesmo ser o engenheiro agrônomo responsável pelo SWAT+ na USDA e um dos responsáveis pelo desenvolvimento do modelo SWAT+, o que demonstra também ser um importante elo na rede de pesquisadores. Por fim, com relação ao crescimento do número de publicações ao longo dos anos, verificou-se que em 2018, foram identificados 81 artigos; em 2019, foram 93; em 2020, foram 95; em 2021, foram 96. No ano de 2022, houve um aumento significativo, totalizando 109 artigos, e até a data em que foi realizada a

pesquisa para o ano de 2023, foram encontrados 43 artigos. Este crescimento no número de publicações revela um interesse crescente da comunidade científica em produzir trabalhos relacionados à temática pesquisada.

4. CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou identificar os principais autores e instituições envolvidas com os estudos sobre a modelagem da qualidade da água utilizando o SWAT+, bem como, as principais revistas e áreas de pesquisas em que a temática é mais relevante. Pode-se ainda verificar que as pesquisas sobre a modelagem da qualidade da água ainda são incipientes em países em desenvolvimento como o Brasil. Recomenda-se que pesquisas subsequentes explorem aspectos adicionais através da análise sistêmica, considerando diferentes variáveis e expandindo a análise dessa temática.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- YUAN, L.; SINSHAW, T.; FORSHAY, K. J. Review of Watershed-Scale Water Quality and Nonpoint Source Pollution Models. **Geosciences**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 25, 11 jan. 2020.
- PALANSOORIYA, K. N. et al. Occurrence of contaminants in drinking water sources and the potential of biochar for water quality improvement: a review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, [S.L.], v. 50, n. 6, p. 549-611, 26 jun. 2019.
- SABY, L. et al. Nonpoint Source Water Quality Trading outcomes: landscape-scale patterns and integration with watershed management priorities. **Journal of Environmental Management**, [S.L.], v. 294, p. 112914, set. 2021.
- LOTHROP, N. et al. Optimal strategies for monitoring irrigation water quality. **Agricultural Water Management**, [S.L.], v. 199, p. 86-92, fev. 2018.
- CHEN, B. et al. The Regional Hydro-Ecological Simulation System for 30 Years: a systematic review. **Water**, [S.L.], v. 12, n. 10, p. 2878, 16 out. 2020.
- KHOURY, I A.; BOITHIAS, L.; LABAT, D.. A Review of the Application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) in Karst Watersheds. **Water**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 954, 1 mar. 2023.
- HER, Y.; JEONG, J.. SWAT+ versus SWAT2012: comparison of sub-daily urban runoff simulations. **Transactions of the Asabe**, [S.L.], v. 61, n. 4, p. 1287-1295, 2018. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- GASSMAN, P. W. et al. The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications, and future research directions. **Transactions of the Asabe**, [S.L.], v. 50, n. 4, p. 1211-1250, 2007. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- BEZAK, N. et al. Soil erosion modelling: a bibliometric analysis. **Environmental Research**, [S.L.], v. 197, p. 111087, jun. 2021.
- ABIDEEN, A. Z.; MOHAMAD, F. B.; FERNANDO, Y.. Lean simulations in production and operations management – a systematic literature review and bibliometric analysis. **Journal of Modelling in Management**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 623-650, 14 set. 2020.
- VOLMAR, L.. **Segurança hídrica: análise bibliométrica da produção científica global e brasileira**. 2022. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- MALANSKI, P. D.; DEDIEU, B.; SCHIAVI, S. Mapping the research domains on work in agriculture. A bibliometric review from SCOPUS database. **Journal of Rural Studies**, [S.L.], v. 81, p. 305-314, jan. 2021.
- LÓPEZ-BELMONTE, J. et al. Robotics in Education: a scientific mapping of the literature in Web of Science. **Electronics**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 291, 26 jan. 2021.
- CHENG, S.C; HWANG, G.J.; CHEN, C.H. From reflective observation to active learning: a mobile experiential learning approach for environmental science education. **British Journal of Educational Technology**, [S.L.], v. 50, n. 5, p. 2251-2270, 2 jul. 2019.