



IX-198 - OCORRÊNCIA DE CONTAMINANTES EMERGENTES EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS – UMA REVISÃO DE LITERATURA

Luiza Teodoro Leite⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de pós-graduação em engenharia ambiental (PPGEA/UTFPR). Doutoranda em Sustentabilidade Ambiental e Urbana no PPGSAU/UTFPR.

Márcia Cristiane Kravetz Andrade⁽²⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pela Faculdade Camões. Especialista em Ecologia Urbana pela Pontifícia Universidade Católica. Especialista em Formação de Docentes em EaD pela Uninter. Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutoranda em Sustentabilidade Ambiental Urbana pela UTFPR.

Juliana Ribeiro das Chaves⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA). Doutoranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental no PPGERHA/UFPR

Barbara Alves de Lima⁽⁴⁾

Engenheira ambiental e sanitaria pela FAE. Mestre em Ciência e tecnologia ambiental pelo Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia ambiental.(PPGCTA/UTFPR). Doutora pelo Programa de pós-graduação em engenharia de recursos hídricos e ambiental (PPGERHA/ UFPR).

Júlio Cesar Rodrigues de Azevedo⁽⁵⁾

Bacharelado e Licenciatura em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Especialização em Ensino Superior de Química, UEM. Mestrado em Química pela Universidade Estadual de Maringá. Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá. Pós-doutorado em Ciências Ambientais/Química Ambiental na Universidade de Coimbra, Portugal.

Endereço⁽¹⁾: R. Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 – Cidade Industrial - Curitiba- PR - CEP: 81280-340 - Brasil - Tel: (43) 99658-9383 - e-mail: luiza.teodorol@gmail.com

RESUMO

A crescente fragilidade do planeta é agravada pelo esgotamento dos recursos naturais e pelo desenvolvimento urbano, intensificando a poluição ambiental. A água, vital para a vida humana e o progresso sustentável, sofre com a poluição crescente devido à expansão urbana e à atividade humana, introduzindo contaminantes emergentes, como antibióticos e compostos químicos. Esses contaminantes, não regulados por legislações ambientais e pouco estudados em ambientes aquáticos, são uma preocupação crescente, principalmente nas águas subterrâneas. A pesquisa bibliográfica em bases como Scopus e Web of Science revelou um número reduzido de estudos combinando micropoluentes e águas subterrâneas, especialmente no Brasil. Contaminações por pesticidas, desreguladores endócrinos e combustíveis foram identificadas em águas subterrâneas em vários estados brasileiros. A pesquisa destaca a necessidade de monitoramento e regulamentação mais abrangentes para proteger a qualidade das águas subterrâneas, essenciais para o abastecimento público, frente à crescente urbanização e poluição.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Subterrâneas, Revisão Sistemática, Contaminantes Emergentes.

INTRODUÇÃO

O aumento da fragilidade do nosso planeta é resultante do esgotamento dos recursos naturais, acrescido do crescimento e desenvolvimento urbano, agravando os problemas ambientais (TANG *et. al.*, 2019). A poluição está se disseminando por todos os cenários ambientais, comprometendo a qualidade da água, do solo e do ar (ANA, 2013; MELO *et. al.*, 2020; JACOBI *et. al.*, 2021).

A água desempenha um papel essencial na vida dos seres humanos, sendo sua qualidade ambiental importantíssima para o avanço sustentável e socioeconômico (JACOBI *et. al.*, 2021). E com o crescimento



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



populacional e a expansão das áreas urbanas, a poluição das águas se torna mais presentes, e apesar de ter uma origem diversificada e complexa, a poluição da água por antibióticos, compostos nitrogenados e resíduos gerados pela atividade humana se torna uma das principais razões para a disseminação dos contaminantes emergentes no ecossistema. (BERGLUND, 2015; MARTINEZ, 2009).

Os contaminantes emergentes, demandam atenção especial, já que não são abordados pela legislação ambiental e seus efeitos em ambientes aquáticos são pouco conhecidos (FILIPPE, 2018). E dentro do cenário de águas subterrâneas, os contaminantes emergentes referem-se a substâncias químicas que não eram tradicionalmente monitoradas, mas que agora estão se tornando uma preocupação devido ao seu potencial impacto ambiental e à sua detecção crescente nos sistemas hídricos subterrâneos.

