

TENDÊNCIAS GLOBAIS DE PESQUISAS SOBRE O REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA AGRICULTURA A PARTIR DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

GLOBAL RESEARCH TRENDS ABOUT WASTEWATER REUSE IN AGRICULTURE BASED ON BIBLIOMETRIC ANALYSIS
TENDENCIAS MUNDIALES DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA
AGRICULTURA A PARTIR DEL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

RESUMO

A crescente escassez de recursos hídricos e a necessidade de práticas agrícolas sustentáveis têm impulsionado o interesse no reúso de águas residuárias na agricultura. O objetivo deste estudo foi realizar a revisão bibliométrica de publicações científicas voltadas à investigação sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, no período que compreende os anos entre 1974 e 2023. Utilizou-se a análise bibliométrica de publicações na base de dados Scopus e discutiu-se a quantidade de artigos publicados por ano, tipo de documentos, áreas de concentração, distribuição global por países, filiações, patrocinador financiador, periódicos e a criação da rede bibliométrica das palavras-chave e dos principais autores. Para realizar o mapeamento científico e avaliar indicadores bibliométricos, utilizaram-se os softwares VOSviewer® e R Studio® com extensão do pacote estatístico Bibliometrix e Biblioshiny. Os resultados sinalizam a seleção de 256 artigos com o primeiro publicado em 1974 e que o ano de maior pico foi 2021 totalizando 21 artigos publicados. No ranking dos países que mais publicaram, os Estados Unidos ocupam a liderança, seguido da Austrália, Índia e China. O periódico de maior relevância foi *Water Science and Technology* com 58 artigos publicados. A revisão bibliométrica não apenas traçou a trajetória da pesquisa, mas também serviu como um guia para impulsionar futuras investigações. Essa compreensão aprofundada é importante para moldar políticas públicas, práticas agrícolas e inovações tecnológicas promovendo o uso sustentável de águas residuárias na agricultura em todo o mundo.

Palavras-chave: Bibliometria. Irrigação. Recursos Hídricos. Reutilização de Água.

ABSTRACT

The increasing scarcity of water resources and the need for sustainable agricultural practices have driven interest in the wastewater reuse in agriculture. The objective of this study was to carry out a bibliometric review of scientific publications focused on research into the reusing of wastewater in agriculture, in the period between 1974 and 2023. Bibliometric analysis of publications in the Scopus database was used and the number of articles published per year, type of documents, areas of concentration, global distribution by countries, affiliations, financing sponsor, periodicals and the creation of the bibliometric network for keywords and main authors were discussed. To carry out scientific mapping and evaluate bibliometric indicators, the softwares VOSviewer® and R Studio® were used with an extension to the Bibliometrix and Biblioshiny statistical packages. The results indicate the selection of 256 articles with the first published in 1974 and that the year with the highest peak was 2021, totaling 21 articles published. In the ranking of countries that published the most, the United States occupies the lead, followed by Australia, India and China. The most relevant journal was *Water Science and Technology* with 58 articles published. The bibliometric review not only traced the trajectory of the research, but also served as a guide and to boost future investigations. This in-depth understanding is important for shaping public policies, agricultural practices and technological innovations promoting the sustainable use of wastewater in agriculture around the world.

 Oswaldo Palma Lopes Sobrinho ^a
 Leonardo Nazário Silva dos Santos ^b
 Marconi Batista Teixeira ^c
 Frederico Antonio Loureiro Soares ^d

^a Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, Brasil

^b Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, Brasil

^c Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, Brasil

^d Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2024.80390

Correspondência:

engenheiroswaldopalma@gmail.com

Recebido em: 26 nov. 2023

Revisado em: 06 dez. 2023

Aceito em: 12 jun. 2024





Keywords: Bibliometrics. Irrigation. Water Resources. Water Reuse.

RESUMEN

La creciente escasez de recursos hídricos y la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles han impulsado el interés en la reutilización de aguas residuales en la agricultura. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión bibliométrica de publicaciones científicas enfocadas a la investigación sobre la reutilización de aguas residuales en la agricultura, en el período comprendido entre 1974 y 2023. Se utilizó el análisis bibliométrico de las publicaciones en la base de datos *Scopus* y se discutió el número de artículos publicados por año, tipo de documentos, áreas de concentración, distribución global por países, afiliaciones, patrocinador de financiamiento, publicaciones periódicas y la creación de la red bibliométrica autores principales. Para realizar el mapeo científico y evaluar indicadores bibliométricos se utilizó el software VOSviewer® y R Studio®. Los resultados indican la selección de 255 artículos siendo el primero publicado en 1974 y que el año con mayor pico fue 2021, totalizando 21 artículos publicados. En el ranking de países que más publicaron, Estados Unidos ocupa el primer lugar, seguido de Australia, India y China. La revista más relevante fue *Water Science and Technology* con 58 artículos publicados. La revisión bibliométrica no sólo trazó la trayectoria de la investigación, sino que también sirvió como guía e impulso para futuras investigaciones. Esta comprensión profunda es importante para dar forma a las políticas públicas, las prácticas agrícolas y las innovaciones tecnológicas que promueven el uso sostenible de las aguas residuales en la agricultura en todo el mundo.

Palabras Clave: Bibliometría. Irrigación. Recursos Hídricos. Reutilización del Agua.



INTRODUÇÃO

Uma das questões iminentes e preocupantes que a humanidade tem enfrentado no século XXI é a escassez de recursos hídricos (TAYYAB; ABRAS; HUSSAIN, 2022). O setor agrícola é o que mais demanda grandes quantidades de água no mundo, sendo afetado por essa crise hídrica (BROWN; MAHAT; RAMIREZ, 2019; NOVA, 2023). Com isso, o reúso de águas residuárias na agricultura surge como alternativa propícia para atender às crescentes demandas da agricultura e os desafios enfrentados de escassez de água e gestão sustentável de resíduos.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS6) da Organização das Nações Unidas (ONU) evidencia a valorização de reciclar águas residuárias visando assegurar o acesso à água limpa e saneamento básico para todas as pessoas. Neste viés, espera-se como meta até 2030 melhorias no que se diz respeito à qualidade da água nos corpos hídricos, com a redução da poluição, reduzir despejos e diminuir o lançamento de materiais e substâncias que são tidas como perigosas, além de redução do lançamento de efluentes que não são tratados, aumentando a reciclagem e reúso seguro localmente (ONU BRASIL, 2022).

O crescimento populacional em constante expansão tem impulsionado aumento na demanda dos setores que envolve a produção de alimentos, fibras e biomassa, que por sua vez, intensifica a pressão sobre os já limitados recursos hídricos em diversas regiões (FUSSY; PAPENBROCK, 2019; WANG *et al.*, 2023). Simultaneamente, grandes quantidades de águas residuárias são geradas por atividades industriais e urbanas das quais muitas são tratadas ou descartadas inadequadamente, resultando em poluição e efeitos ambientais negativos (MAJA; AYANO, 2021; KUSNIEREK *et al.*, 2023).

A prática de reutilização de águas residuárias na agricultura é enfatizada como uma estratégia inovadora e sustentável que envolve a utilização deliberada em processos domésticos, industriais ou urbanos após tratamento adequado para fins agrícolas (AMUAH; BOADU; NANDOMAH, 2022; KARIĆ *et al.*, 2022; KOSEOGLU-IMER *et al.*, 2023). Algumas vantagens com essa prática podem ser mencionadas como: a conservação de recursos hídricos; redução da carga de poluentes nos corpos d'água e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis (MANCUSO *et al.*, 2021; MONTWEDI *et al.*, 2021; MAINARDIS *et al.*, 2022; ZAHOOR; MUSHTAQ, 2023).

Esta revisão bibliométrica elucidou tendências globais de pesquisas sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, abordando a evolução da produção científica, áreas principais de concentração, países e instituições líderes, financiadores, periódicos relevantes e análises de coocorrência de palavras-chave e autores. Além de investigar implicações agrônômicas e ambientais, a revisão evidenciou desafios para a implementação efetiva e prioridades de pesquisa. Essa análise abrangente das possibilidades de reúso visa



contribuir para uma agricultura sustentável, reforçando a segurança alimentar global e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

Estudos recentes demonstram de maneira convincente que a análise bibliométrica oferece informações importantes sobre as tendências no desenvolvimento de um campo científico específico (RANA, 2020; KIM; JEONG; CHUNG, 2021). A discussão dos indicadores bibliométricos teve início em meados do século XX, consolidando-se como uma ferramenta essencial para mapear e compreender a evolução das diversas áreas do conhecimento (MINGALEVA; CHERNOVA; MITROFANOVA, 2023).

Na agricultura, o reúso de águas residuárias ganhou reconhecimento como uma abordagem multifacetada que engloba preocupações relacionadas à disponibilidade de água e o gerenciamento sustentável de resíduos. Levando em consideração a utilização de água residuária previamente tratada para a irrigação e fertilização de culturas agrícolas, essa prática sustentável apresenta benefícios como: redução da pressão de fontes tradicionais de água doce (rios e aquíferos); nutrientes como nitrogênio e fósforo que servem como fonte de fertilização; melhoria dos atributos físicos e químicos do solo; redução nos custos de aquisição de água para a irrigação; e diminuição da carga de poluentes em corpos d'água, contribuindo para a saúde dos ecossistemas aquáticos e a qualidade da água (ROSEMARIN *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2021; KHAN *et al.*, 2022; AL-HAZMI *et al.*, 2023).

