



256 - ENSAIOS DE BIODEGRADABILIDADE E TOXICIDADE APLICADOS A PREVENÇÃO DE POLUIÇÃO: PROSPECÇÃO TECNOLOGICA E OPORTUNIDADES PARA P&D&I

Iara Regina Soares Chao⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Civil (1987), especialista em controle de poluição pela Faculdade de Saúde Pública da USP (1994) e mestre em engenharia hidráulica e sanitária pela Escola Politécnica da USP (2006). Engenheira da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo no Departamento de Prospecção Tecnológica e Propriedade intelectual – TXP da Superintendência de Pesquisa e Inovação.

Fábio Campos⁽²⁾

Graduado em Biologia com Mestrado em Engenharia Sanitária pela Escola Politécnica da USP e Doutorado em Ciências pela da Faculdade de Saúde Pública da USP. Especialista em tratamento de água e esgoto; atuou por 18 anos como docente da disciplina de Biologia para o Ensino Médio. Atualmente exerce o cargo de Técnico de Laboratório III no Laboratório de Saneamento do Depto. de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP.

Eloísa Helena Cherbakian⁽³⁾

Graduada em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI), MBA em Administração pelo Instituto Mauá e Mestre em Engenharia Sanitária pela Escola Politécnica da USP. Em sua trajetória profissional, atuou como Gerente de Controle Sanitário, Gerente de Operação nas Estações de Tratamento de Esgotos Suzano e ABC, Coordenadora de Riscos Ambientais e Engenheira na área de Pesquisa e Inovação da Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço (1): Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-900 - País - Tel: +55 (11) 3388-9422 - e-mail: ichao@sabesp.com.br.

RESUMO

Este trabalho apresenta conceitos e metodologias para a realização de estudos de prospecção tecnológica, com o objetivo de mapear as principais pesquisas básicas e aplicadas, referentes ao desenvolvimento tecnológico e científico de bioensaios e tem por objetivo levantar através de ferramentas de busca, em bancos de bases, um estudo de prospecção tecnológica dos principais ensaios de toxicidade mais utilizados na atualidade para a caracterização de produtos e resíduos quanto a sua toxicidade e biodegradabilidade ainda na fonte de geração.

PALAVRAS-CHAVE: PROSPECÇÃO, TOXICIDADE, PREVENÇÃO A POLUIÇÃO; BIOENSAIOS; BIODEGRADABILIDADE

1. INTRODUÇÃO

Os modelos de gestão ambiental propostos atualmente pelos países desenvolvidos como estratégia para substituir a abordagem de “fim-de-tubo” baseiam-se fundamentalmente no princípio de Prevenção da Poluição. O velho conceito de “fim-de-tubo” adotado no controle da poluição na década de 80, que preconiza o cumprimento de padrões de emissão através de medidas corretivas de controle de poluição, tornaram-se impotentes para lidar com os grandes problemas globais e regionais resultantes de alterações cumulativas ao longo dos anos, uma vez que nem sempre as técnicas de tratamento empregadas resultam na produção de um efluente para lançamento em corpo d’água desprovido de componentes que possam provocar efeitos tóxicos à vida aquática.

Os estudos ecotoxicológicos têm por finalidade avaliar as consequências e identificar os contaminantes com potencial de causar efeitos letais ou sub-letais quando introduzidos no ambiente de forma deliberada ou acidental; além de determinar sua natureza aguda ou crônica, em função da sinergia entre os compostos e o ambiente aquático no qual se encontram (BORRELY, 2001).

A publicação da Resolução CONAMA nº 430 reforça, na realidade brasileira e na forma de lei, a necessidade desse novo nível de monitoramento, estabelecendo as condições e padrões para lançamento de efluentes em corpos d’água com base no conceito de toxicidade, além de apresentar uma diretriz para a gestão dos efluentes (BRASIL, 2011).



Nessa perspectiva, a realização dos ensaios de toxicidade envolve o emprego de organismos-testes, espécies mantidas em laboratório cujos conhecimentos de sua biologia são suficientes para que possam ser utilizados como indicadores de toxicidade de uma amostra (ARENZON, A.; NETO, T.J.P, e GERBER, W.,2011). Atualmente se tem conhecimento de um número expressivo de organismos-testes e sua aplicação nos mais diversos tipos de águas residuárias, fornecem avaliações importantes que permitem alterar desde a matéria-prima até o tipo de tratamento na busca da produção mais limpa (P+L).

Esse trabalho teve por objetivo levantar através de ferramentas de busca, em bancos de bases, um estudo de prospecção tecnológica dos principais ensaios de toxicidade mais utilizados na atualidade para a caracterização de produtos e resíduos quanto a sua toxicidade e biodegradabilidade ainda na fonte de geração.

Essa prospecção estudada pode trazer inúmeros benefícios na melhoria de serviços prestados à população pela inserção de novos parâmetros de controle de qualidade de água e rapidez na intervenção quando necessária.

