Panorama científico global sobre mecanismos de tratamento de água: uma análise bibliométrica aplicada à educação ambiental, saúde pública e sustentabilidade hídrica

Janaína da Silva Costa[1]*, Agnes Cristina Oliveira Mafra[2], William Costa e Silva[2]

[1]Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá-AM, Brasil.
[2]Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Várzea Grande-MT, Brasil.
*E-mail para correspondência: janaina.ufam@gmail.com

A água constitui um recurso natural indispensável à manutenção da vida e ao desenvolvimento das atividades humanas, estando diretamente associada à saúde pública, à produção industrial, ao desenvolvimento econômico e à sustentabilidade ambiental. Apesar de aproximadamente 70% da superfície terrestre ser composta por água, apenas cerca de 2,5% corresponde à água doce, sendo menos de um terço desse percentual efetivamente disponível para consumo humano, fator que reforça a necessidade de preservação dos recursos hídricos e ampliação dos sistemas de tratamento de água. Nas últimas décadas, o crescimento populacional, a expansão urbana, a industrialização acelerada e as mudanças climáticas intensificaram a pressão sobre os recursos hídricos, agravando problemas relacionados à escassez, poluição e comprometimento da qualidade da água. O lançamento inadequado de resíduos domésticos, industriais e agrícolas em corpos hídricos contribui significativamente para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, favorecendo a disseminação de doenças de veiculação hídrica e impactando diretamente a qualidade de vida da população. Nesse contexto, os mecanismos de tratamento de água assumem papel estratégico não apenas na preservação ambiental, mas também na promoção da saúde pública, na redução das desigualdades sociais e no fortalecimento das políticas de saneamento básico. Além disso, compreender como a produção científica mundial vem abordando essa temática permite identificar tendências tecnológicas, lacunas de pesquisa e oportunidades de aplicação prática, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica internacional relacionada aos mecanismos de tratamento de água, utilizando o software R na interface RStudio e o pacote Bibliometrix, buscando identificar os países com maior relevância científica, as principais tendências temáticas, a evolução temporal das pesquisas e possíveis contribuições aplicáveis à realidade brasileira. A pesquisa caracteriza-se como exploratória, descritiva e quantitativa, fundamentada em técnicas bibliométricas voltadas à análise da produção científica internacional. O levantamento bibliográfico foi realizado no dia 03 de março de 2022, utilizando a base de dados Web of Science (WoS), disponível por meio do Portal de Periódicos da CAPES. A escolha da base ocorreu em função de sua ampla cobertura multidisciplinar e relevância científica internacional. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave em inglês: “water treatment”, “water supply”, “water quality”, “water potability” e “public health”. A estratégia de busca aplicada foi: (ALL=("water treatment") OR ALL=("water supply") OR ALL=("water quality") OR ALL=("water potability")) AND ALL=("public health") AND ALL=(WATER). Como critérios de inclusão, foram considerados artigos científicos indexados na Web of Science, publicados em periódicos revisados por pares e relacionados diretamente aos mecanismos de tratamento de água, abastecimento hídrico, qualidade da água e saúde pública. Foram excluídos documentos duplicados, trabalhos sem aderência temática e produções que não correspondiam à tipologia de artigo científico. O recorte temporal contemplou todas as publicações disponíveis até março de 2022, permitindo avaliar a evolução histórica das pesquisas relacionadas ao tratamento de água e sustentabilidade hídrica.