Esses contaminantes muitas vezes incluem produtos químicos farmacêuticos, hormônios, produtos de cuidados pessoais, produtos químicos industriais e seus subprodutos, pesticidas persistentes, entre outros. A emergência desses contaminantes destaca a necessidade de monitoramento mais abrangente e regulamentação para proteger a qualidade das águas subterrâneas e, por extensão, garantir a segurança da água potável. (BERTAGI, BASILIO, PERALTA-ZAMORA. 2021).

Mas apesar dos esforços para atenuar o impacto humano, como implementação de políticas para redução do consumo e aprimoramento do saneamento básico, novas práticas é gradual, permitindo que a poluição persista comprometendo aos ecossistemas e à saúde (JACOBI *et. al.*, 2021). Nesse contexto, algumas abordagens acadêmicas são destinadas a tratar as águas contaminadas, dentre elas as águas subterrâneas, e embora esse desafio seja complexo devido à variedade de cenários ambientais, pouco ainda tem-se estudado no cenário de águas subterrâneas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados Scopus, *Web of Science* e *Scielo*, sendo essas escolhidas por se tratar de bases de dados amplas e detentoras de uma larga escala de literatura revisada por pares.

A busca dentro das plataformas de dados ocorreu através utilização de operadores Booleanos, que atuam como palavras que informam ao sistema de busca como combinar os termos de sua pesquisa.

Desta maneira, as palavras-chave foram escolhidas relacionadas ao tema de pesquisa, e estrategicamente voltadas ao objetivo do estudo, utilizando conectores entre os termos, formando assim o “*string*” de pesquisa, que foi aplicado na busca das bases de dados determinadas.

A busca nas bases de dados foi realizada em janeiro de 2024 e as combinações de termos foram: “micropoluentes” OR “*micropollutants*” AND “águas subterrâneas” OR “*grondwater*” AND “*brazil*” OR “*brasil*”.

Como critério de elegibilidade, não foi estabelecido um recorte temporal ou de idioma, portanto, todos os artigos resultantes das buscas, que se adequaram ao tema, foram considerados independente do ano de publicação e do idioma publicado.

Para esta pesquisa, foram selecionados apenas artigos publicados em revistas e revisados por pares, portanto, conferências e congressos, bem como capítulos de livros, foram descartados.

Os artigos foram, então, selecionados, analisados e os resultados foram comparados e discutidos sob a ótica da sustentabilidade ambiental e da conservação da qualidade da água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da busca realizada e, após a seleção de artigos partindo dos critérios de elegibilidade, obteve-se o total de dezessete artigos publicados em periódicos revisado por pares, para a sintetização e análise de conteúdo. Existem muitos trabalhos publicados para micropoluentes ou para águas subterrâneas, de uma maneira isolada, mas quando se analisa micropoluentes e águas subterrâneas de uma maneira conjunta, o número de trabalhos publicados diminui em mais de 50%. E quando analisa os mesmo dois temas para o Brasil, o número de trabalhos publicados reduz drasticamente.

Dos treze artigos selecionados, sete foram selecionados para a plataforma *Web of Science*, quatro para plataforma Scopus e dois para plataforma *Scielo*. O artigo com maior tempo de publicação, 2002, foi disponibilizado na plataforma *Scielo*. Os outros artigos são do período de 2008 a 2023, na Figura 1 mostra dinâmica de publicação de artigos sobre o assunto, em todas as bases de dados analisadas, ao longo do tempo.