Não obstante a esses benefícios, apresentam-se como desafios técnicos e legislativos: a qualidade da água, os riscos de contaminação do solo e a saúde das plantas, que cuidadosamente necessitam ser monitorados e gerenciados. Soma-se ainda, a importância da aceitação pública, o cumprimento das leis e regulamentos para garantir a segurança alimentar e a proteção ambiental (DRECHSEL; QADIR; GALIBOURG, 2022; RADINI *et al.*, 2023).

Embora não haja uma legislação nacional específica no Brasil, o reúso de água é regulamentado por normas e legislações em diferentes níveis, visando a sustentabilidade e a segurança da saúde pública. Em determinadas regiões brasileiras existem legislações estaduais e normas sobre o tema (RODRIGUES; NEPOMUCENO; NAVAL, 2023). Além disso, as legislações internacionais oferecem parâmetros que podem ser usados como referência para a legislação brasileira (MOURA *et al.*, 2020; TZANAKAKIS; CAPODAGLIO; ANGELAKIS, 2023). Por ser uma questão global, é fundamental consultar as legislações específicas de cada localidade para entender os padrões de qualidade e as diretrizes para o reúso de águas residuárias.

Além da abordagem sobre os aspectos relacionados à conservação de recursos hídricos e sustentabilidade ambiental, o reúso de águas residuárias traz preocupações significativas relacionadas aos riscos associados à



segurança alimentar, qualidade dos produtos agrícolas e a saúde humana, devido à presença de contaminantes, que não devem ser subestimados (WÓJTOWICZ *et al.*, 2022; MUSCARELLA *et al.*, 2023). Sendo assim, é importante a implementação de regulamentações rigorosas, práticas de manejo adequadas e o monitoramento periódico para garantir que o reúso seja realizado de forma segura e sustentável.

As abordagens sobre o reúso de águas residuárias na agricultura podem variar amplamente entre regiões geográficas e culturas agrícolas. Diante dessa conjuntura, práticas agrícolas, disponibilidade de água, sistemas de tratamento e aceitação social podem ser determinados por fatores locais e culturais específicos como: clima, geografia, recursos hídricos locais, tecnologia, infraestrutura, culturas agrícolas, normas e regulamentações locais, aspectos sociais e culturais, participação da comunidade, economia e viabilidade financeira (CARVALHO *et al.*, 2022; NANDI; GONELA, 2022; ABBAS *et al.*, 2023; RASHID *et al.*, 2023).

É importante realizar estudos mais detalhados sobre as tecnologias de tratamento de água residuárias, incluindo discussões sobre métodos para tornar a água reutilizável, os custos associados a essas técnicas e a eficácia na remoção de contaminantes. Para tanto, o ambiente regulatório que inclui aspectos como: normas de qualidade da água, diretrizes de tratamento, zona de restrição, monitoramento e relatórios, certificação e licenciamento, restrições de cultivo e comunicação e educação pode variar de país para país e se refere a um conjunto de leis, políticas governamentais, regulamentos, diretrizes, padrões e normas estabelecidas pelos governos e órgãos reguladores para governar e controlar o uso seguro e sustentável para fins agrícolas (KRISHNAN *et al.*, 2022; ZULKIFLI *et al.*, 2022; HORTON, 2023).

O conhecimento sobre as transformações das mudanças climáticas, o crescimento populacional e a evolução das tecnologias podem ser úteis para a exploração de como o reúso de águas residuárias na agricultura se desenvolve no futuro, incluindo discussões sobre inovações em tratamentos, adaptações agrícolas e políticas emergentes (VALENCIA; ZHANG; CHANG, 2022; SHEIKH *et al.*, 2023; MÖSLINGER; ULPIANI; VETTERS, 2023).

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliométrica das publicações científicas voltadas à investigação sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, no período que compreende os anos entre 1974 e 2023.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Definição dos critérios de pesquisa

Empregou-se a pesquisa bibliográfica do tipo estado da arte com levantamento sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, em que se pretende mapear e analisar dados de pesquisas, pesquisadores novatos



e veteranos oportunizando a conexão com uma gama de estudos que beneficiarão a realização de pesquisas futuras (CRUZ; FERREIRA, 2023).

Posteriormente, utilizou-se a análise bibliométrica de cunho quantitativo, que com objetividade versa a realização de análises sobre determinado aspecto desejado. O conhecimento sobre estudos bibliométricos configura-se como importante recurso para a conferência do estado da arte de uma determinada área e sua expansão, assim como para demonstrar avanços no campo do conhecimento, núcleo central de periódicos, elite de pesquisadores, posições no ranking de instituições referente a produtividade, análises de tendências temáticas, metodológicas e conceituais (REZENDE; CARVALHO, 2022).

Base de dados

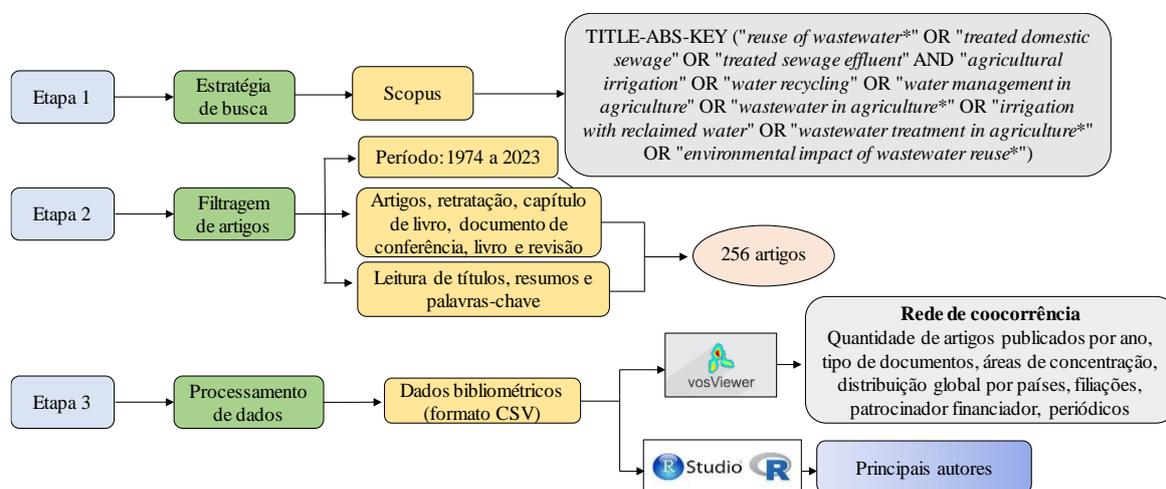
Os indicadores bibliométricos foram coletados na plataforma da base de dados Scopus, por meio do Acesso Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), do portal Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) disponível no endereço eletrônico <www.scopus.com>. A Scopus é uma das mais renomadas bases de dados e abrange variedade de disciplinas, vasta coleção de literatura revisada por pares, incluindo artigos de revistas científicas, conferências, livros, patentes e outros tipos de documentos acadêmicos, além de ser conhecida pela ampla cobertura global e inclusão de muitas revistas de alto impacto em diferentes áreas do conhecimento (ZHANG *et al.*, 2023). Em estudos bibliométricos sobre a agricultura e recursos hídricos, a base mais utilizada é a Scopus (KUMAR *et al.*, 2020; NGWENYA; BOSHOFF, 2020).

Estratégia de busca

Para a condução de uma pesquisa mais abrangente e precisa, optou-se investigar os documentos por meio da combinação de palavras-chave (DURÁN-SÁNCHEZ *et al.*, 2020). Na elaboração do conjunto de dados, utilizou-se operadores booleanos OR e AND, agregando complexidade e refinamento à análise. Após a realização de testes com as diferentes palavras-chave, utilizou-se a *string* de busca: TITLE-ABS-KEY ("reuse of wastewater*" OR "treated domestic sewage" OR "treated sewage effluent" AND "agricultural irrigation" OR "water recycling" OR "water management in agriculture" OR "wastewater in agriculture*" OR "irrigation with reclaimed water" OR "wastewater treatment in agriculture*" OR "environmental impact of wastewater reuse*").

Os procedimentos metodológicos empregados neste estudo são representados pelo fluxograma na Figura 1.

Figura 1 – Procedimentos metodológicos empregados na pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor.

Processamento de dados

A pesquisa foi limitada a publicações em inglês e sem restrições específicas quanto ao ano de publicação. Os termos de busca foram identificados nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos abrangendo até 2023 com o primeiro encontrado datado de 1974. O resultado foi uma amostra final composta por 256 artigos abordando sobre o reúso de águas residuárias na agricultura. As variáveis analisadas foram: a quantidade de artigos publicados por ano; tipo de documentos; áreas de concentração; distribuição global de publicações por países; filiações; patrocinador financiador e por periódicos, além da criação da rede bibliométrica das palavras-chave e dos principais autores.

Os dados bibliométricos foram exportados em um arquivo no formato CSV (valores separados por vírgula) e importados para o software VOSviewer[®] versão 1.6.17, permitindo o agrupamento e a realização de análises em rede de informações bibliométricas. A elaboração de mapas com base em dados de coocorrência entre os termos reflete *clusters* temáticos na área de estudo (MINGALEVAL; CHERNOVA; MITROFANOVA, 2023).

