XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA SOLUÇÃO DO FÁRMACO LOSARTANA APÓS O TRATAMENTO EMPREGANDO PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS COMBINADOS

Fernanda Sobreira Silva [1] ; Vanessa de Oliveira Marques Cavalcanti [2] ; Gabriel Paiva Ourem [3] ; Maria Eduarda de Aquino Medeiros Amorim da Câmara [4] ; José Luís Ferreira Sá [5] ; Ana Maria Mendonça de Albuquerque Melo [6] ; Glória Maria Vinhas [7] & Daniella Carla Napoleão [8]

RESUMO – A água é essencial para o desenvolvimento humano, urbano e industrial. No entanto, o fornecimento de uma água potável e segura tem se tornado um desafio cada vez mais frequente. Dessa forma, os processos oxidativos avançados (POA) tornam-se cada vez mais uteis e necessários, pois são capazes de degradar inúmeros contaminantes, destacando-se os fármacos. Todavia, se faz necessários a investigação dos efeitos tóxicos antes e após o tratamento, devido a formação de subprodutos gerados. Neste contexto, este estudo buscou aplicar um tratamento fotocatalítico a base de magnetita e óxido de zinco para degradação dos fármacos anti-hipertensivo, losartana. Os resultados apresentaram uma eficiência de degradação em cerca de 100% (<LD) em 35 min para losartana. Nos ensaios de toxicidade com diferentes níveis tróficos (*Lactuca sativa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* e *Artemia salina*) observou-se o indicativo da presença de toxicidade, sugerindo a formação de produtos de transformação com maior potencial tóxico que o composto original. Esse comportamento reforça a importância da avaliação multitrófica, pois diferentes organismos podem responder de forma distinta aos contaminantes.

ABSTRACT– Water is essential for human, urban, and industrial development. However, providing safe drinking water has become an increasingly frequent challenge. Therefore, advanced oxidation processes (AOPs) are becoming increasingly useful and necessary, as they can degrade numerous contaminants, particularly pharmaceuticals. However, it is necessary to investigate the toxic effects before and after treatment due to the formation of byproducts. In this context, this study sought to apply photocatalytic treatment based on magnetite and zinc oxide for the degradation of the antihypertensive drug, losartan. The results showed a degradation efficiency of approximately 100%

[1]) Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711– fernanda.sobreira@ufpe.br
[2]) Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711– vanessaoliveiramcavalcanti@gmail.com
[3]) Mestrando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711 – gabriel.paiva@ufpe.br
[4]) Graduanda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711 – eduarda.aquino@ufpe.br
[5]) Doutor em Bioquímica e Fisiologia pela Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711– luismuma6@gmail.com
[6]) Doutora em Tecnologia Nuclear Aplicações pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN) na Universidade de São Paulo (Usp-Sp). Docente do departamento de Biofísica e Radiobiologia, Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711– ana.mamelo@ufpe.br
[7]) Doutora em Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Docente do departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711– gloria.vinhas@ufpe.br
[8]) Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Docente do departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, CEP-50740-521, Recife-PE, Brasil – Tel (81) 21268711– daniella.napoleao@ufpe.br

(<LD) in 35 min for losartan. In toxicity tests with different trophic levels (*Lactuca sativa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, and *Artemia salina*), the presence of toxicity was indicated, suggesting the formation of transformation products with greater toxic potential than the original compound. This behavior reinforces the importance of multitrophic assessment, as different organisms may respond differently to contaminants.

Palavras-Chave – Anti-hipertensivos; Águas residuais; Toxicidade.

1 – INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, escasso e indispensável, essencial para a preservação da vida humana e a sustentabilidade ambiental (Iqbal *et al.* 2024). No entanto, atualmente existem inúmeros produtos químicos sintéticos que potencialmente podem afetar ou prejudicar o meio ambiente na atmosfera, poluição e perda da diversidade (Souza *et al.* 2021). Portanto, o fornecimento de água potável e segura para o uso humano e industrial é um desafio (Khader *et al.* 2024).

Os chamados poluentes orgânicos persistentes (POP) apresentam significativa preocupação ambiental pelo potencial de causar distúrbios ecológicos e efeitos na saúde humana, bem como por não serem monitorados por legislações ambientais (Tang *et al.* 2020). Os POP compreendem diferentes substâncias como produtos de higiene pessoal, desreguladores endócrinos, hormônios sintéticos e naturais, plastificantes, aditivos alimentares, pesticidas e compostos farmacêuticos ativos (Prada-Vásquez *et al.* 2021) e tem sido amplamente detectados em diversas matrizes aquáticas. E uma vez que esses contaminantes estão inseridos nos sistemas podem ocorrer fenômenos como bioacumulação, biomagnificação, biotransformação podendo promover impactos agudos e crônicos (Rojo *et al.* 2021).