2.OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi identificar, através da prospecção tecnológica, os principais artigos técnicos envolvendo o uso de ensaios de toxicidade na caracterização de efluentes e resíduos, bem como sua avaliação quanto a biodegradabilidade com vistas a serem utilizados em estudos de prevenção à poluição.

3.METODOLOGIA

O escopo da estratégia de pesquisa visou garantir que os principais artigos publicados fossem localizados e processados. Para tanto, os artigos foram selecionados através da ferramenta de busca “*Web of Science*” via Portal da CAPES no endereço: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>, a fim de selecionar uma expressão de busca que seja representativa para a prospecção tecnológica almejada.

A *Web of Science* - WOS é uma das mais completas bases de dados disponível, tratando-se de um portal que agrega o conjunto de dados bibliográficos e citação, indicadores bibliométricos e patentes, compiladas pela *Clarivate Analytics*, a qual contém informações de patentes, revistas e congressos científicos em todas as áreas do conhecimento.

As principais revistas ligadas ao setor do Saneamento podem ser acessadas via WOS, como por exemplo: *Water Research – IWA – A Journal of the International Water Association*; *Water Science and Technology*; *Water Environment Research*; *Journal American Water Works Association – AWWA*; Diversos títulos da *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, dentre muitas outras.

Sendo assim, por meio da interação como a ferramenta WOS, determinou-se o intervalo de tempo que se pretendeu realizar a busca, compreendendo os anos de 2009 (01/01) a 2019 (30/06), sendo estabelecido as seguintes palavras-chaves associadas ao estudo em questão: **((wastewater and treatment) and (biodegradability tests or toxicity assessment or whole toxicity or ecotoxicity or genotoxicity or mutagenic tests or assay test))**.

A expressão final selecionada obteve 46 artigos prospectados com 100% de pertinência ao tema pesquisado em relação aos artigos selecionados. Nesta análise foram considerados todos os estudos relativos ao tema que foram recuperados no banco de dados acessados, no período selecionado, de modo a observar a evolução técnico-científica e tecnológica deste tema ao longo dos anos.

4.RESULTADOS

4.1 Análises da evolução da produção técnico-científica e tecnológica ao longo dos anos

Com base na expressão apresentada, foram obtidos na busca um total de 46 artigos técnicos. Após análise das informações contidas no título, palavras-chaves e resumo desses artigos, concluiu-se que os artigos tratavam do tema da busca, ou seja, 100% dos artigos obtidos com a expressão utilizada na busca abordavam técnicas de **Bioensaios para toxicidade de efluentes** e estes dados foram analisados, conforme ilustrado na Figura 1

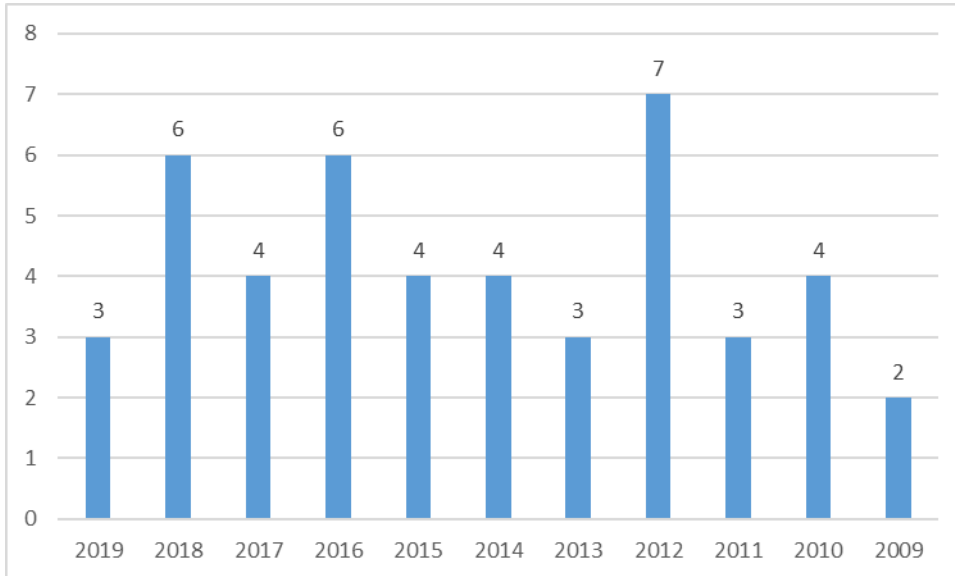


Figura 1 – Quantidade de artigos de avaliação de toxicidade em efluentes publicados nos últimos dez anos

Da análise da Figura 1 é possível observar uma estabilidade no número de publicações sobre o tema em estudo, variando de 2 a 4 artigos por ano, sendo que em 2012, 2016 e 2018 verifica-se um significativo aumento. A análise seguinte foi identificar as tecnologias de ensaios, bem como os organismos-testes, que mais se destacaram nos documentos dos artigos listados. Nesse critério, foram selecionados os ensaios que apareceram no mínimo 2 (duas) vezes nos artigos prospectados. A Figura 2 apresenta os resultados obtidos.

