



ELETROQUÍMICA

III ESCOLA MINEIRA DE

ELETROQUÍMICA

13 - 17 DE ABRIL DE 2026

RESUMOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

UFU - CAMPUS SANTA MÔNICA

Universidade Federal de Uberlândia

CADERNO DE RESUMOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS



Um registro da produção apresentada e um convite à continuidade das discussões e colaborações científicas.

Este arquivo reúne os resumos dos trabalhos apresentados na **III Escola Mineira de Eletroquímica** e no **II Workshop ME**, realizados na UFU. A presente publicação registra parte da produção científica compartilhada durante o evento, evidenciando a diversidade de temas, abordagens e aplicações desenvolvidas na área de Eletroquímica e Eletroanalítica. Agradecemos aos(as) autores(as), palestrantes, avaliadores(as), equipe de organização e instituições parceiras, cuja colaboração tornou esta edição possível.



COORDENAÇÃO DA 3ª ESCOLA MINEIRA DE ELETROQUÍMICA E II WORKSHOP ME

SUMÁRIO

05 PRODUÇÃO DE FILAMENTOS CONDUTORES CONTENDO ÓLEOS VEGETAIS PARA IMPRESSÃO 3D DE SENSORES ELETROQUÍMICOS

Arielly Cardoso, Bruno Campos Janegitz

06 CARBON-MWCNT-MODIFIED/PLA FILAMENT FOR ELECTROCHEMICAL DETECTION OF SULFADIAZINE

Wilson S. Fernandes-Junior, Luiz O. Orzari, Mateus V. Pereira, Vinicius A. O. P. Silva, Jéssica S. Stefano, Juliano A. Bonacin, Bruno C. Janegitz

07 DEVELOPMENT OF A 3D-PRINTED ELECTRODE FUNCTIONALIZED WITH GOLD NANOPARTICLES FOR DOPAMINE DETECTION

Francessca Fornasier, Laura dos Santos, Guilherme S. Rocha, Leonan S. Rodrigues, João Victor Nicolini, Helen C. Ferraz

08 ANALYTICAL METHOD USING MODIFIED PRINTED CARBON ELECTRODES FOR AFLATOXIN B1 DETECTION

Jéssica da Conceição da Silva, Sarah Kelly Melo Cavalcante Rodrigues Lima, Phabyanno Rodrigues Lima, Diógenes Meneses dos Santos, Fabiane Caxico de Abreu Galdino

09 A SIMPLE AND SENSITIVE COPC/LIG ELECTROCHEMICAL SENSOR FOR DETERMINATION OF RUTIN IN PLANT EXTRACTS

João Pedro C. Silva, Jéssica R. Camargo, Luiz Ricardo G. Silva, Jéssica. S. Stefano, Luiza M. F. Dantas, Iranaldo S. Da Silva, Bruno Campos Janegitz

10 ESTUDO DA NANOESTRUTURAÇÃO DE ELETRODO DE Au E SUA INFLUÊNCIA NA DUPLA-CAMADA ELÉTRICA

Diele S. Macedo, André H. B. Dourado

11 ELECTROCATALYTIC NITRATE REDUCTION TO AMMONIA USING A $Ti_{20}Cu_{20}Fe_{20}Co_{20}Ni_{20}$ HIGH-ENTROPY ALLOY

Fabiano M. Oliveira, João J. Mauricio, Payam Edalati, Luiz O. Orzari, Ricardo Floriano, Raphael Nagao

SUMÁRIO

12 DESENVOLVIMENTO DE BIOSSENSORES ELETROQUÍMICOS PARA DETECÇÃO DE CÉLULAS INTEIRAS DE XANTHOMONAS CITRI

Carlos Daniel Nazareno Ferrão, Adrian Gabriel Sant Anna de Jesus, Maísa Azevedo Beluomini

13 BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO PORTÁTIL PARA DETECÇÃO DE Mir200a SALIVAR EM AMOSTRAS DE CÂNCER DE MAMA

Marlone Love Tchouptang Njiyip, Dayane Dotto de Moraes, Luis Miguel Esteves De Lima Cunha, Lida Natalia Parra Gelves, Lucas Robert Oliveira Silva, Yara Cristina De Paiva Maia, João Marcos Madurro, Ana Graci Brito Madurro