Embora os processos de tratamento em sistemas convencionais esses compostos sejam submetidos a inúmeros processos físicos/químicos e/ou biológicos, eles se apresentam ineficientes (Glazal *et al.* 2022), tornando-se necessário a aplicação de técnicas que são capazes de degradar esses poluentes, como os processos oxidativos avançados (POA). Os POA atuam promovendo a degradação de diversos contaminantes e são caracterizados pela geração de espécies altamente de oxigênio, não seletivas e fortemente oxidantes, capazes de atacar e degradar compostos persistentes e tóxicos (Han *et al.* 2022; Vučić *et al.* 2021).

A redução dos contaminantes podem resultar na diminuição da toxicidade, porém, a alta eficiência na degradação nem sempre resulta em uma queda da toxicidade (Nair; Manu; Azhoni, 2024). Tornando-se em um dos desafios dos POA, com a geração de possíveis efeitos tóxicos advindos dos produtos de transformação gerados após o tratamento. Portanto, é essencial estimar a toxicidade da água antes e após o POA proposto, bem como avaliar com diferentes organismos

permitindo determinar a ameaça que esses poluentes representam para os organismos aquáticos e não aquáticos (Silva *et al.* 2025).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar amostras antes e depois de empregar o catalisador bimetálico à base de magnetita (Fe_3O_4) e óxido de zinco (ZnO) na fotodegradação do fármaco losartana empregando processos oxidativos avançados combinados (POAC) através de diferentes espécies multitróficas: sementes (*Lactuca sativa*), bactérias (*Escherichia coli* e *Salmonella enteritidis*) e microcrustáceos (*Artemia salina*).

2 – METODOLOGIA

A degradação da solução aquosa de losartana a 10 $mg.L^{-1}$ foi realizada em reator de bancada com 3 lâmpadas UV-C de 30 W, cada, dispostas em paralelo. Para este estudo foram determinadas primariamente as melhores condições operacionais das seguintes variáveis: concentração de peróxido de hidrogênio, concentração de catalisador (formado por um híbrido de ZnO e magnetita) e pH do meio reacional. Após a definição da condição melhor condição de trabalho (H_2O_2 = 20 $mg.L^{-1}$, catalisador = 0,04 $g.L^{-1}$ e pH = 5,0), realizou-se o monitoramento cinético da degradação até a estabilização da eficiência de remoção. As amostras obtidas antes e após o tratamento combinado dos processos foto-Fenton e fotocatálise nas condições descritas acima foram submetidas posteriormente a ensaios ecotoxicológicos descritos neste trabalho. A discussão detalhada das melhores condições e monitoramento cinético do processo fotocatalítico é apresentada em estudo complementar desenvolvido pelos autores.

2.1 Fitotoxicidade utilizando sementes de alface (*Lactuca sativa*)

A fitoxicidade foi realizada através de ensaios de germinação e crescimento de sementes, em que utilizando sementes de *Lactuca sativa* (Topseed; Pureza 99%), conforme descrito por Santos *et al.,* (2019). Os ensaios foram realizados em quintuplicata e as sementes foram dispostas em placas de Petri (20 cada) forrada com papel de filtro e adicionadas 4 mL da solução antes do tratamento, após o tratamento e os controles positivo (solução de ácido bórico a 3%) e negativo (água destilada), por 120 h. O pH foi ajustado para 7,0± 0,2 na matriz antes e após tratamento. Ao final, o nível de toxicidade foi avaliado quanto a germinação das sementes e o crescimento radicular.

2.2 Toxicidade microbiológica utilizando bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella enteritidis*

A toxicidade microbiológica foi avaliada pela viabilidade celular utilizando as bactérias *Escherichia coli* (UFPEDA 224) e *Salmonella enteritidis* (UFPEDA 414) obtidos Coleção de Culturas do Departamento de Antibióticos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Para o

ensaio, conforme descrito por Gomes *et al.* (2021), as amostras foram filtradas em filtros de seringa estéreis (PVDF 13 mm x 0,22 µm) e cultivadas em meio Ágar Mueller Hinton (AMH) overnight a 37 °C. Em seguida, as colônias foram ressuspendidas em solução salina estéril (NaCl 0,15 mol.L^{-1}) e ajustadas turbidimetricamente a um comprimento de onda de 600 nm (DO600) para a obtenção de suspenção equivalente a $3x10^6$ unidades formadoras de colônias (UFC) por ml. Cada amostra (150 µL) foi incubada por 24 h à 37°C, com a suspensão de células das bactérias (16,6 µL; $3x10^6$ UFC.mL^{-1} em NaCl 0,15 mol.L^{-1}) e meio caldo Mueller Hinton (33,3 µL). O controle negativo foram células bacterianas tratadas com água ultrapura estéril. Antes e após o período de incubação, o conteúdo de cada tratamento foi transferido para placas de microtitulação 96 poços para a determinação do percentual de crescimento comparado ao controle negativo. Adicionalmente, alíquotas dos tratamentos foram semeados em placas de Petri contendo AMH para avaliação da viabilidade celular após 24h de incubação à 37°C, em triplicata.