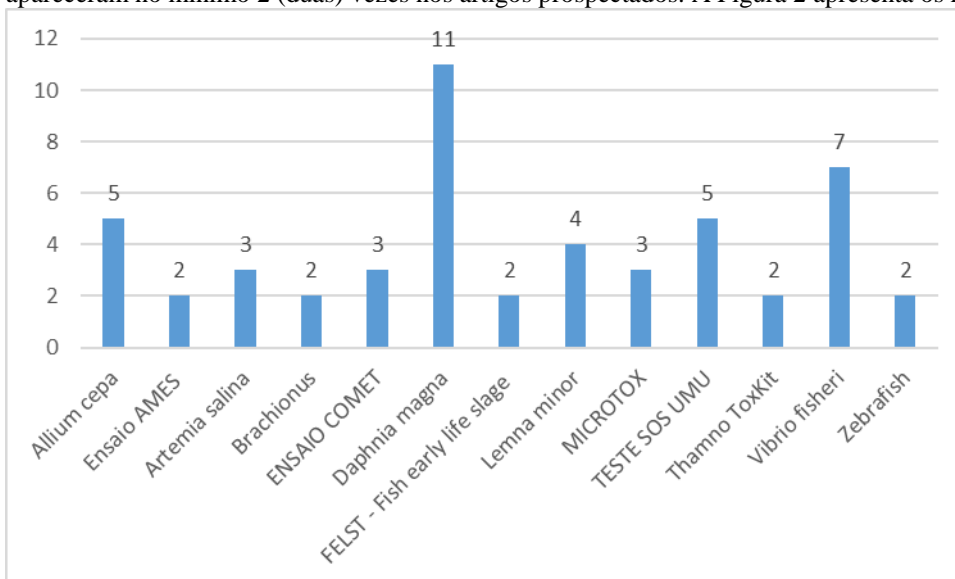


Figura 2 –Bioensaios e organismos-testes que mais se destacaram na prospecção

Como pode ser observado, o teste com o micro crustáceo *Daphnia magna* foi o mais citado, seguido pelo teste com a bactéria *Vibrio fisheri*. Ambos os ensaios são padronizados, no Estado de São Paulo, pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com os protocolos CETESB, L5.227 e L5.018 (*V. fisheri* e *D. magna*, respectivamente), e ABNT, NBR 12713 (*D. magna*).

Outro ponto verificado com base no levantamento desses 46 artigos, é que os efluentes advindos de estações de tratamento de efluentes industriais foram os que mais apresentaram estudos com bioensaios para avaliação da toxicidade, com 61% dos trabalhos captados pela prospecção. Os efluentes das estações de tratamento de

esgoto doméstico corresponderam a apenas 33% dos artigos selecionados. A Figura 3 apresenta a distribuição percentual do uso de testes e bioensaios de toxicidade por área de interesse.

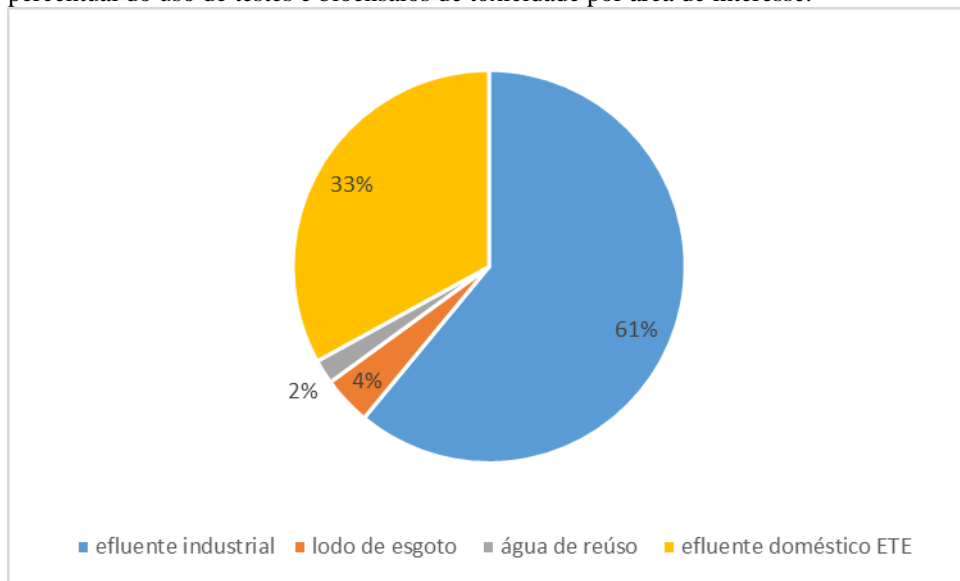


Figura 3 – Distribuição percentual por área de utilização de bioensaios para avaliação de toxicidade

Nos trabalhos que estudaram a toxicidade de efluentes industriais, 60% dos ensaios de toxicidade foram aplicados em efluentes provenientes do tratamento terciário por métodos oxidativos, e 40% de efluentes do tratamento secundário. Na figura 4 procurou-se mostrar como os ensaios foram distribuídos nessa prospecção.

