

## AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ELETROQUÍMICO DO 2,4-D EM ELETRODO DE PLA CONDUTIVO MODIFICADO COM BISMUTO

Julia. D. G. M. Furtado<sup>1\*</sup>, Sidnei B. Gomes Junior<sup>1</sup>, Tárcila M. N. da Silva<sup>1</sup>, José Guilherme A. Rodrigues<sup>1</sup>, Robert Crapnell<sup>2</sup>, Craig E. Banks<sup>2</sup>, Jair Carlos C. Freitas<sup>1</sup>, Rodrigo A. A. Muñoz<sup>3</sup>, Rafael de Q. Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Química/Centro de Ciências Exatas, Vitória, Espírito Santo, Brasil, 29075-910.

<sup>2</sup> Universidade Metropolitana de Manchester, Faculdade de Ciências e Engenharia, Manchester, Reino Unido.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 38400-902.

\*e-mail: julia.d.furtado@edu.ufes.br

O ácido 2,4-diclorofenoxyacético (2,4-D) é um dos herbicidas mais empregados no controle de plantas daninhas, estando entre os contaminantes mais encontrados em ambientes agrícolas<sup>1</sup>. Apesar de sua eficiência agronômica, o 2,4-D está frequentemente associado a efeitos adversos à saúde humana e à degradação ambiental, o que demanda o desenvolvimento de metodologias analíticas rápidas, sensíveis e de baixo custo para seu monitoramento<sup>1</sup>. Nesse contexto, as técnicas eletroanalíticas têm se destacado como alternativas viáveis frente aos métodos cromatográficos convencionais, pois possibilitam análises mais simples, acessíveis e com potencial aplicação *in loco*. Embora estudos demonstrem o grande potencial dessas abordagens para a detecção de herbicidas<sup>2</sup>, grande parte ainda emprega eletrodos comerciais, como o eletrodo de carbono vítreo, que frequentemente exigem modificações complexas e de alto custo. Nos últimos anos, entretanto, os eletrodos produzidos por impressão 3D surgiram como uma alternativa inovadora, ampliando as perspectivas para o desenvolvimento de sensores eletroquímicos devido à possibilidade de customização, ao baixo custo relativo e à portabilidade<sup>3</sup>. Considerando esse contexto, este trabalho investigou a aplicação de um eletrodo impresso 3D, confeccionado a partir de um filamento condutivo de ácido polilático (do inglês, *polylactic acid*, PLA) contendo *carbon black* e bismuto (PLA-CB-Bi), para a detecção do 2,4-D. O comportamento eletroquímico do herbicida foi inicialmente investigado por voltametria cíclica, utilizando velocidade de varredura de 50 mV s<sup>-1</sup>, faixa de potencial de 0,0 a 1,8 V e cinco ciclos consecutivos, o que permitiu a avaliação de seu perfil voltamétrico. Em seguida, foi conduzido um estudo da influência do pH no sinal analítico, empregando tampão Britton-Robinson (0,1 mol L<sup>-1</sup>) na faixa de pH de 2,0 a 8,0. Observou-se que o pH 2,0 proporcionou a melhor resposta analítica para o 2,4-D, com registro de um pico de oxidação irreversível em potencial de aproximadamente +1,5 V. A partir desses resultados, e considerando as vantagens do eletrodo 3D de PLA-CB-Bi em termos de simplicidade, custo e possibilidade de modificação, o sistema mostra-se promissor para a etapa seguinte de análises voltadas aos aspectos quantitativos, que serão aprofundados futuramente.

**Agradecimentos:** Ao Núcleo de Competência em Química do Petróleo, ao Laboratório de Materiais Carbonosos e Cerâmicos (LMC/Ufes), ao Grupo de Pesquisa Eletroquímica da Universidade Metropolitana de Manchester (UK), à Capes e à Universidade Federal do Espírito Santo.

[1] Skrzypczyńska K, Kuśmierk K, Świątkowski A. Journal of Electroanalytical Chemistry, 766, 2016, 8.

[2] Srinithi S, et al. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 165, 2024, 105779.

[3] Rodrigues JGA, et al. ACS Omega, 10, 2025, 1131.