14 BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO BASEADO EM IMPRESSÃO MOLECULAR PARA RECONHECIMENTO SELETIVO DE BACILLUS THURINGIENSIS

Adrian Gabriel Sant Anna de Jesus, Carlos Daniel Nazareno Ferrão, Maísa Azevedo Beluomini

15 LACCASE-BASED BIOELECTROCHEMICAL PLATFORMS FOR THE DETECTION AND DEGRADATION OF PHENOLIC POLLUTANTS

Kaíque S. G. C. Oliveira, José R. Guimarães

16 SUPERCAPACITORES À BASE DE ELETRODOS DE NANOMATERIAIS DE CARBONO E ELETRÓLITOS POLIMÉRICOS GÉIS REDOX-ATIVOS

Fábio S. L. Ferreira, Kelly F. S. Pereira, Danielle D. Justino, Pollyanna R. Santos, Rodrigo L. Lavall, Cláudia K. B. de Vasconcelos, João Paulo C. Trigueiro

17 ELETRÓLITOS POLIMÉRICOS EM GEL BASEADOS EM POLI(LÍQUIDOS IÔNICOS) REDOX-ATIVOS PARA APLICAÇÃO EM SUPERCAPACITORES FLEXÍVEIS

Gabriel C. de Assis, Marcella U. J. W. Rocha, Danielle D. Justino, Glaura G. Silva, Rodrigo L. Lavall, João Paulo C. Trigueiro

SUMÁRIO

18 DISPOSITIVOS ELETROQUÍMICOS PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA COM ELETRÓLITOS REDOX Fe/V E ELETRODOS DE NANOFIBRAS DE CARBONO ELETROFIADAS

Alex R. M. Alves, Diego C. Morais, Garbas A. dos Santos Junior, Frederico B. De Sousa, Paulo F. R. Ortega

19 FOTOCAPACITORES DE Na-PHI: UMA NOVA FRONTEIRA PARA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA SOLAR EM MEIO AQUOSO

Rayse Machado Ferreira, Gustavo Patelli Longatto, Ivo Freitas Teixeira

20 A NOVEL SYNTHESIS STRATEGY FOR Co-BASED SILLENITE COMPOSITES APPLIED TO ELECTROCATALYSIS IN WATER SPLITTING

Mayara Acioli dos Santos, Ana Luisa Silva, Nakédia Maysa Freitas Carvalho

21 PREDICTION OF OXIDATION POTENTIAL OF FLUOROQUINOLONES

Kallyne R. Paes, Wilson F. Júnior, Theodora W. von Zuben, Juliano A. Bonacin

22 ELETRO-OXIDAÇÃO DA ÁGUA EM LaNaO_3 : INFLUÊNCIA DO Fe NA ESTRUTURA CRISTALINA E NO ELETRÓLITO

Isis L Melo, Joana N. Ramos, Lis S. da Purificação, Nickson Perini

23 TÉCNICAS IN SITU E SISTEMAS (FOTO)ELETROQUÍMICOS APLICADOS A ELETROCATÁLISE E CONVERSÃO DE BIOMASSA

Katia-Emiko Guima, Bruno Leuzinger, Benjamin Viada, Rafael A. Vicente, Victor Y Yukuhiro, Seyedeh Forough Mirseyed, Ruth Flores, Swathi P Raju, Ana Luz Tupa, Otávio Berenguel, Mileny Dos S Araujo, Francisco L Amante, Andre Marcelo Soave, Vitor Moraes, Isabelle M de Freitas, Yasmin K C de Paula, Pablo Sebastián Fernández

24 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE P3HT:PCBM POR ELETROFIAÇÃO COAXIAL PARA APLICAÇÃO EM CÉLULAS SOLARES ORGÂNICAS

Yngrid Synara de Sena Silva, Maria de Fátima Vieira Marques

Produção de filamentos condutores contendo óleos vegetais para impressão 3D de sensores eletroquímicos

Arielly Cardoso (PG)¹, Bruno Campos Janegitz (PQ)¹

¹DFQM/CCTS-So, Universidade Federal de São Carlos, Araras, Brasil
E-mail: arielly.cardoso@estudante.ufscar.br

Palavras-chave: óleo vegetal; impressão 3D; eletroanalítica.