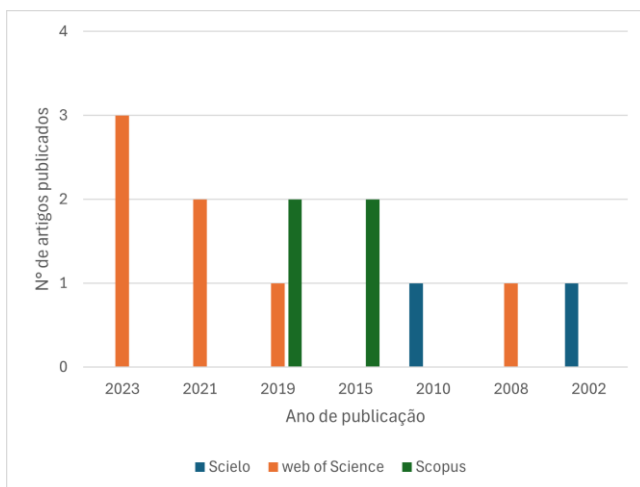


Figura 1: Dinâmica temporal de publicações sobre contaminantes emergentes em águas subterrâneas no Brasil

Dos artigos avaliados, foram encontrados contaminação nas águas subterrâneas por pesticidas nos estados de São Paulo (ACAYABA, *et al.*, 2021), Mato Grosso (DORES *et al.*, 2008), Ceará (MILHOME *et al.*, 2015), Paraná (BECKER *et al.*, 2023; ALMEIDA *et al.*, 2019), Santa Catarina (OLIVO *et al.*, 2015) e Rio Grande do Sul (CALDAS *et al.*, 2010; STEFANO *et al.*, 2022). Além disso, desreguladores endócrinos e marcadores de atividade antropogênicas foram detectadas para os estados de Sergipe (MAYNARD *et al.*, 2019) e São Paulo (MONTAGNER *et al.*, 2019). Para o estado do Rio de Janeiro, foi detectado poços tipo cacimba ou tubulares contaminados por combustível orgânicos (SILVA *et al.*, 2002). A Figura 2, apresenta um resumo das informações encontradas por estados brasileiros.

Dois trabalhos publicados no ano de 2023 e um trabalho publicado no ano de 2021, e que saíram na busca, são sobre a remoção de contaminantes emergentes em águas subterrâneas utilizando diferentes tecnologias ambientais, e que não fazem parte do objetivo desse trabalho.

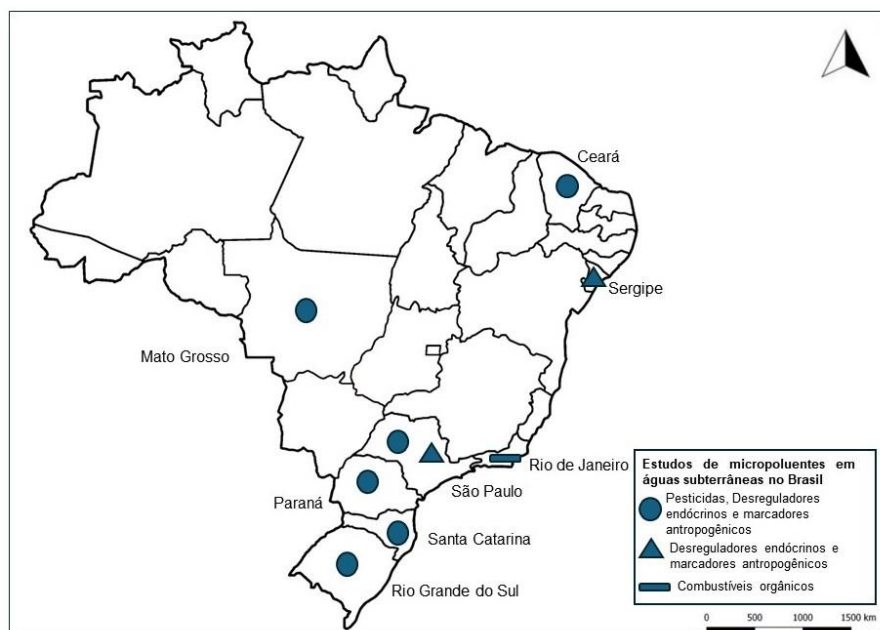


Figura 2: Estudos de micropoluentes em águas subterrâneas no Brasil

O Brasil é considerado uma das maiores economias do mundo, isso reflete no grande consumo pela população de novos produtos. Associado a isso, o país tem sérios problemas de saneamento básico levando a



contaminação de águas superficiais e subterrâneas (MONTAGNER *et al.*, 2017). Os contaminantes emergente podem migrar para o meio ambiente a partir de diferentes fontes de contaminação, podendo atingir as águas subterrâneas (STEFANO *et al.*, 2021). Poucos estudos foram realizados no Brasil sobre esses compostos, principalmente em águas subterrâneas.