2.3 Ecotoxicidade utilizando microcrustáceos (*Artemia salina)*

A ecotoxicidade utilizando microcrustáceos da espécie *Artemia salina*, foram realizados conforme a metodologia descrita por Aguiar *et al.* (2022). Inicialmente, os ovos foram condicionados em água do mar e aeração constante por 48 h e à temperatura de 25 ± 1 °C. Após a eclosão, 10 indivíduos foram expostos por 24 h e à temperatura de 25 ± 1 °C as soluções inicial e tratada, bem como controle negativo (água do mar) e controle positivo (1,0 mg·L^{-1} de niclosamida) e avaliados a sobrevida e motilidade.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos que mostraram as melhores condições das variáveis operacionais do sistema UV-C/Fe_3O_4/ZnO são apresentados em outro trabalho submetido neste evento. Em resumo, nas condições selecionadas permitiu alcançar degradação de aproximadamente 100% da losartana (<LD) após 35 min de tratamento, conforme determinado por cromatografia líquida de alta eficiência. Considerando que elevadas eficiências de degradação não garantem necessariamente a redução da toxicidade, as amostras obtidas antes e após o tratamento foram submetidas à avaliação ecotoxicológica utilizando organismos de diferentes níveis tróficos.

3.1 Avaliação ecotoxicológica utilizando espécies multitróficas

Foram avaliadas amostras antes e depois dos processos oxidativos combinados, utilizando espécies multitróficas: sementes (*Lactuca sativa*), bactérias (*Escherichia coli* e *Salmonella enteritidis*) e microcrustáceos (*Artemia salina*). Todos os resultados estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Teste de toxicidade com sementes, bactérias e microcrustáceos para solução aquosa inicial e final.

Organismos	Espécies	Resposta	Amostra		
			Controle negativo	Antes do tratamento	Após o tratamento
Semente	*Lactuca sativa*	IG (%)	100,00	85,79	38,98
		ICR	1,00	1,02	0,48
Bactérias	*Escherichia coli*	OD600 médio ± σ	0,207 ± 0,017	0,078 ± 0,024	0,083 ± 0,030
		G (%)	100,00	37,74	40,14
	Salmonella enteritidis	OD600 médio ± σ	0,593 ± 0,016	0,603 ± 0,016	0,405 ± 0,220
		G (%)	100,00	101,77	63,38
Microcrustáceo	*Artemia salina*	Taxa de sobrevivência (%)	100,00	100,00	55,00

IG – Indice de germinação; ICR – Indice de crescimento radicular; OD600 - densidade óptica a 600 nm; σ – desvio padrão das amostras; G (%) – percentual de crescimento.

Inicialmente, realizou-se os testes de fitoxicidade com sementes, em que se registrou a germinação a partir do aparecimento visível da radícula. Os testes de toxicidade com sementes vasculares, como no caso da *Lactuca sativa*, permitem a detecção dos efeitos de substâncias tóxicas presentes em efluentes (Young *et al,* 2012). Através da Tabela 1, verifica-se que para a amostra após o tratamento foi observado uma alta inibição no índice de crescimento radicular (< 0,48), indicando a presença de toxicidade. O ICR é um considerado um parâmetro mais sensível, pois observa-se alterações fisiológicas decorrente da exposição ao contaminante. Nota-se um potencial inibitório na germinação mais elevado que a na solução inicial, podendo indicar que os produtos de transformação formados podem ser mais tóxicos que o composto inicial. O aumento da toxicidade pode estar relacionada com a possível formação de intermediários mais tóxicos que o composto inicial. Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados por Santana *et al.* (2023) e por Moraes *et al.* (2020).

Para os resultados dos ensaios de toxicidade microbiana, nota-se que a solução contendo a losartana apresentava toxicidade para *E. coli* antes do tratamento, reduzindo o crescimento bacteriano para cerca de 38% quando comparada ao controle negativo. Após o tratamento, o crescimento permaneceu inalterado. Para a bactéria *S. enteritidis,* o crescimento bacteriano antes do tratamento foi superior ao controle negativo (101,77%), indicando a ausência de efeito antibacteriano. Após o tratamento, houve redução para 63,38%, apresentando um efeito tóxico, podendo indicar uma sensibilidade aos possíveis intermediários formados.