A manufatura aditiva de sensores eletroquímicos com filamentos condutores apresenta ótimas vantagens, como baixo custo, customização de designs complexos e redução do desperdício de material. Além disso, os filamentos podem ser fabricados em laboratório, permitindo ajustar a quantidade e a composição dos materiais [1]. A impressão exige flexibilidade dos materiais, sendo utilizados óleos vegetais como alternativa aos plastificantes sintéticos [2]. O objetivo deste trabalho foi produzir filamentos condutores contendo diferentes óleos vegetais (babaçu, gergelim e palma) e comparar o comportamento eletroquímico dos sensores obtidos. Os filamentos foram preparados com 65% de polipropileno, 10% de óleo e 25% de *carbon black*. Os eletrodos foram impressos na Sethi3D® (bico: 230 °C; mesa: 80 °C), polidos e submetidos a tratamento superficial em NaOH 0,5 mol L⁻¹ por cronoamperometria (+1,4 V e -1,0 V por 200 s). As medidas eletroquímicas foram realizadas com eletrodo de referência Ag/AgCl (KCl 3,0 mol L⁻¹) e eletrodo auxiliar de Pt. A caracterização eletroquímica foi realizada por voltametria cíclica utilizando ferrocenometanol 1,0 mmol L⁻¹ em KCl 0,1 mol L⁻¹. Realizaram-se também análises de Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier, de Microscopia Eletrônica de Varredura e de análise termogravimétrica. O FTIR confirmou a presença dos grupos funcionais dos óleos, da matriz polimérica (bandas de estiramento νC-H 2928 e 2915 cm⁻¹), e do *carbon black* (identificando grupos funcionais como O-H em 3447 cm⁻¹ e C=C em 1626 cm⁻¹). As imagens obtidas do MEV confirmam a ausência de grandes aglomerados visíveis, evidenciando uma dispersão relativamente homogênea do material condutor na matriz polimérica. Já os resultados do TGA demonstraram que todas as formulações mantêm estabilidade térmica adequada para processos de impressão 3D e permitiram a quantificação dos componentes presentes. Por fim, os sensores apresentaram respostas distintas, com variações de ΔE_p e intensidade de corrente de pico, dependendo do óleo incorporado. Isso comprova que a natureza química do plastificante influencia diretamente o desempenho eletroquímico final do dispositivo.

Agradecimentos:

INCT-Agro (MCTI-CNPq #405924/2022-4); CNPq (384566/2025-1; 120895/2025-0; 301796/2022-0; 401977/2023-4 e 40862/2022-1) e FAPESP (2023/06793-4).

Referências

[1] Stefano, J. et al., *Microchimica Acta*, v. **189**, p. 414 (2022). [2] Silva, J. P. C. et al., *Microchimica Acta*, v. **192**, p. 1-12 (2025). [x] Trabalho apresentado no XI Workshop de Pesquisa e Tecnologia e Ciência dos Materiais & Simpósio Internacional em Materiais e Biomateriais, Sorocaba, 2025.

Carbon-MWCNT-modified/PLA filament for electrochemical detection of sulfadiazine

**Wilson S. Fernandes-Junior (PG)¹, Luiz O. Orzari (PQ)¹, Mateus V. Pereira (PG)¹,
Vinicius A. O. P. Silva (PG)², Jéssica S. Stefano (PQ)³, Juliano A. Bonacin (PQ)¹,
Bruno C. Janegitz (PQ)²**

¹Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil

²Laboratório de Sensores, Nanomedicina e Materiais Nanoestruturados, Universidade Federal de São Carlos, Araras, Brasil

³Departamento de Tecnologia Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Brasil
E-mail: w267131@dac.unicamp.br