Os mapas gerados pelo VOSviewer[®] são compostos por “nós”, cujo tamanho está relacionado à quantidade de documentos que representam. Esses “nós” estão interligados por conexões, sendo que a proximidade entre eles indica uma relação mais estreita entre as características científicas nos documentos. A espessura das linhas de conexão entre os “nós” reflete o grau de associação entre as palavras-chave, sendo que linhas mais espessas indicam uma conexão mais robusta e os metadados das publicações tornam-se fontes de dados (ZHANG *et al.*, 2020).



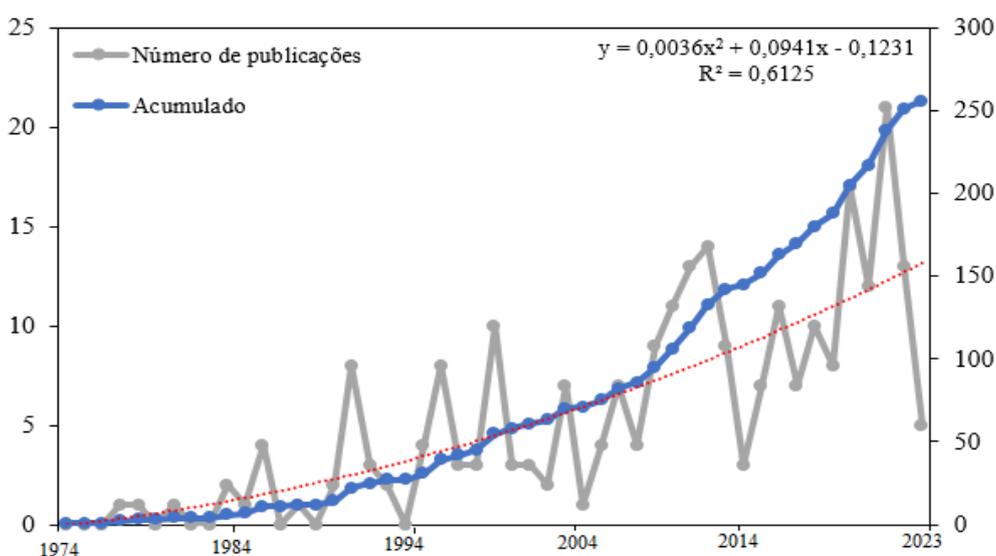
A organização dos dados bibliométricos foi conduzida por meio da aplicação do pacote estatístico Bibliometrix, que é uma ferramenta de código aberto, acessível na linguagem de programação estatística R Studio® é empregada para realizar análises abrangentes no mapeamento científico de publicações científicas (ARIA; CUCCURULLO, 2017). No ambiente R Studio®, os comandos Bibliometrix a seguir foram executados: "install.packages('bibliometrix')" para instalar a biblioteca de dados e códigos associados ao Bibliometrix; e "library('bibliometrix')", "biblioshiny()" para carregar a biblioteca e acessar as funcionalidades do Bibliometrix. A tabela de resultados das publicações científicas foi integrada ao pacote *Bibliometrix*, permitindo a análise detalhada de informações relacionadas à produção dos principais autores ao longo do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Evolução da produção científica

A Figura 2 apresenta uma análise da quantidade de artigos científicos sobre a reutilização de águas residuárias na agricultura, abrangendo o período entre 1974 e 2023. Os dados extraídos indicam a evolução ao longo dos anos no interesse científico sobre a temática em questão, ajustando-se ao modelo polinomial de segundo grau com R^2 de 0,6125.

Figura 2 – Quantidade de artigos científicos publicados sobre a reutilização de águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados obtidos da Scopus.

Em 1974, notou-se que apenas um artigo foi publicado, enquanto nos anos subsequentes ocorreram variações no número de publicações. A década de 1990 foi marcada por aumento significativo, destacando-se o ano de



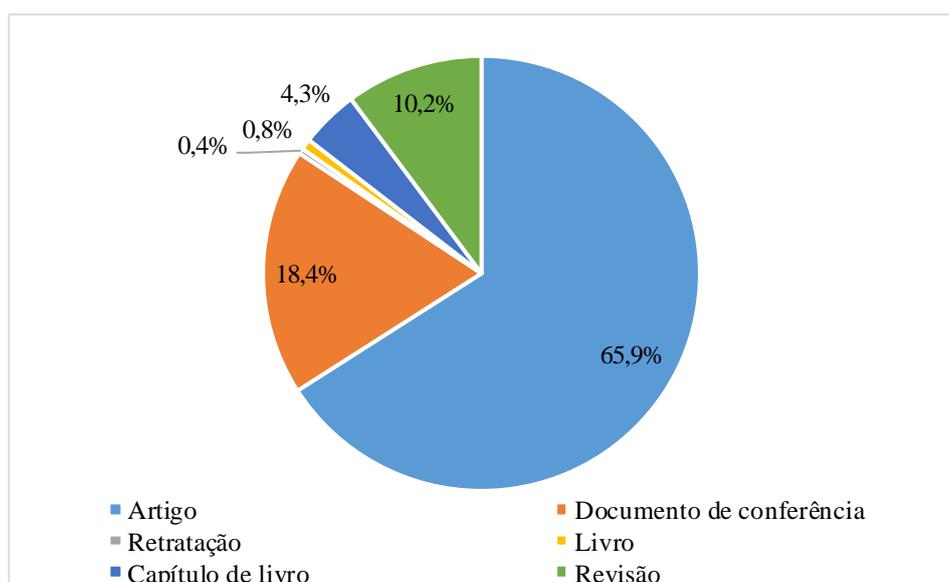
1999 totalizando dez publicações. A partir do início do século XXI, a quantidade de artigos científicos sobre a temática em questão manteve-se relativamente constante, alcançando o pico em 2019, com 17 publicações. O ano de 2021 foi particularmente produtivo, registrando 21 artigos. Até 2023, o total acumulado de artigos científicos sobre a reutilização de águas residuárias na agricultura atingiu 256, refletindo a crescente importância e interesse da comunidade acadêmica nesse campo específico de estudo.

Uma análise temporal revela não apenas a quantidade total de publicações, mas padrões e tendências ao longo das décadas, sendo possível identificar períodos de maior e menor produção acadêmica. Variações significativas no número de publicações podem estar relacionadas a eventos específicos, avanços tecnológicos, mudanças nas políticas ambientais ou outras influências externas (MILLER; CLAIR; ERFORD, 2022). Dessa forma, uma comparação de marcos importantes pode ser útil para relacionar dados com eventos.

Os anos marcados pela ausência ou redução significativa de publicações podem indicar períodos de menor ênfase na pesquisa ou até mesmo a necessidade de investigar se ocorreram mudanças nas condições socioeconômicas ou políticas públicas que afetam o interesse acadêmico. Não obstante, uma análise dos últimos anos pode fornecer informações sobre as projeções futuras e se a tendência de crescimento ou estabilidade se manterá nos próximos anos.

A Figura 3 apresenta a visão abrangente da quantidade total de publicações científicas relacionadas à reutilização de água residuária na agricultura considerando a segmentação por tipo de documento.

Figura 3 – Quantidade de publicações científicas sobre a reutilização de águas residuárias na agricultura segmentada por tipo de documento no período entre 1974 e 2023



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados obtidos da Scopus.



Os dados revelam que a maioria expressiva das publicações é composta por artigos representando 65,9% do total, e equivale a 169 artigos (Figura 3). Em seguida, os documentos de conferência apresentaram 18,4%, totalizando 47 publicações. Há também a presença de capítulos de livros, que representam 4,30%, somando 11 trabalhos. Os demais tipos de documentos, como livros, revisões e retratações são apresentados de maneira diversificada para o cenário de publicações sobre o tema, evidenciando a variedade de fontes de informação disponíveis nesse campo específico de pesquisa.