Por fim, nos ensaios de toxicidade aguda utilizando nauplios de *Artemia salina* exposto as soluções iniciais e finais por 24 h. Não foi observada mortalidade nas amostras de controle negativo (água do mar) e na amostra antes do tratamento. No entanto, nas amostras após o tratamento, observou-se uma sobrevivência de 55%, indicando que os indivíduos apresentaram uma maior sensibilidade aos possíveis compostos gerados após o tratamento, causando a mortalidade de 45%. A presença de certa toxicidade na solução após o tratamento pode estar relacionados a possíveis intermediários formados a partir dos compostos alvo, fato este que ocorre quando não há mineralização completo dos contaminantes (Silva *et al.* 2025). Essa resposta destaca a importância de não apenas avaliar a eficiência de degradação mais dos impactos ecotoxicológicos dos subprodutos gerados.

4 – CONCLUSÃO

Diante do exposto, nota-se o bom desempenho do catalisador empregado para degradação do fármaco losartana. Os ensaios de degradação nas melhores condições operacionais obtidas alcançou-se resultados de 100% de degradação. Os resultados de toxicidade indicaram que a amostra tratada com a presença de toxicidade. A toxicidade simultânea observada demonstra que esse efeito não é seletivo, corroborando a necessidade de etapas adicionais de tratamento ou de maior tempo de mineralização. Esse comportamento enfatiza que, mesmo quando o processo oxidativo apresente percentuais elevados de degradação do poluente, é imprescindível a realização de testes ecotoxicológicos que confirmem que o efluente final é ambientalmente seguro. Além disso, a presença de toxicidade aponta para a necessidade de ensaios complementares, incluindo análises químicas capazes de identificar os intermediários formados, de modo a compreender sua contribuição para o impacto ecotoxicológico e propor estratégias para sua remoção.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, FACEPE (processo APQ-0947-3.06/22), e CNPq (processo 303911/2025-5) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, T.W.D.A.; BATISTA, J.J.; FERREIRA, S.A.D.O.; SAMPAIO, M.D.V.L.; PEREIRA, D.R.; FERREIRA, M.R.A.; SOARES, L.A.L.; MELO, A.M.M.A.; ALBURQUERQUE, M.C.P.A.; AIRES, A.L.; ARAÚJO, H.D.A.; COELHO, L. C. B. B. (2022) "*Effect of Bauhinia 838 monandra Kurz leaf preparations on embryonic stages and adult snails of 839 Biomphalaria glabrata (Say, 1818), Schistosoma mansoni Cercariae and toxicity in Artemia salina*". Molecules, 27(15), pp. 4993.

GHAZAL, H.; KOUMAKI, E.; HOSLETT, J.; MALAMIS, S.; KATSOU, E.; BARCELO, D.; JOUHARA, H. (2022) "*Insights into current physical, chemical and hybrid technologies used for the treatment of wastewater contaminated with pharmaceuticals*". Journal of Cleaner Production, 361, pp. 132079.

HAN, M.; ZHU, W.; HOSSAIN, M.S.A.; YOU, J.; KIM, J. (2022) "*Recent progress of functional metal–organic framework materials for water treatment using sulfate radicals*". Environmental Research, 211, pp. 112956.

IQBAL, J.; SHAH, N.S.; KHAN, J.A.; NAUSHAD, J.A.; GRZEGORZ, B.; JAMIL, F.; KHAN, S.; LI, L.; MURTAZA, B.; HAN, C. (2024) "*Pharmaceuticals wastewater treatment via different advanced oxidation processes: Reaction mechanism, operational factors, toxicities, and cost evaluation – A review*". Separation and Purification Technology, 347, pp. 127458.

KHADER, E.H.; MUSLIM, S.A.; SAADY, N.M.C.; ALI, N.S.; SALIH, I.K.; MOHAMMED, T.J.; ALBAYATI, T. M.; ZENDEHBOUDI, S. (2024) "Recent advances in photocatalytic advanced oxidation processes for organic compound degradation: A review". Desalination and Water Treatment, 318, pp. 100384.

MORAES, N.F.; SANTANA, R.M.; GOMES, R.K.; JÚNIOR, S.G.S.; LUCENA, A.L.A.; ZAIDAN, L.E.; NAPOLEÃO, D.C. (2020) "*Performance verification of different advanced oxidation processes in the degradation of the dye acid violet 17: reaction kinetics, toxicity and degradation prediction by artificial neural networks*". Chemical Papers. 75 (2), pp. 539-552.