Palavras-chave: Conductive filament, sulfadiazine, electrochemical sensor

Additive manufacturing by fused deposition modeling (FDM) has emerged as a versatile and cost-effective approach for fabricating complex structures through a layer-by-layer process guided by digital designs. This technique is particularly attractive for the development of electrochemical sensors; however, commercially available filaments still face limitations related to cost and performance [1]. In this context, the present study reports the development of a laboratory-produced conductive filament composed of carbon black and multi-walled carbon nanotubes dispersed in a polylactic acid (PLA) matrix. The material was characterized by scanning electron microscopy (SEM), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), thermogravimetric analysis (TGA), and Raman spectroscopy, confirming its structural integrity and suitability for electrochemical applications. The filament was subsequently employed in the fabrication of an electrochemical sensor for sulfadiazine (SDZ), an antibiotic widely used in human and veterinary medicine [2]. Using differential pulse voltammetry (DPV), the sensor exhibited a linear response in the concentration range of 5.0 to 50.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ ($R^2 = 0.994$), with a limit of detection of 0.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Additionally, recovery values ranging from 82.7% to 105% were obtained in water and milk samples, demonstrating satisfactory analytical performance. Overall, the results highlight the potential of the developed filament as a low-cost and efficient alternative for electrochemical sensing applications.

Agradecimentos: FAPESP (2023/00317-6, 2019/23342-0, 2021/03179-8), CAPES (88887.953443/2024-00), CNPq (174038/2023-2, 308203/2021-6, 408462/2022-1, INCT NanoAgro 405924/2022-4) e FINEP (MARTMA 01.22.0179.00).

Referências

[1] J. S. Stefano et al., *Analytical Chemistry*, **94**(17), p. 6417-6429 (2022). [2] A. Joshi and K. H. Kim, *Biosensors & Bioelectronics*, **153**, p. 23 (2020).

[x] Trabalho apresentado no XXV Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica, 2025.

Development of a 3D-printed electrode functionalized with gold nanoparticles for dopamine detection

Francesca Fornasier^{1*}(PQ), Laura dos Santos^{1,2}(IC), Guilherme S. Rocha¹(PG), Leonan S. Rodrigues¹(PG), João Victor Nicolini³(PQ) e Helen C. Ferraz¹(PQ)

¹Program of Chemical Engineering, Federal University of Rio de Janeiro - PEQ/COPPE/UFRJ;

²Institute of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro - IQ – UFRJ;

³Department of Chemical Engineering, Federal Rural University of Rio de Janeiro - IT/UFRRJ.

E-mail: *francesca@peq.coppe.ufrj.br

Keywords: sensors, 3D-printing, AuNPs

Abnormal neurotransmitter levels significantly contribute to neurological diseases. Among them, dopamine (DA) imbalance is a key indicator of conditions such as Parkinson's disease^{1,2}. Therefore, the development of rapid and reliable analytical methods for DA monitoring in biological samples is of critical importance in clinical diagnostics^{1,2}. Electrochemical strategies provide a sensitive and low-cost alternative for DA detection in various matrices³, while three-dimensional (3D) printing is a promising method for fabricating customized electrodes for such applications⁴. When functionalized with metal nanoparticles, such as gold nanoparticles (AuNPs), these electrodes exhibit improved detection signals. Here, electrodes measuring 6.0 × 26 × 1.6 mm were fabricated using a commercial conductive filament composed of polylactic acid (PLA) and carbon black (Protopasta®). The working surface was activated by air plasma using a Plasmax® pen, whereas the rod and lateral surfaces were insulated with a colorless base. Then, 20 µL of an AuNPs dispersion were drop-cast onto the electrode surface. Electrodes were analyzed by cyclic voltammetry (CV) using the [Fe(CN)₆]^{3-/4-} redox probe and KCl as supporting electrolyte. The use of AuNPs enhanced the electrochemical performance of the electrodes. Anodic peak currents (*I*_{pa}) increased from 91.94 to 259.60 µA, and anodic peak currents (*I*_{pc}) increased from -67.73 to -212.40 µA at 75 mV s⁻¹. After electrode characterization, DA detection was performed using the AuNPs-functionalized electrode in 0.1 mol L⁻¹ phosphate-buffered saline (PBS, pH 7.4). Specifically, CV with 25 µmol DA showed current blockage between 0.1 and 0.2 V, which aligns with previous reports^{2,3}. Furthermore, analysis of the DA oxidation process showed that it occurred mainly via diffusion, with a lesser contribution from adsorption, as evidenced by the log(*I*) versus log(*v*) relationship yielding a slope of 0.56 and an R² value of 0.954. These preliminary results indicate that 3D-printed electrodes modified with AuNPs are promising for detecting neurotransmitters such as DA.

Agradecimentos: We gratefully acknowledge funding support from CAPES (PROEX), and financial support from FAPERJ (E-24/210.017.395-15) and CNPq (406419/2021-3 and 408001/2023-2).