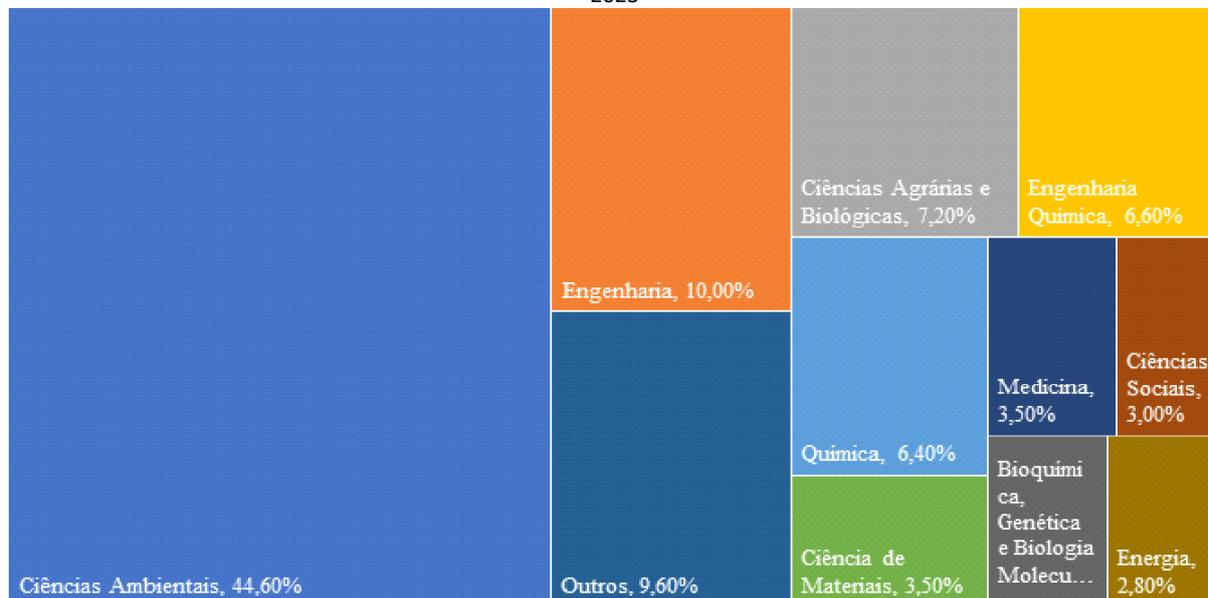
A predominância de artigos com percentual de 65,9% indica que a comunidade científica tem abordagem mais detalhada e específica sobre o tema, enquanto documentos de conferência, que correspondem a 18,4% sinalizam a participação ativa em eventos e compartilhamento de descobertas nesse contexto. A presença de capítulos de livro de 4,30% sugere a contribuição para obras mais abrangentes e aprofundadas sobre a reutilização de água residuária na agricultura (Figura 3). Essa análise complementar oferece feedbacks adicionais sobre a diversidade de formatos de publicações e as respectivas contribuições para o campo de estudo e que, segundo Maier *et al.* (2020) possibilitam identificar os temas populares entre os pesquisadores e determinar as principais áreas de pesquisa científica.

Principais áreas de concentração

A Figura 4 ilustra a abrangência temática nos estudos sobre a reutilização de águas residuárias na agricultura, durante o período de 1974 e 2023. Destacam-se as Ciências Ambientais como a área predominante, representando percentagem expressiva de 44,6% do total, com 114 artigos (Figura 4). A Engenharia contribui com 10% (26 documentos), a Ciências Agrárias e Biológicas com 7,2% (18 documentos) e a Engenharia Química com 6,6% (17 documentos). Outras áreas significativas incluem a Química com 6,4% com 16 documentos, Ciência de Materiais com 3,5% (9 documentos) e Medicina com 3,5% (9 documentos). Diversas áreas de concentração, como Ciências Sociais, Bioquímica, Genética e Biologia Molecular e Energia também apresentaram contribuições.

Estudos realizados por Serrano *et al.* (2020) e Mendoza *et al.* (2022), que visaram mostrar o estado da pesquisa global sobre o uso sustentável de águas residuais na agricultura e tecnologias ambientalmente corretas para tratamento, observaram que a categoria com o maior número de artigos foi Ciências Ambientais, seguida por Engenharia e Ciências Agrárias e Biológicas.

Figura 4 – Distribuição da área de concentração sobre a reutilização das águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023



Fonte: Elaborada pelo autor (2023) com base nos dados obtidos da Scopus.

Na categoria “Outros” representada por 9,6% (25 artigos) destacam-se subáreas como Ciências da Terra e Planetárias com a publicação de quatro documentos, sugerindo uma análise abrangente dos impactos ambientais. Economia, Econometria e Finanças contribuem com três documentos, indicando preocupação crescente com os aspectos econômicos relacionados a essa temática (Figura 4). A presença de documentos em Imunologia e Microbiologia (dois documentos) destaca a atenção dada aos potenciais riscos à saúde associados à utilização de águas residuárias na agricultura.

A inclusão de Ciência da Computação (dois documentos) sugere uma abordagem tecnológica que pode auxiliar na otimização de processos de tratamento da água, no monitoramento do uso eficiente desse recurso na agricultura e até prever demandas futuras. A análise de dados em tempo real pode contribuir para tomadas de decisão mais eficientes e sustentáveis, além de possibilitar a identificação de padrões e tendências que maximizem o aproveitamento da água residuária.

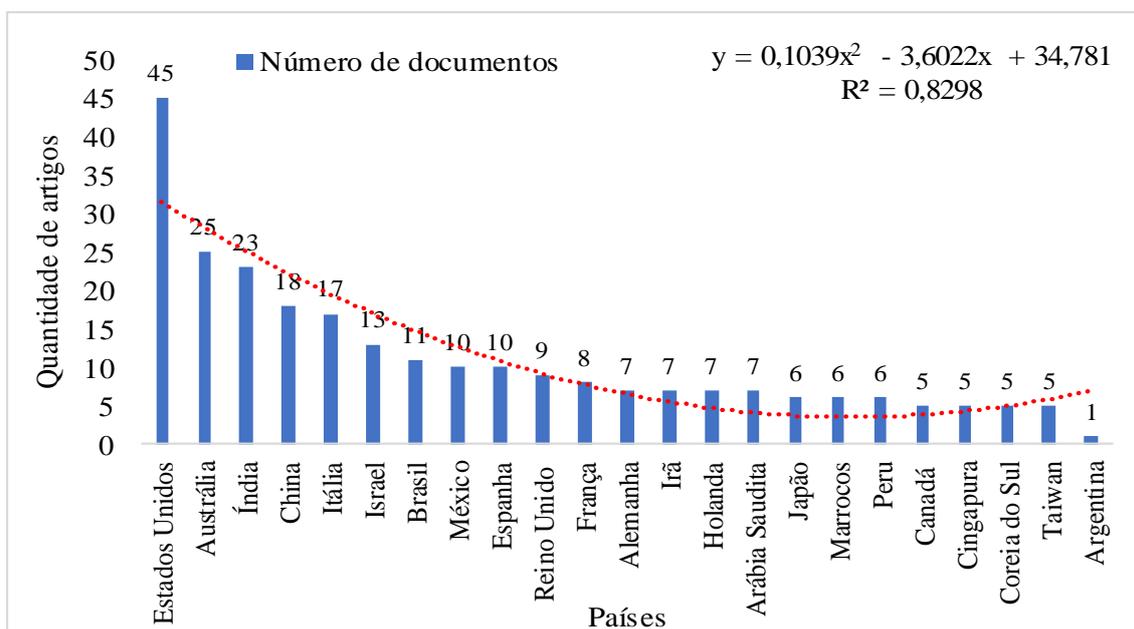
As áreas de Negócios, Gestão e Contabilidade, Multidisciplinar, Ciências da Decisão e Matemática contribuem com três documentos cada e Física e Astronomia com dois documentos, apontando para a diversidade de perspectivas na pesquisa sobre reutilização de água na agricultura (Figura 4). Esse panorama destaca a amplitude e a complexidade do campo de estudos, e diferentes áreas de concentração convergem para fornecer a compreensão abrangente e multifacetada.



Países relevantes na pesquisa

A Figura 5 apresenta o panorama global das publicações científicas sobre a reutilização de água na agricultura, no período de 1974 e 2023, segmentadas por países de origem, ajustando-se ao modelo polinomial de segundo grau com R^2 de 0,8298. Essa análise é importante na compreensão da distribuição geográfica do conhecimento e para identificar os principais contribuintes no campo de estudo (MARÍN *et al.*, 2023).

Figura 5 – Distribuição global de publicações sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023, por país de origem



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados obtidos da Scopus.

Os Estados Unidos lideram com 45 artigos, evidenciando uma forte presença e liderança na pesquisa sobre o tema (Figura 5). Em seguida, Austrália, Índia e China figuram como países significativos com 25, 23 e 18 artigos, respectivamente. Esses números indicam interesse considerável dessas nações na temática da reutilização da água na agricultura, podendo refletir desafios hídricos locais, práticas agrícolas específicas ou iniciativa de pesquisas robustas. Resultados semelhantes foram reportados por Serrano *et al.* (2020), Mendoza *et al.* (2022) e Hartini *et al.* (2023), indicando os Estados Unidos como o país com o maior número de documentos publicados.

Destaca-se a participação de países europeus, como Itália, Espanha, Reino Unido, França, Alemanha, Holanda e Irã, indicando colaboração global na produção de conhecimentos sobre o assunto. O Brasil com 11 artigos demonstrou uma contribuição relevante, consolidando-se como ator emergente nesse cenário científico (Figura 5). É válido salientar que, a representação de cada país não se limita apenas à quantidade, mas também



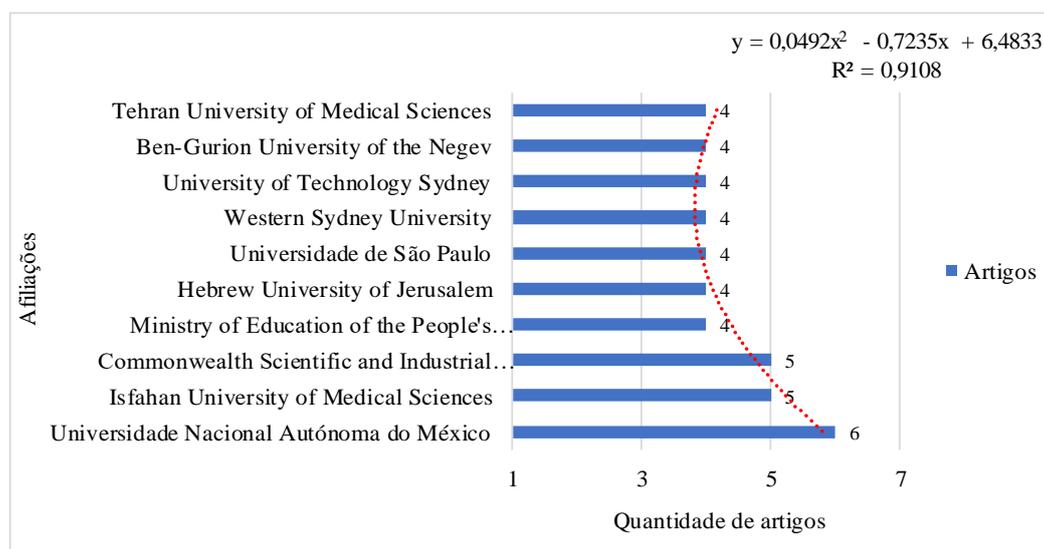
à qualidade das pesquisas (ZHANG *et al.*, 2020). Além disso, essa análise contribuiu para compreender como diferentes regiões enfrentam e abordam os desafios relacionados à reutilização da água na agricultura possibilitando colaborações internacionais e a troca de experiências para o avanço sustentável desse campo de estudo.