Podemos observar que a busca bibliográfica retornou à apenas um artigo no estado de São Paulo (ACAYABA, *et al.*, 2021), que é o maior centro urbano do país, esse artigo aborda uma pesquisa desenvolvida na região com a maior produção de cana de açúcar do mundo, e foi detectado em águas subterrâneas o composto tebutiuron que consiste um pesticida muito utilizado na agricultura.

Com relação aos pesticidas, algumas amostras em diversos estudos mostraram derivados da atrazina, que está entre os herbicidas mais utilizado no Brasil, apesar de ser proibido em alguns países (IBAMA, 2017).

Para o estado do Rio de Janeiro (SILVA *et al.*, 2002), a pesquisa retornou à um artigo que, foi observado em poços rasos, utilizado pela população para consumo, a presença de combustível derivado de petróleo. Os resultados mostraram que o composto xileno (BTEX) estava com valores acima do recomendado pelo Ministério de Saúde.

No trabalho desenvolvido no estado do Rio grande do Sul (STEFANO *et al.*, 2021), 90% das amostras foram detectadas cafeína, devido ao hábito da população de tomar café ou uma bebida feita de erva-mate, que tem cafeína como componente, essas altas concentrações de cafeína podem estar associada às baixas taxas de esgoto doméstico tratado na área de estudo.

O entendimento do cenário de contaminação por micropoluentes pode ser melhorado, o custo de monitoramento de águas subterrâneas e de contaminantes emergentes, ainda é elevado, justificando o fato de poucos trabalhos com esse objetivo de estudo (RIBEIRO *et al.*, 2007).

CONCLUSÕES

Pressupondo a crescente importância da água subterrânea para o abastecimento público, e o fato de a contaminação destas águas estarem cada vez mais comum devido a urbanização desorganizada, consumo desenfreado e poluição ambiental, a avaliação da qualidade das águas subterrâneas é um tema que merece investigações sistemáticas e a longo prazo.

O conhecimento brasileiro sobre os impactos na qualidade da água subterrânea encontra-se ainda em estágio inicial, a identificação de áreas contaminadas ainda é primária em nosso país, decorrente de uma histórica falta de políticas públicas para gestão ambiental e da falta de informação da população sobre a importância destas águas para o abastecimento público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACAYABA, R.D., ALBUQUERQUE, A.F., RIBESSI, R.L., UMBUZEIRO, G.A., MONTAGNER, C.C., 2021. Occurrence of pesticides in waters from the largest sugar cane plantation region in the world. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 9824–9835.
2. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2ª edição, Brasília 2013. Disponível em <http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=60542>. Acesso em 19 jan. 2024.
3. ALMEIDA, M.B., MADEIRA, T.B., WATANABE, L.S., MELETTI, P.C., NIXDORF, S.L., 2019. Pesticide determination in water samples from a rural area by multi-target method applying liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc.* 30, 1657–1666.
4. BECKER, R.W.; ARAUJO, D.S.; JACHSTET, L.A.; RUIZ-PADILHO, A. DO AMARAL, B.; DESOUSA, J.E.; ATHAYDE, C.D.; ATHAYDE, G.B.; SIRTORI, C. (2023). Classifying micropollutants by environmental risk in groundwater using screening analysis associated to a hybrid multicriteria method combining (Q)SAR tools, fuzzy AHP and ELECTRE. *Science of the total environment*, v. 892, 2023. DOI10.1016/j.scitotenv.2023.164588.
5. BERGLUND, B., 2015. Environmental dissemination of antibiotic resistance genes and correlation to anthropogenic contamination with antibiotics. *Infect. Ecol. Epidemiol.* 5, 28564.
6. BERTAGI, L.T.; BASILIO A. O.; PERALTA-ZAMORA, P. (2021). Aplicações ambientais de persulfato: remediação de águas subterrâneas e solos contaminados. *Quim. Nova*, Vol. XY, No. 00, 1-9, 2021. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170769>.
7. CALDAS, S.S., DEMOLINER, A., COSTA, F.P., D'OCA, M.G., PRIMEL, E.G., 2010. Pesticide residue determination in groundwater using solid-phase extraction and high performance liquid chromatography with diode array detector and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc.* 21, 642–650.