Referências

- [1] OUELLETTE, Mathieu et al. *Coatings*, v. 9, n. 8, p. 496, 2019.
- [2] ZHANG, Yuzhong et al. *Sensors*, v. 3, n. 10, p. 443-450, 2003.
- [3] JIANG, Luyun et al. *ACS applied materials & interfaces*, v. 8, n. 42, p. 28338-28348, 2016.
- [4] SIQUEIRA, Gilvana P. et al. *Analytical Chemistry*, v. 96, n. 40, p. 15852-15858, 2024.
- [x] Trabalho apresentado no IV Encontro Anual de Pós-Graduação em Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PGQu – IQ/UFRJ), 2025.

Analytical method using modified printed carbon electrodes for Aflatoxin B1 detection

**Jéssica da Conceição da Silva¹, Sarah Kelly Melo Cavalcante Rodrigues Lima²
, Phabyanno
Rodrigues Lima², Diógenes Meneses dos Santos¹, Fabiane Caxico de Abreu
Galdino¹**

¹ **Universidade Federal de Alagoas – Instituto de Química e Biotecnologia – Maceió-AL,
Brasil.**

² **Instituto Federal de Alagoas- (IFAL- Campus Marechal Deodoro), Brasil.**

E-mail: jcs69@aluno.ifal.edu.br

Palavras-chave: Sensor, Ácido xanturênico, Aptamers, Aflotoxina B1

No presente trabalho é descrito o desenvolvimento de um eletrodo que utiliza pela primeira vez o ácido xanturênico (AX) como sonda eletroquímica, através de um simples e eficiente eletrodo impresso de carbono modificado com nanomateriais, ativado com AX e imobilizado com aptamers para detecção da aflotoxina B1 (AFB1). A superfície sensora foi caracterizada por meio das técnicas voltamétricas como: voltametria de pulso diferencial (VPD) e voltametria cíclica (VC), as quais foram utilizadas para estudar o comportamento dos eletrodos modificados, para a otimização dos parâmetros experimentais e obtenção dos parâmetros cinéticos, como estudo de velocidade e pH. A espécie eletroativa, quinona/hidroquinona, foi eletrogerada in situ no eletrodo modificado com nanomateriais e AX, após ciclos na faixa de potencial entre 0,5 e -1,0 vs. Ag na primeira varredura em tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹ (pH 5,5) com velocidade de varredura de 50 mV s⁻¹. Posteriormente ao processo de ativação, a faixa de potencial em torno do par redox quinona/hidroquinona foi selecionada e os voltamogramas foram registrados em diferentes velocidades (5-20 mV s⁻¹), em seguida foi realizada imobilização de aptamer, aplicado com intuito de testar a atividade electrocatalítica para oxidação da AFB1. Além disso, a espécie eletroativa gerada na superfície eletródica, apresentou inibição frente ao aptamer imobilizado ao reagir com AFB1, acarretando uma retenção de carga. Sendo assim, a partir dos resultados obtidos o aptasensor eletroquímico desenvolvido demonstrou-se uma alternativa promissora a ser aplicado em testes com amostras reais.

Agradecimentos: CNPq, CAPES, Leman, PPGQB- UFAL.

Referências

- [1] PERRONE, G. et al. Aspergillus species and their associated mycotoxins. Mycotoxigenic fungi: methods and protocols, methods in molecular biology, 1542, 33-49, 2017.
- [2] CAPELETTI, L. B.; Effects of the Sol-Gel Route on the Encapsulation of Colorimetric and Fluorimetric Indicators and their performance with pH and ammonia gas sensors. 2010. Dissertation (Master's) – University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- [3] PROKOPEC, V. and SVECOV, M. Analytica Chimica Acta The use of infrared spectroscopic techniques to characterize nanomaterials and nanostructures A review sk a. 1031, 2018.

A SIMPLE AND SENSITIVE COPC/LIG ELECTROCHEMICAL SENSOR FOR DETERMINATION OF RUTIN IN PLANT EXTRACTS

João Pedro C. Silva (PG)¹, Jéssica R. Camargo (PQ)¹, Luiz Ricardo G. Silva (PQ)², Jéssica. S. Stefano (PQ)³, Luiza M. F. Dantas (PQ)³, Iranaldo S. Da Silva(PQ)³, Bruno Campos Janegitz(PQ)¹

¹Laboratory of Sensors, Nanomedicine, and Nanostructured Materials, Universidade Federal de São Carlos, 13604-900, Araras, Brasil

²University College, Federal University of Maranhão, São Luís, 65080-805, Brazil.