Afiliações líderes em pesquisa

A Figura 6 aborda a distribuição global de publicações sobre o aproveitamento de águas residuárias na agricultura entre 1974 e 2023, destacando as instituições de ensino mais proeminentes nesse contexto, ajustando-se ao modelo polinomial de segundo grau com R^2 de 0,9108.

Os resultados revelam que a *Universidad Nacional Autónoma de México* liderou com seis artigos, seguida pela *Isfahan University of Medical Sciences* e *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*, ambas com cinco artigos (Figura 6). Esses dados oferecem informações valiosas sobre os centros acadêmicos mais ativos e influentes no campo do reúso de águas residuárias na agricultura e revela a participação diversificada de instituições de ensino, refletindo a natureza global e interdisciplinar da pesquisa nessa área.

Figura 6 – Distribuição global de publicações sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023, por afiliações



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados obtidos da Scopus.

A análise dessa distribuição é importante para compreender a contribuição de diferentes instituições para o conhecimento nessa área (MAGHSOUDI *et al.*, 2023).

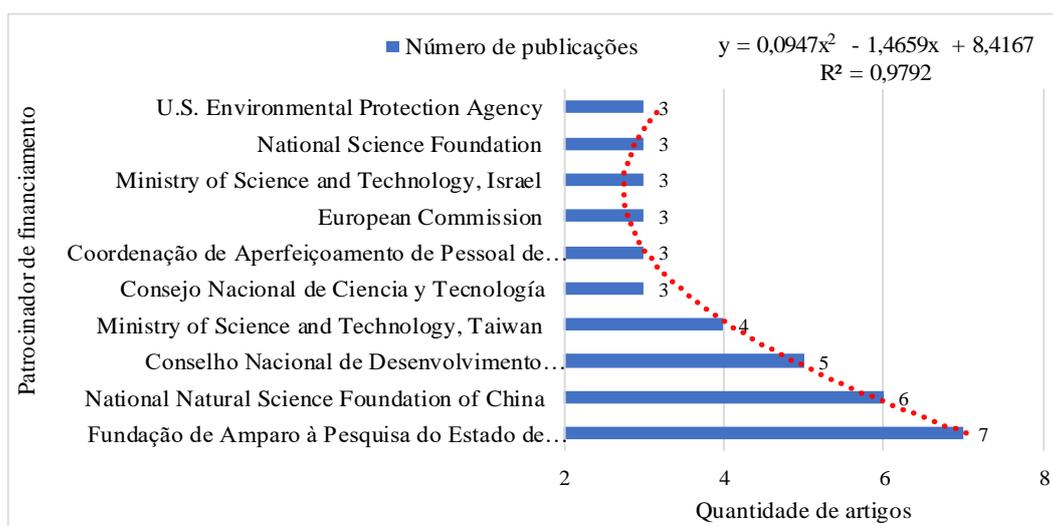


Distribuição por financiadores

A análise dos principais financiadores na distribuição global de publicações sobre o reúso de águas residuárias na agricultura revela um cenário diversificado e colaborativo ao longo do período de 1974 e 2023, ajustando-se ao modelo polinomial de segundo grau com R^2 de 0,9792 (Figura 7).

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) destacou-se como um dos principais financiadores, refletindo o comprometimento e investimento da instituição brasileira em pesquisas relacionadas ao aproveitamento sustentável de águas residuárias na agricultura, com o total de sete trabalhos financiados (Figura 7). A *National Natural Science Foundation of China* financiou seis trabalhos, evidenciando o interesse chinês em pesquisas sobre reúso de águas residuárias, alinhando-se aos esforços do país em questões ambientais e agrícolas.

Figura 7 – Distribuição global de publicações sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023, por patrocinador financiador



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados obtidos da Scopus.

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com cinco trabalhos financiados e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com três trabalhos financiados desempenham papel importante no fomento à pesquisa do Brasil, contribuindo para a produção científica na interseção entre agricultura e sustentabilidade hídrica (Figura 7). O *Ministry of Science and Technology, Taiwan* financiou quatro trabalhos, mostrando a contribuição do país para a pesquisa sobre o aproveitamento de águas residuárias na agricultura.

Outros financiadores internacionais incluem a *European Commission*, o *Ministry of Science and Technology, Israel*, a *National Science Foundation* e a *U.S. Environmental Protection Agency*, cada um com três projetos

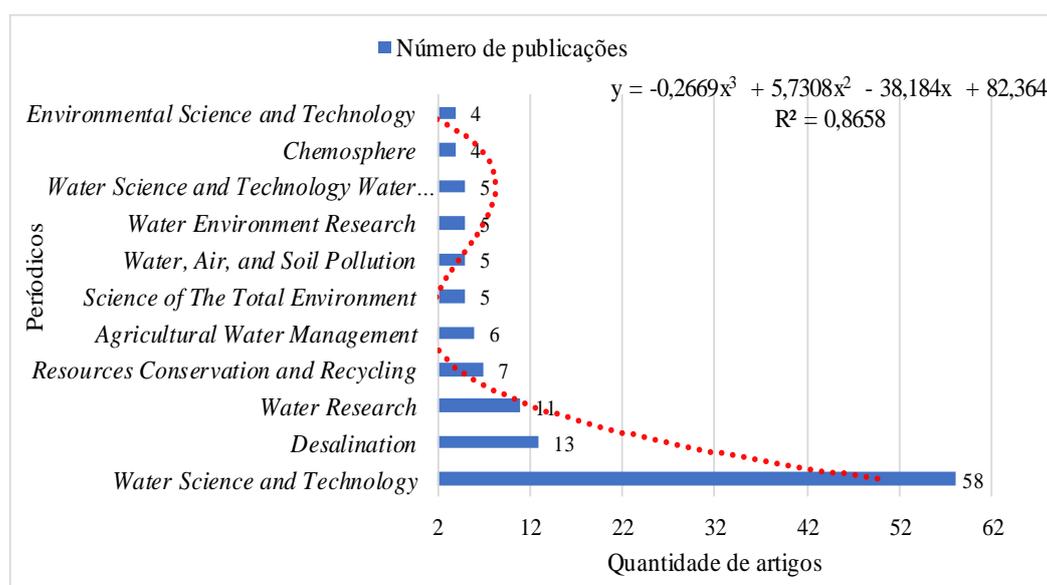


financiados. Essas contribuições ajudam a promover a diversidade e a colaboração global em pesquisas relacionadas ao tema. (Figura 7). Essa distribuição de financiadores destaca a importância da cooperação internacional e do apoio financeiro para avanços na compreensão e implementação de práticas sustentáveis de aproveitamento de águas residuárias na agricultura (SINGH; CHAKRABORTY; SEHGAL, 2023).

Periódicos relevantes na pesquisa

Na Figura 8, a análise dos resultados revela a distribuição global das publicações sobre o reúso de águas residuárias na agricultura em diferentes periódicos ao longo do período de 1974 e 2023, ajustando-se ao modelo polinomial de terceiro grau (cúbico) com R^2 de 0,8658.

Figura 8 – Distribuição global de publicações sobre o reúso de águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023, por periódico



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados obtidos da Scopus.

O periódico *Water Science and Technology* totalizou 58 artigos publicados e destaca-se como o principal veículo de publicação, indicando amplo interesse e reconhecimento na comunidade científica (Figura 8). Sua abrangência em temas relacionados à água e tecnologias associadas ao posicionamento como referência na divulgação de pesquisas sobre recursos de águas na agricultura.

Desalination surge como importante fórum para pesquisas específicas sobre dessalinização e tecnologias afins. O número significativo de 13 artigos indica um foco particular nesse aspecto do aproveitamento de águas, destacando a importância da dessalinização nesse contexto. *Water Research* com 11 artigos também figura



como veículo proeminente, cobrindo temas relacionados a ciência e tecnologia da qualidade da água e sua gestão no mundo (Figura 8).

Com sete artigos publicados, o periódico *Resources Conservation and Recycling* concentra-se na sustentabilidade e reciclagem de recursos, destacando a preocupação crescente com práticas agrícolas, que promovem a preservação ambiental e a eficiência no uso de recursos hídricos (Figura 8).