NAIR, K.S.; MANU, B.; AZHONI, A. (2024) "*Toxicity Analysis of Treated Paint Wastewater by Advanced Oxidation Process Using Bacterial Growth Inhibition and Seed Germination Test*". Technologies for Sustainable Transportation Infrastructures (SIIOC 2023), Conference paper, pp. 859-868.

NKURIKIYIMFURA, I.; WAN, Y.; SAFARI, B.; NSHINGABIGWI, E. (2020) "*Temperature-dependent magnetic properties of magnetite nanoparticles synthesized via coprecipitation method*". Journal of Alloys and compounds, 846, pp. 156344.

PRADA-VÁSQUEZ, M.A.; ESTRADA-FLÓREZ, S.E.; SERNA-GALVIS, E.A.; TORRES-PALMA, R.A. (2021) "*Developments in the intensification of photo-Fenton and ozonation-based processes for the removal of contaminants of emerging concern in Ibero-American countries*" Science of The Total Environment, 765, pp. 142699.

ROJO, M.; CRISTOS, D.; GONZÁLEZ, P.; LÓPEZ-ACA, V.; DOMÁNICO, A.; CARRIQUIRIBORDE, P. (2021) "*Accumulation of human pharmaceuticals and activity of biotransformation enzymes in fish from two areas of the lower Rio de la Plata Basin*". Chemosphere, 266, pp. 129012.

SANTANA, R.M.R.; NAPOLEÃO, D.C.; RODRIGUEZ-DIAZ, J.M.; GOMES, R.K.M.; SILVA, M.G.; LIMA, V.M.E.; NETO, A.A.M.; VINHAS, G.M.; DUARTE, M.M.M.B. (2023) "*Efficient microbial cellulose/Fe_3O_4 nanocomposite for photocatalytic degradation by advanced oxidation process of textile dyes*". Chemosphere, 326, pp. 138453.

SANTOS, M.M.D.M.; DUARTE, M.M.M.B.; NASCIMENTO, G.E.D.; SOUZA, N.B.G.D.; ROCHA, O.R.S.D (2019). "*Use of TiO_2 photocatalyst supported on residues of 1042 polystyrene*

packaging and its applicability on the removal of food dyes". Environmental Technology, 40(12), pp. 1494-1507.

SILVA, F.S.; LIMA, M. V.; PEREIRA, D.R.; MELO, A.M.M.A.; CAVALCANTI, J.V.F.L.; GARCIA, R.R.P.; LUCENA, A.L.A.; RODRÍGUEZ-DIAZ, J.M.; HONORATO, F.A.; NAPOLEÃO, D.C. (2025) "*Photocatalytic efficacy of pyrite in the degradation of antiretroviral drugs: Biomphalaria glabrata as a bioindicator of toxic and genotoxic effects*". Emerging Contaminants, 11 (1), pp. 100416.

SOUZA, H.O.; COSTA, R.S.; QUADRA, G.R.; FERNANDEZ, S.M.A. (2021) "*Pharmaceutical pollution and sustainable development goals: Going the right way?*". Sustainable Chemistry and Pharmacy, 21, pp. 100428.

TANG, Y.; ZHONG, Y.; LI, H.; HUANG, Y.; GUO, X.; YANG, F.; WU, Y. (2020) "*Contaminants of emerging concern in aquatic environment: Occurrence, monitoring, fate, and risk assessment*". Water Environment Research, 92 (10), pp. 1811-1817.

UNAL, B.O.; BILICI, Z; UGUR, N.; ISIK, Z.; HARPUTLU, E.; DIZGE, N.; OCAKOGLU, K. (2019). "*Adsorption and Fenton oxidation of azo dyes by magnetite nanoparticles deposited on a glass substrate*". Journal of Water Process Engineering, 32, pp. 100897.

VUČIĆ, M.R.; BAOŠIĆ, R.; MITROVIĆ, J.; PETROVIĆ, M.; VELINOV, N.; KOSTIĆ, M.; BOJIĆ, A. (2021) "*Comparison of the advanced oxidation processes in the degradation of pharmaceuticals and pesticides in simulated urban wastewater: Principal component analysis and energy requirements*". Process Safety and Environmental Protection, 149, pp. 786-793.

YOUNG, B.J.; RIERA, N.I.; BEILY, M.E.; BRES, P.A.; CRESPO, D.C.; RONCO, A.E. (2012). "*Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on Lactuca sativa*". Ecotoxicology and Environmental Safety, 76, pp. 182-186.