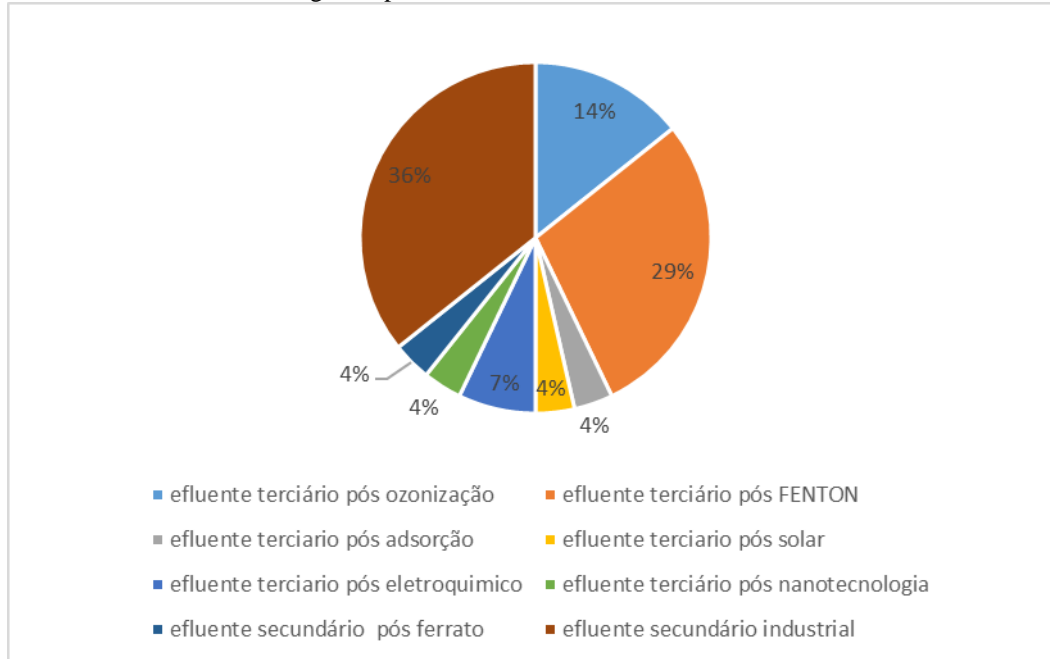


Figura 4 – Distribuição de ensaios de toxicidade em efluentes industriais (%)

Na área de tratamento de efluentes provenientes de ETE - Estações de Tratamento de Esgoto, a distribuição dos ensaios foi de 80% no efluente final da ETE antes do lançamento em corpos receptores e 20% dos ensaios nos efluentes de estações após algum tipo de desinfecção. A Figura 5 ilustra esse resultado.

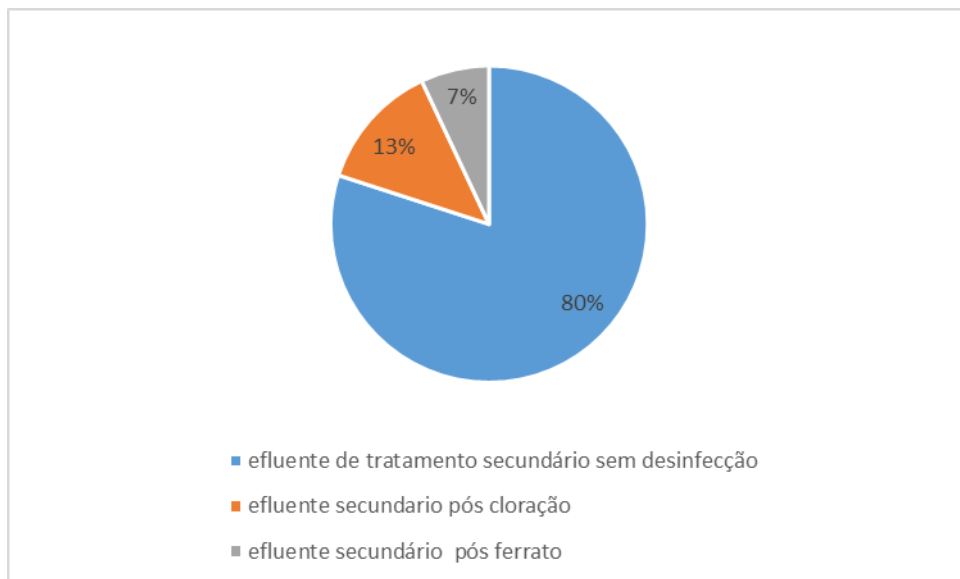


Figura 5 – Distribuição de ensaios de toxicidade em efluentes domésticos

Em relação a origem geográfica dos artigos, são mostrados no gráfico da Figura 6 todos os países que apareceram na prospecção, sem linha de corte.