8. DORES, E.F., CARBO, L., RIBEIRO, M.L., DE-LAMONICA-FREIRE, E.M., 2008. Pesticide levels in ground and surface waters of Primavera do Leste region, Mato Grosso, Brazil. *J. Chromatogr. Sci.* 46, 585–590.
9. FILIPPE, T.C. Caféina, fármacos, hormônios e produtos de cuidados pessoais no Rio Palmital – PR. Dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – Curitiba, 2018. Disponível em <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3146/1/CT_PPGCTA_M_Filippe%2C%20Tais%20Cristina_2018.pdf>. Acesso em 19 jan. 2024.
10. IBAMA, 2017. <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/produtos_agrotoxicos_comercializados_brasil_2009.pdf>. Acesso em 19 jan. 2024.
11. JACOBI, P. R.; BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W.C. Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo - desafios à luz das mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, 2021. DOI: 10.1590/s0103-4014.2021.35102.013. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/190304/175698>>. Acesso em 19 jan. 2024.
12. MARTINEZ, J.L., 2009. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environ. Pollut.* 157, 2893–2902.
13. MAYNARD, I.F.N., CAVALCANTI, E.B., DA SILVA, L.L., MARTINS, E.A.J., PIRES, M.A.F., DE BARROS, M.L., MARQUES, M.N., 2019. Assessing the presence of endocrine disruptors and markers of anthropogenic activity in a water supply system in northeastern Brazil. *J. Environ. Sci. Health.* 54, 891–898.
14. MELO, M.C DE; SANTOS, A.S.P.; VIEIRA, J.M.P. A nova centralidade da água e do saneamento pós-Covid-19. *Rev. Augustus* | ISSN: 1981-1896 | Rio de Janeiro | v.25 | n. 51 | p. 294-315 | jul./out. 2020. Disponível em <<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/575>>. Acesso em 19 jan. 2024.
15. MILHOME, M.A.L., SOUSA, P.L.R., LIMA, F.A.F., NASCIMENTO, R.F., 2015. Influence the use of pesticides in the quality of surface and groundwater located in irrigated areas of Jaguaribe, Ceara, Brazil. *Int. J. Environ. Res.* 9, 255–262.
16. MONTAGNER, C.C., SODRE, F.F., ACAYABA, R.D., VIDAL, C., CAMPESTRINI, I., LOCATELLI, M.A., JARDIM, W.F., 2019. Ten years-snapshot of the occurrence of emerging contaminants in drinking, surface and ground waters and wastewaters from Sao ~ Paulo State, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* 30, 614–632.
17. OLIVO, V.E., TANSINI, A., CARASEK, F., CORDENUZZI, D., FERNANDES, S., FIORI, M.A., MAGRO, J. D., 2015. Método rápido para determinação ~ de glifosato em água ~ subterrânea usando cromatografia líquida de alta eficiência e extração em fase solida ~ após ~ derivatização. ~ *Revista Ambiente & Água.* ~ 10, 286–297.
18. RIBEIRO, M.L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S.Y.; MARCHI, M.R.R. (2007). Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. *Química Nova*, 30, (3), jun, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300031>.
19. SILVA, R.L.B.; BARRA, C.M.; MONTEIRO, T.C.N.; BRILHANTE, O.M.(2002). Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad. Saúde Publica*, 18 (6), 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2002000600014>.
20. STEFANO, P.H.P., ROISENBERG, A., GOMES, E.B., GOULART, B.V., MONTAGNER, C.C., 2021. Transport of emerging contaminants: a column experimental study in granitic, gneissic, and quaternary alluvial soils from Porto Alegre, Southern Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 193, 1–12.
21. TANG, J.; XINHU L.; CAO, C.; LIN, M.; QIU, Q.; XU, Y.; REN, Y. Compositional variety of dissolved organic matter and its correlation with water quality in peri-urban and urban river watersheds. *Ecological Indicators* Volume 104, 2019, Pages 459-469. Disponível <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1930370X>>. Acesso em 19 jan. 2024.