Agricultural Water Management conta com seis artigos publicados e destaca-se como publicação que enfoca especificamente a gestão da água na agricultura (Figura 8). Os artigos publicados em periódicos especializados sinalizam interesse renovado em estratégias para melhorar o aproveitamento de águas residuárias na produção agrícola. Além dos periódicos citados anteriormente, notou-se a relevância de outras publicações proeminentes, como *Science of The Total Environment*, *Water, Air, and Soil Pollution*, *Water Environment Research* e *Water Science and Technology Water Supply* com cinco publicações e *Chemosphere e Environmental Science and Technology* com quatro artigos publicados. Os estudos realizados por Serrano et al. (2022) e Mendoza et al. (2022) identificaram a *Science of The Total Environment* como a revista com o maior número de artigos publicados.

A ampla distribuição indica a abordagem holística para a cobertura do tema em diferentes áreas de concentração, desde Ciências Ambientais até Tecnologia da Água. Cada periódico contribui com perspectiva única para enriquecer o panorama global dessa importante área de pesquisa. Em síntese, a diversidade de periódicos que abordam o aproveitamento de águas residuárias na agricultura reflete a complexidade e a interdisciplinaridade deste campo de estudo (DURÁN-SÁNCHEZ et al., 2020; MAIER et al., 2020; ZHANG et al., 2020).

Análise de coocorrência de palavras-chave

A representação da análise de coocorrência das palavras-chave é apresentada na Figura 9. A partir das análises bibliométricas foi possível identificar seis *clusters*.

O *cluster* 1 identificado pela cor vermelha é composto por 71 itens. A presença de grande número de itens indica uma área temática extensa e complexa, em que diversas palavras-chave estão interligadas por meio das ocorrências em documentos científicos, sendo os principais termos “irrigação”, “águas residuais”, “irrigação (agricultura)” e “água” (Figura 9).

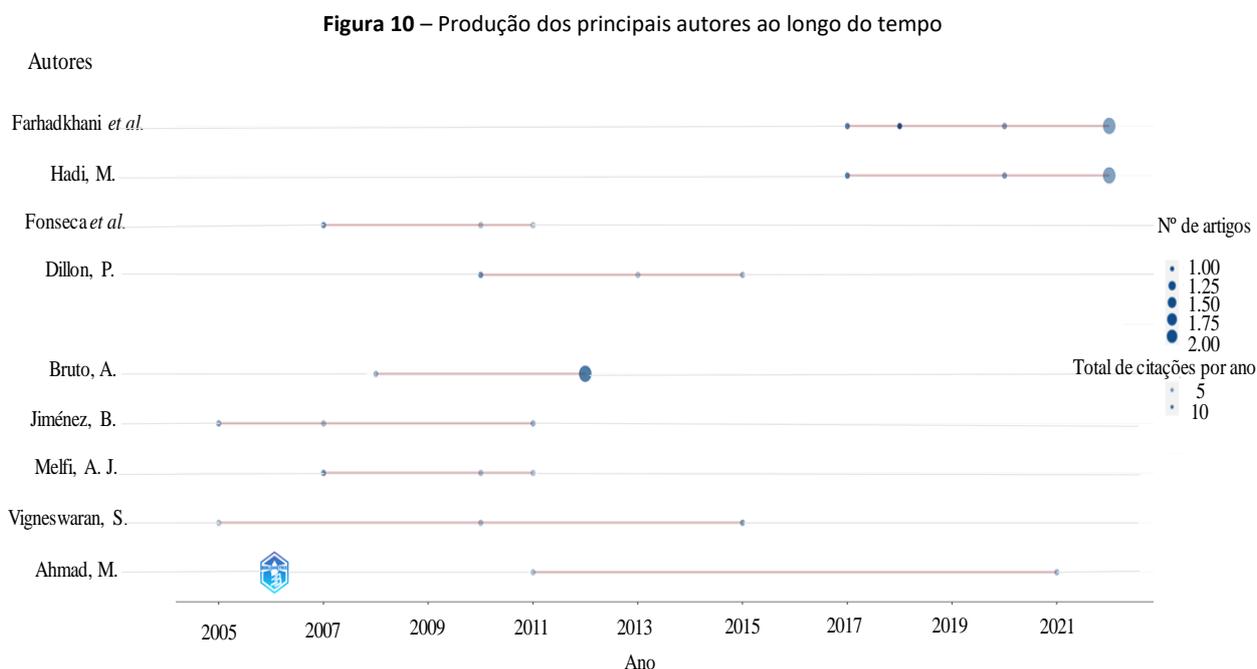


O *cluster* 5 simbolizado pela cor lilás é formado por 34 itens e os termos principais são “reciclagem de águas residuais”, “tratamento de efluentes”, “tratamento de esgoto”, “recursos hídricos” e “reutilização de água”. Por fim, o *cluster* 6 representado pela cor preta produziu oito itens e relacionou os termos “desinfecção”, “*Escherichia coli*”, “radiação ultravioleta” e “cloração” (Figura 9).

Esses *clusters* podem representar áreas específicas de pesquisa, conceitos inter-relacionados ou tópicos emergentes na literatura científica (APARICIO; ITURRALDE; RODRÍGUEZ, 2023). A análise das palavras-chave em *clusters* fornece informações importantes sobre a estrutura temática e as conexões entre os conceitos em um determinado campo de estudo.

Análise de coocorrência de autores

Na Figura 10 é apresentada a visualização gráfica da rede de coocorrência dos principais autores nos artigos identificados sobre o reúso de águas residuárias com fins agrícolas.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023), por meio do R Studio® com base nos dados obtidos da Scopus.

Os 9 principais pesquisadores estão organizados de acordo com a quantidade de trabalhos publicados, destacando-se o autor Farhadkhani *et al.* (2018) com o total de cinco publicações e a primeira publicação em 2017.



O artigo de Farhadkhani *et al.* (2018) intitulado em “*Effects of irrigation with secondary treated wastewater on physicochemical and microbial properties of soil and produce safety in a semi-arid area*” foi citado 83 vezes e abordou sobre o monitoramento de indicadores bacterianos, como coliformes totais e fecais, *Escherichia coli* e patógenos específicos (Figura 10). Os autores relatam que a qualidade microbiana da água residual não atendeu totalmente às recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS). O solo irrigado mostrou efeitos mínimos, exceto para pequenas variações em condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio, e inferiu-se que a água residual tratada pode ser utilizada como fonte alternativa para irrigação de raízes e folhosas.

Fonseca *et al.* (2007) com o artigo citado por 98 vezes intitulado em “*Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil*” abordam que em diversos estudos no âmbito global, a utilização de efluente de esgoto tratado como fonte de água e nutrientes na irrigação agrícola tem sido proposta como alternativa sustentável para o descarte de águas residuais no meio ambiente.

CONCLUSÕES

A revisão bibliométrica delineou a narrativa robusta sobre a evolução da pesquisa no reúso de águas residuárias na agricultura, no período entre 1974 e 2023. Ao observar o aumento constante de publicações, torna-se evidente que a comunidade acadêmica está cada vez mais engajada nesse campo dinâmico. A análise temporal revelou não apenas picos de produção, mas, também a capacidade da pesquisa de adaptar-se a eventos e mudanças no cenário científico.

A predominância de artigos sugeriu uma abordagem detalhada e específica sobre o tema, enquanto a presença de documentos de conferência e capítulos de livros destacou uma abordagem mais ampla e participativa. Esse equilíbrio entre profundidade e amplitude na produção acadêmica preconizou a complexidade do tema e a necessidade de múltiplas perspectivas.

A diversidade disciplinar reflete a interconexão de áreas abordando desde impactos ambientais até riscos à saúde. Esse enfoque interdisciplinar é importante para a compreensão abrangente do reúso de águas residuárias na agricultura, evidenciando a complexidade do desafio.



A distribuição global das publicações destaca lideranças de países, como os Estados Unidos, Austrália, Índia e China. Essa colaboração global é fundamental para abordar desafios e encontrar soluções sustentáveis, com o Brasil emergindo como ator significativo nesse cenário científico.

As instituições de ensino e os financiadores desempenharam papéis importantes, influenciando agendas de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias inovadoras, políticas e formação de recursos humanos. A concentração de artigos em certas instituições indicou áreas de especialização e excelência, potencialmente impactando políticas públicas e práticas agrícolas sustentáveis.

A análise dos principais periódicos destacou os veículos influentes na disseminação do conhecimento, enquanto a coocorrência de palavras-chave e de autores revelam temas centrais e colaborações notáveis. Dois estudos notáveis examinados durante a revisão – um explorando os efeitos da irrigação com água residual tratada e outro investigando as implicações do uso de efluentes tratados no Brasil oferecem perspectivas valiosas sobre os desafios e oportunidades no campo da pesquisa.

Olhando para o futuro, é imperativo manter a exploração de áreas interdisciplinares, promover colaborações internacionais e abordar questões emergentes. A análise de palavras-chave e *clusters* forneceu base para identificar áreas temáticas em crescimento, enquanto a análise temporal apontou para tendências futuras.