Após a coleta, os dados foram exportados em formato compatível com o software RStudio e processados por meio do pacote Bibliometrix, ferramenta amplamente utilizada em estudos bibliométricos para análise estatística e visualização científica. As análises contemplaram indicadores relacionados à produção científica anual, frequência de palavras-chave, países com maior produção científica, distribuição geográfica das pesquisas e identificação de tendências temáticas associadas ao tratamento de água. Além disso, foram elaborados mapas bibliométricos e análises comparativas entre países, buscando compreender a relação entre desenvolvimento científico, infraestrutura sanitária e gestão dos recursos hídricos. Os resultados evidenciaram crescimento progressivo da produção científica relacionada aos mecanismos de tratamento de água ao longo das últimas décadas, demonstrando aumento da preocupação global com segurança hídrica, sustentabilidade ambiental e saúde pública. A análise bibliométrica revelou predominância de publicações oriundas dos Estados Unidos, China e Canadá, países que concentram elevados investimentos em infraestrutura sanitária, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas voltadas à gestão eficiente dos recursos hídricos. Esse cenário evidencia forte relação entre desenvolvimento científico, disponibilidade de recursos financeiros e fortalecimento das políticas públicas de saneamento. Em contrapartida, o Brasil apresentou participação científica reduzida quando comparado aos países de maior destaque internacional, sugerindo limitações relacionadas ao investimento em pesquisa, inovação tecnológica e universalização do saneamento básico. As análises relacionadas às palavras-chave mais frequentes demonstraram predominância de termos associados à qualidade da água, sustentabilidade hídrica, abastecimento urbano, saneamento básico, tecnologias de tratamento e saúde pública. Observou-se também forte associação entre os estudos sobre tratamento de água e temas emergentes, como mudanças climáticas, segurança hídrica e desenvolvimento sustentável, indicando ampliação temática da área nos últimos anos. Os mapas de produção científica evidenciaram elevada concentração das pesquisas em países da América do Norte, Europa e Ásia, refletindo maior maturidade científica e tecnológica dessas regiões no setor hídrico. Tal concentração demonstra a necessidade de fortalecimento da pesquisa científica em países latino-americanos, especialmente em contextos marcados por desigualdades estruturais relacionadas ao acesso à água tratada e ao saneamento básico. Outro aspecto relevante identificado refere-se à relação entre deficiência nos sistemas de tratamento de água e ocorrência de doenças de veiculação hídrica, como cólera, febre tifoide, giardíase, amebíase, hepatites virais e leptospirose, especialmente em regiões com infraestrutura sanitária limitada. Os resultados reforçam que os mecanismos de tratamento de água ultrapassam uma dimensão exclusivamente tecnológica, assumindo papel estratégico na promoção da saúde coletiva e da qualidade de vida da população. Observou-se ainda crescente utilização de tecnologias avançadas nos sistemas de tratamento de água, incluindo processos de filtração por membranas, monitoramento automatizado, técnicas de reaproveitamento hídrico e sistemas inteligentes de controle da qualidade da água, demonstrando a evolução tecnológica da área e sua relação com os desafios ambientais contemporâneos. Além disso, verificou-se que o uso do software R associado ao pacote Bibliometrix mostrou-se eficiente para organização, processamento e interpretação dos dados científicos, possibilitando ampla visualização das tendências de pesquisa relacionadas à temática. A utilização das técnicas bibliométricas permitiu identificar padrões científicos, áreas emergentes de investigação e relações entre os países com maior impacto na produção científica relacionada ao tratamento de água. Os resultados obtidos evidenciam que o desenvolvimento científico na área hídrica possui forte relação com investimentos governamentais em ciência, tecnologia e infraestrutura sanitária, reforçando a necessidade de fortalecimento das políticas públicas de saneamento e incentivo à pesquisa científica no Brasil. Dessa forma, conclui-se que a produção

científica mundial relacionada aos mecanismos de tratamento de água encontra-se em constante expansão, impulsionada principalmente pelas preocupações globais associadas à qualidade da água, crescimento populacional, mudanças climáticas e sustentabilidade dos recursos hídricos. Os resultados demonstraram que países como Estados Unidos, China e Canadá concentram grande parte da produção científica mundial na área, refletindo elevados investimentos em pesquisa, inovação tecnológica e infraestrutura de saneamento. Em contrapartida, o Brasil ainda apresenta participação científica limitada quando comparado aos países de maior destaque internacional, evidenciando a necessidade de ampliação dos investimentos em pesquisa, fortalecimento das políticas públicas de saneamento e incentivo à formação interdisciplinar voltada à educação ambiental e ao ensino de Ciências. Por fim, destaca-se que os mecanismos de tratamento de água possuem importância estratégica não apenas sob a perspectiva tecnológica, mas também social, ambiental e sanitária, contribuindo diretamente para a promoção da saúde pública, sustentabilidade ambiental e universalização do acesso à água de qualidade.

Palavras-chave: Bibliometria, recursos hídricos, saneamento básico, saúde pública, tratamento de água.