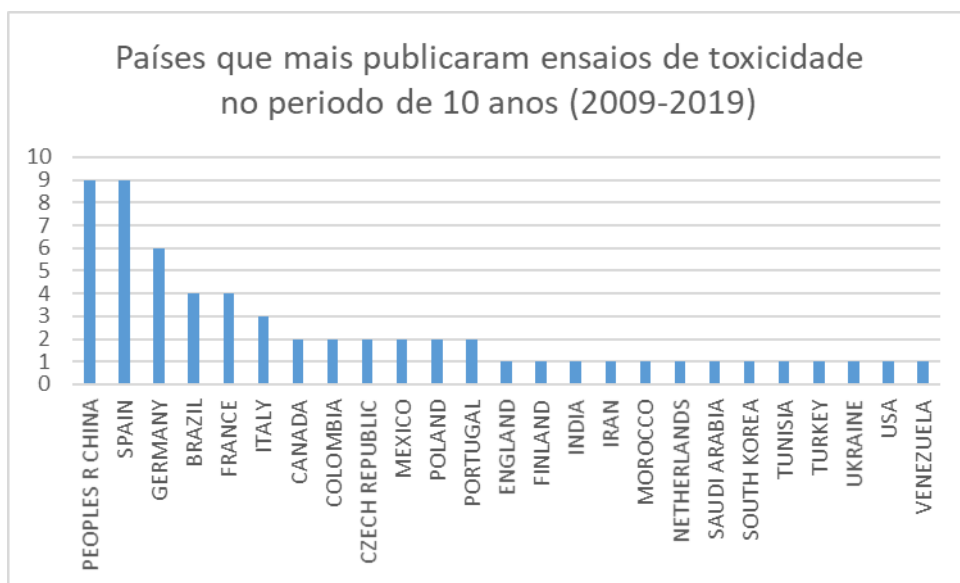


Figura 6 – Número de publicações por países

Como pode-se constatar, o Brasil aparece, juntamente com a França, na quarta posição em termos de publicações sobre o tema, evidenciando a importância e relevância nas questões ambientais e de proteção dos recursos hídricos.

Para facilitar o entendimento da dinâmica de divulgação de ensaios de toxicidade nos periódicos indexados na *Web of Science*, elaborou-se um ranking dos periódicos mais procurados para publicação nesse tema, como pode ser observado na Figura 7.



Ranking de Periódicos

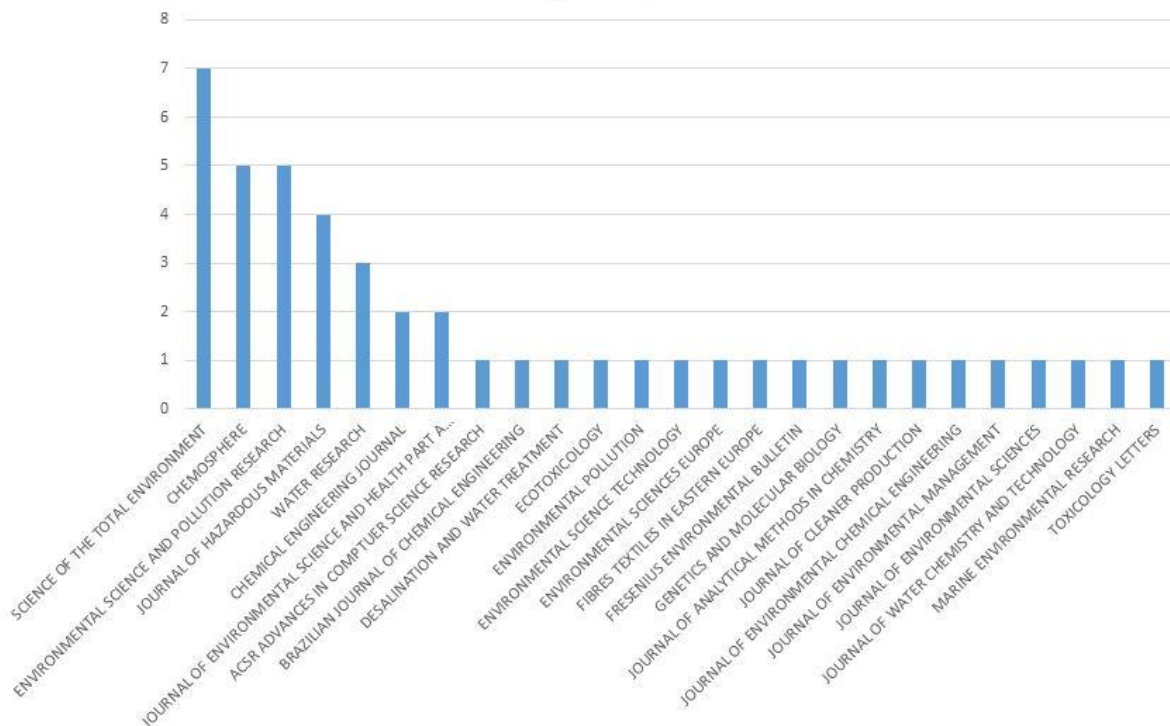


Figura – 7 Ranking de periódicos envolvendo os artigos na prospecção

5.CONCLUSÕES

Com base nas análises feitas a partir dos 46 artigos obtidos pela prospecção na ferramenta WOS correlacionando ensaios de toxicidade, pode-se concluir que:

1. As pesquisas que mais tem utilizado bioensaios para avaliação de toxicidade são as que se ocupam em estudar os efluentes industriais, com 61% dos resultados da busca.
2. Nos estudos envolvendo ETE's onde considera-se a característica predominantemente doméstica, os ensaios prioritariamente foram para avaliar a toxicidade nos corpos receptores.
3. As tecnologias de bioensaios mais utilizadas nos últimos anos são as que avaliam os efeitos de toxicidade aguda em vários níveis da cadeia trófica. Sendo os microcrustáceos *Daphnia magna* e a bactéria *Vibrio fisheri*, os organismos-testes mais frequentes em todas as pesquisas.
4. As ferramentas de busca exigem uma segunda etapa de manipulação estatística dos dados - o processo de análise é estritamente tácito, requer prática, domínio de ferramentas, senso crítico e capacidade de análise, habilidades que são desenvolvidas progressivamente com a prática.

Por fim, deve-se enfatizar que este estudo procurou demonstrar, dentre outras, a importância da gestão da informação, como uma ferramenta imprescindível de apoio ao monitoramento tecnológico utilizando as metodologias de estratégias de busca em bancos e bases de dados, como matéria-prima para a realização dos estudos de prospecção. Tal metodologia de avaliação pode ser implantada e rotineiramente aplicada para a tomada de decisão dos gestores, oferecendo tanto a atualização frente às pesquisas de interesse, como a possibilidade real da melhoria dos processos de tratamento de águas residuárias.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenzon, A., Pereira Neto, T., & Gerber, W. (2011). *Manual sobre toxicidade em efluentes industriais*. CEP SENAI.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (2004). Norma Técnica NBR 12713 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* sp (Crustacea, Cladocera).



- Bilinska, L., Gmurek, M., & Ledakowicz, S. (2016). Comparison between industrial and simulated textile wastewater treatment by AOPs - Biodegradability, toxicity and cost assessment. *CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL*, 306, pp. 550-559. doi:10.1016/j.cej.2016.07.100
- Borrely, S. I. (2001). Redução da toxicidade aguda de efluentes industriais e domésticos tratados por irrigação com feixes de elétrons, avaliado com espécies *Vibrio fisheri*, *Daphnia similis* e *Poecilia reticulata*. *Tese apresentada ao instituto de pesquisas tecnológicas (IPEN) na área de tecnologia nuclear - aplicações*.
- BRASIL - Ministério do meio ambiente / Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2011). Resolução nº 430.
- Brienza, M., Ahmed, M., Escande, A., Plantard, G., Scrano, L., Chiron, S., . . . Goetz, V. (2016). Use of solar advanced oxidation process for wastewater treatment: Follow-up on degradation products, acute toxicity, genotoxicity and estrogenicity. *CHEMOSPHERE*.
- Burkart, C., von Tumpling, W., & Berendong, T. (May de 2015). Nanoparticles in wastewater treatment plants: a novel acute toxicity for ciliates and its implementation in risk assessment. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*, pp. 7485-7494.
- Chaparro, T., & Pires, E. (2011). Anaerobic Treatment of cellulose bleach plant wastewater: Chlorinated organics and genotoxicity removal. *BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING*.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. (1994). Norma Técnica L5.018 - Água - teste de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus (Cladocera, Crustacea): Método de Ensaio.
- Companhia de Tecnologia de saneamento ambiental - CETESB. (2003). Norma Técnica L5.227, Teste de Toxicidade com a bactéria luminescente *Vibrio fisheri*: Método de Ensaio.
- Dagot, C., Laquaz, M., Bazin, C., Bastide, T., Gasset, M., Ploy, M., & Perrodin, Y. (Apr de 2018). Ecotoxicity and antibiotic resistance of a mixture of hospital and urban sewage in a wastewater treatment plant. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*. doi:10.107/s11356-0179957-6
- De Torres - Socias, E., Fernandez- Calderero, I., Oller, I., Trinidad - Lozano, M., Yuste, F., & Malato, S. (2013). Cork boiling wastewater treatment at pilot plant scale: Comparison of solar photo-Fenton and ozone (O₃, O₃/H₂O₂). Toxicity and Biodegradability assessment. *CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL*, 234, 232-239. doi:10.106/j.cej.2013.08.072
- Diaz-Garduno, B., Manzano, M., Rueda Marquez, J., & Martin-Diaz, M. (Mar de 2016). Are Combined AOPs effective for toxicity reduction in receiving marine environment? Suitability of battery of bioassays for wastewater treatment plant. *MARINE ENVIRONMENTAL RESEARCH*. doi:10.1016/j.marenvres.2015.12.011
- Eslami, A., & Hashemi, M. (s.d.). Degradation of 4-chlorophenol using catalyzed peroxymonosulfate with nano-MnO₂/UV irradiation: Toxicity assessment and evaluation for industrial wastewater treatment.
- Fathallah, S., Djelal, H., & Tahrani, L. (2014). Treatment Process and toxicities assessment of wastewater issued from anaerobic digestion of household wastes. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*.
- Garcia-Galan, M. J., Blanco, S. G., Roldan, R., Dias-Cruz, S., & Barcelo, D. (2012). Ecotoxicity evaluation and removal of sulfonamides and their acetylated metabolites during conventional wastewater treatment. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, pp. 403-412. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.08.038
- Gargosova, H., & Urmanska, B. (2017). Assessment of the Efficiency of wastewater treatment plant using ecotoxicity tests. *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 26, pp. 56-62.
- GilPavas, E., Gomez-Garcia, M., & Dobrosz-Gomez, I. (Feb de 2019). Optimization and toxicity assessment of a combined electrocoagulation, H₂O₂/Fe²⁺/UV. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, pp. 551-560. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.125
- Gutiérrez-Bouzan, C., Lopez-Mesas, M., Valient, M., Idel-Aouad, R., & Vilaseca, M. (2015). Relevance of Toxicity Assessment in Wastewater Treatments: Case Study- Four Fenton processes Applied to the mineralization of CI Acid Red 14. *JOURNAL OF ANALYTICAL METHODS IN CHEMISTRY*. doi:10.1155/2015/945489
- Jiang, H., Xie, X., Liu, N., Yang, F., Zhu, L., & Liu, J. (2015). Change of Genotoxicity of Simulated Textile Dyeing Wastewater during Anoxic-aerobic treatment. *International Conference on Industrial Technology and Management Science (ITMS)*, 34, pp. 977-980. Tianjin, Peoples R China. Acesso em 28/07/2019 de jul de 2019
- Liu, L., Liu, J., Zhang, A., & Liu, Z. (2017). Treatment effects and genotoxicity relevance of the toxic organic pollutants in semi-coking wastewater by combined treatment process. *ENVIRONMENTAL POLLUTION*.