³Department of Chemical Technology, Federal University of Maranhão, São Luís, 65080-805, Brazil.

E-mail: joapcs@estudante.ufscar.br

Palavras-chave: Laser-induced graphene; Cobalt phthalocyanine; Rutin detection. Laser-

Induced Graphene (LIG) electrodes, fabricated by laser cutting on polymeric substrates, exhibit high surface area, good conductivity, and biocompatibility, making them promising for electrochemical detection of flavonoids such as rutin, a polyphenolic antioxidant compound found in foods like buckwheat, apples, and citrus fruits [1]. To enhance sensor sensitivity, the LIG electrode was modified with cobalt phthalocyanine (CoPc), which improves electron transfer and conductivity [2]. To enhance the sensor's sensitivity, the laser-induced graphene (LIG) electrode was modified with cobalt phthalocyanine (CoPc), which facilitates electron transfer and increases conductivity. The sensor was fabricated in a three-electrode screen-printed configuration using a CO₂ laser printer (Lab Made) on a polyimide sheet, with an engraving speed of 300 mm min⁻¹ and a laser power of 7% of its maximum capacity. The LIG surface was modified by drop-casting 2 μL of a CoPc solution (2 g L⁻¹ in ethanol), in which a drop of the CoPc solution was deposited onto the working electrode, followed by air-drying prior to electrochemical measurements. Electrochemical characterization was carried out by cyclic voltammetry (CV) in 1.0 mmol L⁻¹ [Fe(CN)₆]^{3-/4-} solution prepared in 0.1 mol L⁻¹ KCl, and by testing rutin (100 μmol L⁻¹) in Britton–Robinson buffer at pH 2.0. Samples of rue leaves and orange peel were dried, ground, and extracted in a hydroalcoholic solution under stirring, followed by filtration and suitable dilution prior to electrochemical analysis. The CoPc/LIG electrode exhibited an increased oxidation current for rutin and a reduced charge transfer resistance compared with bare LIG, indicating the electrocatalytic effect of CoPc. The CoPc modification increased double-layer capacitance (from 0.47 to 0.57 μF cm⁻²) and electron transfer rate constant (from 1.7×10⁻³ to 2.3×10⁻³ cm s⁻¹). The optimal detection pH was 2.0, with a potential shift of 0.047 V/pH. Optimization included pH studies (2.0-7.0) and scan rate analysis, confirming a diffusion-controlled process with one electron involved in the oxidation. Differential pulse voltammetry enabled the construction of a calibration curve in the range of 0.5-70.0 μmol L⁻¹, with detection (LOD) and quantification (LOQ) limits of 0.1 μmol L⁻¹ and 0.4 μmol L⁻¹, respectively. The standard addition method yielded recoveries between 89 and 107%, confirming the accuracy of the method for rutin detection even in complex plant matrices.

Agradecimentos: This field is optional. Indicate fundings if there is any. The financial support was provided by Brazilian agencies FAPESP (2023/06793-4), (CAPES, INCT NanoAgro - 88887.953443/2024-00 and 001), CNPq 301796/2022-0, and 401977/2023-4

Referências

- [1] S.A. George, R. Rajeev, D.A. Thadathil, A. Varghese. Crit. Rev. Anal. Chem. 53, 1133–1173, (2023).
[2] S. Nyoni, P. Mashazi, T. Nyokong. Journal of Solid State Electrochemistry 20, 1075–1086, (2016).
[x] Trabalho apresentado no XXV Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica.