Em síntese, a revisão bibliométrica não apenas traçou a trajetória da pesquisa, mas também serviu como guia e impulsionar futuras investigações. Essa compreensão aprofundada é importante para moldar políticas públicas, práticas agrícolas e inovações tecnológicas, promovendo o uso sustentável de águas residuárias na agricultura no mundo.

REFERÊNCIAS

ABBAS, Farhat; AL-NAEMI, Salem; FAROOQUE, Aitazaz A.; PHILLIPS, Michael. A Review on the Water Dimensions, Security, and Governance for Two Distinct Regions. **Water**, v. 15, n. 1, p. 208, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15010208>

APARICIO, Gloria; ITURRALDE, Txomin; RODRÍGUEZ, Ana Vilma. Developments in the knowledge-based economy research field: a bibliometric literature review. **Management Review Quarterly**, v. 73, p. 317–352, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00241-w>

AL-HAZMI, Hussein E; MOHAMMADI, Ali; HEJNA, Aleksander; MAJTACZ, Joanna; ESMAEILI, Amin; HABIBZADEH, Sajjad; SAEB, Mohammad Reza; BADAWI, Michael; LIMA, Éder Cláudio; MAKINIA, Jacek. Wastewater treatment for reuse in agriculture: Prospects and challenges. **Environmental Research**, p. 116711, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116711>

AMUAH, Ebenezer Ebo Yahans; BOADU, Janet Afia; NANDOMAH, Solomon. Emerging issues and approaches to protecting and sustaining surface and groundwater resources: Emphasis on Ghana. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 16, p. 100705, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100705>

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: An R-Tool for Comprehensive Science Mapping Analysis. **Journal of Informetrics**. v. 11, p. 959–975, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>



BROWN, Thomas C; MAHAT, Vinod; RAMIREZ, Jorge A. Adaptation to future water shortages in the United States caused by population growth and climate change. *Earth's Future*, v. 7, n. 3, p. 219-234, 2019. <https://doi.org/10.1029/2018EF001091>

CARVALHO, Pedro N; DEDO, David Christian; MASI, Fábio; CIPOLLETTA, Giulia; ORAL, Hasan Volkan; TOTH, A; REGELBERGER, Martin; EXPOSTO, Alfonso. Nature-based solutions addressing the water-energy-food nexus: Review of theoretical concepts and urban case studies. *Journal of Cleaner Production*, v. 338, p. 130652, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130652>

CRUZ, Fabielle Rocha; FERREIRA, Jacques de Lima. Estudos de revisão em Educação: estado da arte e revisão sistemática. *Revista Espaço Pedagógico*, v. 30, p. e11512, 2023. <https://doi.org/10.5335/rep.v30i0.11512>

DRECHSEL, Pagar; QADIR, Manzoor; GALIBOURG, David. The WHO Guidelines for Safe Wastewater Use in Agriculture: A Review of Implementation Challenges and Possible Solutions in the Global South. *Water*, v. 14, n. 6, p. 864, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14060864>

DURÁN-SÁNCHEZ, Amador; ÁLVAREZ-GARCÍA, José; GONZÁLEZ-VÁZQUEZ, Encarnação; RÍO-RAMA, Maria de la Cruz Del. Wastewater Management: Bibliometric Analysis of Scientific Literature. *Water*, v. 12, p. 2963, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12112963>

FONSECA, Adriel Ferreira da; HERPIN, Uwe; PAULA, Alessandra Monteiro de; VICTÓRIA, Reynaldo Luiz; MELFI, Adolpho José. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. *Scientia Agricola*, v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000200014>

FUSSY, Andre; PAPPENBROCK, Jutta. An overview of soil and soilless cultivation techniques-chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*, v. 11, n. 9, p. 1153, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11091153>

HARTINI, Hajjar; JUAHIR, Hafizan; HANIS, NuR; ZULAIKHA, Nur; NASIR, Nurfarahana Mohd; KURNIAWAN, Setyo Budi; ZAKARIA, Nurulhuda; NOR, Siti Mariam Muhammad. Revealing the Development of Agriculture Wastewater Treatment: A Bibliometric Analysis of Global Publications from 1971 to 2022 using Scopus Database. *Research Square*, v. 1, n. 1, p. 1-21, 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3665373/v1>

HORTON, Peter. A sustainable food future. *Royal Society Open Science*, v. 10, n. 8, p. 230702, 2023. <https://doi.org/10.1098/rsos.230702>

KARIĆ, Nataša; MAIA, Alexandra S; TEODOROVIĆ, Ana; ATANASOVA, Nataša; LANGERGRABER, Guenter; CRINI, Grégorio; RIBEIRO, Ana R; ĐOLIĆ, Maja. Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents for removal of (in) organic pollutants in wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal Advances*, v. 9, p. 100239, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.100239>

KIM, Byeong Je; JEONG, Seunghoo; CHUNG, Ji Bum. Research trends in vulnerability studies from 2000 to 2019: Findings from a bibliometric analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 56, 102141, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102141>

KHAN, Muhammad Mumtaz; SIDDIQI, Sajjad Ahmad; FAROOQUE, Aitazaz A.; IQBAL, Qumer; SHAHID, Shabbir Ahmad; AKRAM, Muhammad Tahir; RAHMAN, Sadik; AL-BUSAIDI, Waleed; KHAN, Imran. Towards sustainable application of wastewater in agriculture: A review on Reusability and risk assessment. *Agronomy*, v. 12, n. 6, p. 1397, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061397>

KOSEOGLU-IMER, Derya; ORAL, Hasan Volkan; CALHEIROS, Cristina Sousa Coutinho; KRZEMINSKI, Pawel; GÜÇLÜ, Serkan; PEREIRA, Sofia Almeida; GÓRSKA, Joanna Surmacz; ELZBIETA, Praça; SAMARAS, Petros; BINDER, Pablo Martin; HULLEBUSCH, Eric D van. Current challenges and future perspectives for the full circular economy of water in European countries. *Journal of Environmental Management*, v. 345, p. 118627, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118627>

KRISHNAN, Siva Rama; NALLAKARUPPAN, M. K; CHENGODEN, Rajeswari; KOPPU, Srinivas; IYAPPARAJA, M; SADHASIVAM, Jayakumar; SETHURAMAN, Sankaran. Smart water resource management using Artificial Intelligence-A review. *Sustainability*, v. 14, n. 20, p. 13384, 2022. <https://doi.org/10.3390/su142013384>

KUMAR, Avinash; MALLICK, Sambit; SWARNAKAR, Pradip. Mapping Scientific Collaboration: A Bibliometric Study of Rice Crop Research in India. *Journal of Scientometric Research*, v. 9, p. 29-39, 2020. <https://doi.org/10.5530/jscires.9.1.4>

KUSNIEREK, Krzysztof; HELTOFT, Pia; MØLLERHAGEN, Por Jale; WOZNICKI, Tomasz. Hydroponic potato production in wood fiber for food security. *npj Science of Food*, v. 7, n. 1, p. 24, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41538-023-00200-7>