- Liu, S., Cui, T., Xu, A., Han, W., Li, J., Sun, X., . . . Wang, L. (Sep de 2018). Electrochemical treatment of flutriafol wastewater using a novel 3D macroporous PbO₂ filter: Operating parameters, mechanisms and toxicity. *JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS*.
- Ma, W., Han, Y., Xu, C., Han, H., Zhu, H., Li, K., & Zheng, M. (OCT de 2018). Biototoxicity assessment and toxicity mechanism on coal gasification wastewater (CGM) : A comparative analysis of effluent from different treatment processes. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 637, pp. 1-8.
- Ma, X., Wang, X. C., & Liu, Y. (2011). Study of the variation of ecotoxicity at different stages of domestic wastewater treatment using *Vibrio-qinghaiensis* sp-Q67. *JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS*.
- Magdeburg, A., Stalter, D., & Oehmann, J. (2012). Whole effluent toxicity assesment at a wastewater treatment plant upgraded with a full-scale post- ozonation using aquatic key species. *CHEMOSPHERE*, 88(8), pp. 1008-1014. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.04.017
- Magdeburg, A., Stalter, D., Schliusener, M., Ternes, T., & Oehlmann, J. (2014). Evaluating the efficiency of advanced wastewater treatment: Target analysis of organic contaminants and (geno-) toxicity assesment tell a different story. *Water Research*.
- Malachova, K., Sezimova, H., & Rozinek, R. (2014). Detection of genotoxicity and toxicity of wastewater treatment plant (WTP) effluents after pretreatment with ferrate (VI). *TOXICOLOGY LETTERS*, pp. S117-S118.
- Matvyeva, O., Hladchenko, L., Matvyeyeva, E., Lapan, O., & Kipnis, L. (Sep de 2017). Assessment of wastewater toxicity after their treatment by biosorbents Ecolan-Econadin. *JOURNAL OF WATER CHEMISTRY AND TECHNOLOGY*, pp. 294-298. doi:10.3103/S1063455X17050071
- Mendonça, E., Picado, A., Paixão, S. M., Silva, L., Cunha, M., Leitão, S., . . . Brito, F. (2009). Ecotoxicity tests in the environmental analysis of wastewater treatment plants: Case study in Portugal. *JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS*. doi:10.2016/j.hazmat.2008.07.012
- Mohapatra, D., Brar, S., Tyagi, R., Picard, P., & Surampalli, R. (2013). A comparative study of ultrasonication , Fenton´s oxidation and ferro-sonication treatment for degradation of carbamazepine from wastewater and toxicity test by Yeast Estrogen Screen (YES) assay. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*.
- Munoz, I., Rodriguez, A., Rosal, R., & Fernandez-Alba, A. (2009). Life Cycle Assesment of urban wastewater reuse with ozonation as tertiary treatment A focus on toxicity - related impacts . *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*.
- Munoz, M., Garcia-Munoz, P., Pliego, G., & de Pedro, Z. (2016). Application of intensified Fenton Oxidation to the treatment of hospital wastewater : Kinetics ecotoxicity and desinfeccion. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL CHEMICAL ENGINEERING*.
- Nogueira, V., Lopes, I., Rocha-Santos, T., Rasteiro, M., Abrantes , N., Gonçalves, F., . . . Duarte, A. (2015). Assessing the ecotoxicity of metal nano-oxides with potential for wastewater treatment. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*.
- Ortiz de Garcia, S., Pinto, G., Garcia-Ensina, P., & Irusta-Mata, R. (2014). Ecotoxicity an environmental risk assessment of pharmaceuticals and personal care products in aquatic environments and wastewater treatment plants. *ECOTOXICOLOGY*, 23(8). doi:10.1007/S10646-014-1293-8
- Ouarda, Y., Tiwari, B., & Sauve, S. (2018). Synthetic hospital wastewater treatment by coupling submerged membrane bioreactor and eletrochemical advanced oxidation process: Kinetic study and toxicity assessment . *CHEMOSPHERE*.
- Perdigon-Melon, J., Carbajo, J., Petre , A., Rosal, R., & Garcia-Calvo, E. (2010). Coagulation- Fenton coupled treatment for ecotoxicity reduction in highly polluted industrial wastewater. *JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS*, 181, pp. 127-132. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.04.104
- Purchase, D., Bharagava, R., & Romanholo, F. (Jun de 2019). Phitotoxicity, citotoxicity and genotoxicity evaluation of organic and inorganic pollutants rich tannery wastewater froma Common effluent treatment Plant (CETP) in Unnao district, India using *Vigna radiata* and *Allium cepa*. *CHEMOSPHERE*. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.02.124
- Robles-Vargas, D., & Rico-Martinez, R. (2012). Assessment of the quality and toxicity of the discharges of a wastewater treatment plant and alternatives to improve its operation. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART A - TOXIC /HAZARDOUS SUBSTANCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING*.
- Schiliro, T., Porfido, A., & Spina, F. (2012). Oestrogenic activity of a textile industrial wastewater treatment plant effluent evaluated by the E-screen test and MELN gene reporter luciferase assay. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*.

- Stalter , D., Magdeburg, A., Weil, M., Knacker, T., & Oehlmann, J. (2010). Toxication or detoxication? In vivo toxicity assesment of ozonation as advanced wastewater treatment with the raibow trout. *Water Research*.
- Thewes, M., Endres, D., & Droste, A. (2011). Genotoxicity biomotoring of sewage in two municippal wastewater treatment plants using the Tradescantia pallida var. purpurea bioassy. *GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY*.
- Thomas, M., & Zdebik, D. (Jun de 2019). Treatment of Real Textile Wastewater by using Potassium Ferrate (VI) and Fe(III) /H₂O₂. Application of Aliivibrio Fischeri and Brachionus Plicatilis tests for Toxicity Assessment. *FIBRES & TEXTILES IN EASTERN EUROPE*, pp. 78-84. doi:10.5604/01.30001.0013.0746
- Torres-Guzman, F., Rico- Martinez, R., & Avelar-Gonzalez, F. (2010). An assessment of chemical and physical parameters , several contaminants including metals, and toxicity in the seven major wastewater treatment plants inthe state of Aguascalientes, Mexico. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART A- TOXIC / HAZARDOUS SUBSTANCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING*.
- Valitalo, P., Massei , R., Heiskanem, I., & Benish, P. (2017). Effect-based assessment of toxicity removal during wastewater treatment .
- Wei, D., Tan, Z., & Du, Y. (2012). Toxicity--based assessment of the treatment performance of wastewater treatment and reclamation processes. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*.
- Wilhelm, S., Jacob, S., Ziegler, M., Koehler, H., & Triebkorn, R. (Jul de 2018). Influence of different wastewater technologies on genotoxicity and dioxin-like toxicity in effluent - exposed fish. *ENVIRONMENTAL SCIENCES EUROPE*. doi:10.1186/s12302-018-0154-0
- Wu, Q., Li, Y., & Hu, H. (2012). Removal of genotoxicity in chlorinated secondary effluent of a domestic wastewater treatment plant during dechlorination. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*.
- Wu, Q.-Y., Hu, H.-Y., Sun, Y., & Zhao, F.-Y. (2010). Reduced Effect of Bromide on the genotoxicity in secondary effluent of a Municipal Wastewater Treatment Plantduring Chlorination. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, pp. 4924-4929. doi:10.1021/es100152j
- Yuzer, B., Guida, M., Ciner, F., Aydim, M., & Meric, S. (2016). A multifaceted aggregation and toxicity assessment study of sol- gel- based TiO₂ nanoparticles during textile wastewater treatment. *DESALINATION AND WATER TREATMENT*.
- Zhang, J., Zhang , Y., & Liu, W. (2013). Evaluation of removal efficiency for acute toxicity and genotoxicity on zebrafish in anoxi- oxic process from selected municipal wastewater treatment plants. *CHEMOSPHERE*.