- MAIER, Dorin; MAIER, Andreia; ASCHILEAN, Ioan; ANASTÁCIO, Lúvia; GAVRIŞ, Ovidiu. The Relationship between Innovation and Sustainability: A Bibliometric Review of the Literature. **Sustentabilidade**, v. 12, p. 4083, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12104083>
- MAINARDIS, Matia; CECCONET, Daniele; MORETTI, Alessandro; CALLEGARI, Arianna; GOI, Daniele; FREGUIA, Steano; CAPODAGLIO, Andrea G. Wastewater fertigation in agriculture: Issues and opportunities for improved water management and circular economy. **Environmental Pollution**, v. 296, p. 118755, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118755>
- MAJA, Mengistu M.; AYANO, Samuel F. The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. **Earth Systems and Environment**, v. 5, p. 271-283, 2021. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00209-6>
- MAGHSOUDI, Mehrdad; SHOKOUHYAR, Sajjad; ATAEL, Aysan; AHMADI, Sadra; SHOKOOHYAR, Sina. Co-authorship network analysis of AI applications in sustainable supply chains: Key players and themes. **Journal of Cleaner Production**, v. 422, p. 138472, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138472>
- MARÍN, Nancy Harlet Esquivel; VILLEGAS, Leticia Myriam Sagarnaga; PERALES, Octavio Tadeo Barrera, RODRÍGUEZ, Juan Antonio Leos; GONZÁLEZ, José María Salas. Multifunctional agriculture in the framework of the Sustainable Development Goals (SDGs): Bibliometric review. **Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment**, v. 15, p. 36-51, 2023. <https://doi.org/10.2478/ausae-2023-0004>
- MANCUSO, Giuseppe; BENCRESCIUTO, Grazia Federica; LAVRNIĆ, Stevo; TOSCANO, Atilio. Diffuse water pollution from agriculture: A review of Nature-Based Solutions for nitrogen removal and recovery. **Water**, v. 13, n. 14, p. 1893, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13141893>
- MENDOZA, Próspero Cristhian Onofre Zapata; TAUCAYA, Oscar Julian Berrios; KULIEVA, Vicente Amirpasha Tirado; MALCA, Jhony Alberto Gonzales; REYES, David Roberto Ricse; ZEVALLOS, Andrés Amador Berrios; SANZ, Roberto Simón Seminario. Environmentally Friendly Technologies for Wastewater Treatment in Food Processing Plants: A Bibliometric Analysis. **Sustainability**, v. 14, n. 22, p. 14698, <https://doi.org/10.3390/su142214698>
- MILLER, Madison K; CLAIR, Ann M. St; ERFORD, Bradley T. A Meta-Study of the International Journal for the Advancement of Counselling (IJAC): An Analysis of Publication Characteristics from 2000–2019. **International Journal for the Advancement of Counselling**, v. 44, p. 738–751, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10447-022-09484-y>
- MINGALEVAL, Zhanna; CHERNOVA, Olga; MITROFANOVA, Ilina V. Bibliometric Analysis of Research Trends in Water Management Aimed at Increasing the Sustainability of the Socio-Economic Development of a Region. **Water**, v. 15, n. 20, p. 3688, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15203688>
- MONTWEDI, Masego; MUNYARADZI, Mujuru; PINOY, Luc; DUTTA, Abhishek; IKUMI, David Sidney; MOTOASCA, Emilia; BRUGGEN, Bart Van der. Resource recovery from and management of wastewater in rural South Africa: Possibilities and practices. **Journal of Water Process Engineering**, v. 40, p. 101978, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101978>
- MOURA, Priscila Gonçalves; ARANHA, Felipe Nicolau; HANDAN, Natasha Berendonk; MARTIN, Luis Eduardo; SALLES, Maria José; CARVAJAL, Elvira; JARDIM, Rodrigo; MARTINS, Adriana Sotero. Água de Reúso: uma Alternativa Sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 791-808, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>
- MÖSLINGER, Margot; ULPANI, Giulia; VETTERS, Nadja. Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future. **Journal of Cleaner Production**, p. 138454, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454>
- MUSCARELLA, Sofia Maria; BADALUCCO, Luigi; LAUDICINA, Vito Armando; MANNINA, Giorgio. Wastewater treatment sludge composting. In: **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**. Elsevier, 2023. p. 115-136. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-99920-5.00008-1>
- NANDI, Santosh; GONELA, Vinay. Rainwater harvesting for domestic use: A systematic review and outlook from the utility policy and management perspectives. **Utilities Policy**, v. 77, p. 101383, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2022.101383>
- NGWENYA, Similo; BOSHOFF, Nélío. Participation of 'international national organisations' in Africa's research: A bibliometric study of agriculture and health in Zimbabwe. **Science**, v. 124, p. 533–553, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03480-y>
- FARHADKHANI, Marzieh; NIKAEEN, Mahnaz; YADEGARFAR, Ghasem; HATAMZADEH, Maryam; POURMOHAMMADBAGHER, Hanieh; SAHBAEI, Zohreh; RAHMANI, Hamid Reza. Effects of irrigation with secondary treated wastewater on physicochemical and microbial



properties of soil and produce safety in a semi-arid área. **Water Research**, v. 144, p. 356-364, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.waters.2018.07.047>

NOVA, Kannan. AI-Enabled Water Management Systems: An Analysis of System Components and Interdependencies for Water Conservation. **Eigenpub Review of Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 105-124, 2023.

ONU Brasil. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Nações Unidas Brasil. 2022. Disponível em:
<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 nov. 2023.

RADINI, Serena; GONZÁLEZ-CAMEJO, Josué; ANDREOLA, Corinne; EUSEBI, Anna Laura; FATONE, Francesco. Risk management and digitalisation to overcome barriers for safe reuse of urban wastewater for irrigation – A review based on European practice. **Journal of Water Process Engineering**, v. 103690, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103690>

RANA, Irfan Ahmad. Disaster and climate change resilience: a bibliometric analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. v. 50, 101839, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101839>

RASHID, Siti Safirah; HARUN, Siti Norliyana; HANAFIAH, Marlia M.; RAZMAN, Khalisah K.; LIU, Yong-Qiang; THOLIBON, Duratul Ain. Life cycle assessment and its application in wastewater treatment: a brief overview. **Processes**, v. 11, n. 1, p. 208, 2023.
<https://doi.org/10.3390/pr11010208>

REZENDE, Angerlânia; CARVALHO, Wellington Marçal de. Análise bibliométrica da produção científica de uma revista de instituição educacional militar brasileira. **Revista Informação na Sociedade Contemporânea**, v. 7, p. 1-19, 2023. <https://doi.org/10.21680/2447-0198.2023v7n1ID29058>

ROSEMARIN, Arno; MACURA, Biljana; CAROLUS, Johannes; BARQUET, Karina; EK, Filipa; JÄRNBERG, Linn; LORICK, Dag; JOHANNESDOTTIR, Solveig; PEDERSEN, Søren Marcus; KOSKIAHO, Jari; HADDAWAY, Neal R; OKRUSZKO, Tomasz. Circular nutrient solutions for agriculture and wastewater—a review of technologies and practices. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 45, p. 78-91, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.09.007>

RODRIGUES, Luísa Medeiros Azambuja; NEPOMUCENO, Daniella Costa Faria; NAVAL, Liliana Pena. Withdrawal: Wastewater reuse: A global review focusing on opportunities and challenges for Brazil. **Water and Environment Journal**, v. 37, n. 4, p. 828-828, 2023.
<https://doi.org/10.1111/wej.12872>

SERRANO, María J. López; MUÑOZ, Juan F. Velasco; SÁNCHEZ, José A. Aznar; SÁNCHEZ, Isabel M. Román; Sustainable Use of Wastewater in Agriculture: A Bibliometric Analysis of Worldwide Research. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 8948, 2020.
<https://doi.org/10.3390/su12218948>

SINGH, Bikram Jit; CHAKRABORTY, Ayon; SEHGAL, Rippin. A systematic review of industrial wastewater management: Evaluating challenges and enablers. **Journal of Environmental Management**, v. 348, p. 119230, 2023.

SHEIKH, Mahdi; HARAMI, Hossein Riasat; REZAKAZEMI, Mashallah; CORTINA, José Luis; AMINABHAVI, Tejraj M; VALDERRAMA, César. Towards a sustainable transformation of municipal wastewater treatment plants into biofactories using advanced NH₃-N recovery technologies: A review. **Science of The Total Environment**, p. 166077, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166077>

TAYYAB, Muhammad; ABBAS, Yasir; HUSSAIN, Muhammad Waqas. Management options for large metropolitans on the verge of a water stress. **J. Human, Earth, Future**, v. 3, n. 3, p. 333-344, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>

TZANAKAKIS, Vasileios A.; CAPODAGLIO, Andrea G.; ANGELAKIS, Andreas N. Insights into Global Water Reuse Opportunities. **Sustainability**, v. 15, n. 17, p. 13007, 2023. <https://doi.org/10.3390/su151713007>

VALENCIA, Andrea; ZHANG, Wei; CHANG, Ni-Bin. Sustainability transitions of urban food-energy-water-waste infrastructure: A living laboratory approach for circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 177, p. 105991, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105991>

WANG, Junyao; ZHANG, Jiarui; WANG, Sainan; LIU, Wenhao; JING, Wendan; YU, Hansong. Isolation and Extraction of Monomers from Insoluble Dietary Fiber. **Foods**, v. 12, n. 13, p. 2473, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12132473>

WANG, Rongjia; WANG, Qingbing; DONG, Linshui; ZHANG, Jianfeng. Cleaner agricultural production in drinking-water source areas for the control of non-point source pollution in China. **Journal of Environmental Management**, v. 285, p. 112096, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112096>



WÓJTOWICZ, Bożena; KORDYZON, Marta; BAŁ-BADOWSKA, Jolanta; GREGORCZYK, Marcin; GWOREK, Barbara; ŻEBER-DZIKOWSKA, Ilona. Chemicals in wastewater and sewage sludge-an underestimated health and environmental threat. **Journal of Elementology**, v. 27, n. 4, 2022. <https://dx.doi.org/10.5601/jelem.2022.27.3.2283>

ZAHOOR, Iqra; MUSHTAQ, Ayesha. Water Pollution from Agricultural Activities: A Critical Global Review. **International Journal of Chemical and Biochemical Sciences**, v. 23, p. 164-176, 2023.

ZHANG, Hailin; LIU, Xiuyun; YI, Jun; YANG, Xiufeng; WU, Tieniu; HE, Yi; DUAN, He; LIU, Muxing; TIAN, Pei. Bibliometric Analysis of Research on Soil Water from 1934 to 2019. **Water**, v. 12, n. 6, p. 1631, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12061631>

ZHANG, Zitong; PATRA, Braja Gopal; YASEEN, Ashraf; ZHU, Jie; SABHARWAL, Rachit; ROBERTS, Kirk; CAO, Tru; WU, Hulin. Scholarly recommendation systems: a literature survey. **Knowledge and Information Systems**, v. 65, p. 4433–4478, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10115-023-01901-x>

ZULKIFLI, Che Zalina; GARFAN, Salem; TALAL, Mohammed; ALAMOODI, A. H; AHMARO, Ibraheem Y. Y; SULAIMAN, Suliana; IBRAHIM, Abu Bakar; ZAIDAN, B. B; ISMAIL, Amelia Ritahani; ALBAHRI, O. S; ALBAHRI, A. S; SOON, Chin Fhong; HARUN, Nor Hazlyna; CHIANG, Ho Hong. IoT-based water monitoring systems: a systematic review. **Water**, v. 14, n. 22, p. 3621, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14223621>