Estudo da nanoestruturação de eletrodo de Au e sua influência na dupla-camada elétrica

Diele S. Macedo (PG)¹, André H. B. Dourado (PQ)¹

¹*Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica, Instituto de Química - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Araraquara, Brasil
E-mail: diele.macedo@unesp.br*

Palavras-chave: Dupla camada elétrica; Eletrodos de ouro; Nanoestruturação;

A dupla camada elétrica (DCE) é um conceito fundamental na eletroquímica e vem sendo utilizada há décadas para modelar a interface eletrodo/solução. Tradicionalmente, assume-se que o eletrodo é plano e infinito [1], porém estruturas nanométricas apresentam desvios significativos desses modelos clássicos, o que ainda é pouco compreendido. Assim, este trabalho busca contribuir para o entendimento dessa lacuna. Nossos experimentos seguiram planos fatoriais para a otimização de variáveis de controle dos programas de perturbação de potencial para a nanoestruturação de eletrodos maciços de ouro. As perturbações aplicadas foram triangulares, que se mostraram ineficazes, e pulsadas [2], que se mostraram mais efetivas. A janela de potencial otimizada situou-se entre a redução dos óxidos de ouro e o desprendimento de oxigênio. O tempo fixado em cada potencial não influencia no aumento da rugosidade, enquanto a quantidade de repetições apresenta dependência linear. A investigação por espectroscopia eletrônica mostra uma resposta na banda plasmônica do Au, na região do verde, relacionada ao tamanho das estruturas e ao seu grau de aglomeração. Variações nas características da DCE foram investigadas por meio da variação de sua capacitância em função do potencial aplicado e de variações do eletrólito.

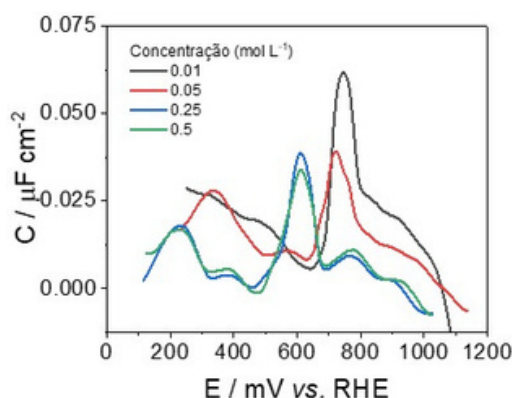


Figura 1. Curva de capacitância diferencial em função do potencial. O perfil apresenta o formato característico tipo “camelo” da dupla camada elétrica, a partir do qual foram determinados o potencial de carga zero (PZC) e o potencial de máxima adsorção (PMA).

Agradecimentos: FAPESP (#2022/06405-1; # 2024/22408-6) e CAPES.

Referências

- [1] Bard, A. J.; Faulkner, L. R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [2] Behjati, S.; Koper, M. T. M. *J. of Phys. Chem. C*, 111, p. 6389-6396 (2007).
- [x] Trabalho apresentado oralmente no evento científico XXV Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica ocorrido de 20 de outubro de 2025 a 23 de outubro de 2025 em Águas de Lindóia.

Desenvolvimento de biossensores eletroquímicos para detecção de células inteiras de *Xanthomonas citri*

Carlos Daniel Nazareno Ferrão (PG)¹, Adrian Gabriel Sant Anna de Jesus (PG)¹, Maísa Azevedo Beluomini (PQ)¹

¹ Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal - SP, Brasil
 E-mail: carlos.ferrao@unesp.br

Palavras-chave: *Xanthomonas citri*, biossensor eletroquímico, cancro cítrico.

A bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (Xac), um fitopatógeno Gram-negativo, é o agente etiológico do cancro cítrico, doença que afetou 32,71% dos talhões de laranjeiras no parque citrícola paulista e na região do Triângulo Mineiro em 2025¹. Atualmente, os métodos para detecção desse patógeno baseiam-se na identificação de sintomas visíveis ou requerem infraestrutura laboratorial². Biossensores eletroquímicos (BE) permitem a quantificação *in situ* do analito, com instrumentação de baixo custo, miniaturização e portabilidade³. Assim, este trabalho visa desenvolver um BE baseado em polímero com impressão molecular de bactéria (BIP), capaz de detectar a Xac em tecidos de cítricos em estágios pré-sintomáticos da infecção. Os ensaios foram realizados em célula eletroquímica de três eletrodos, com eletrodo de trabalho de carbono vítreo (GCE). A técnica de voltametria cíclica (CV), usando $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ (5 mM em KCl 0,1 M), foi utilizada para caracterizar as etapas do experimento (Fig. 1A). O filme polimérico foi obtido por eletropolimerização de 0,5 mM de 3-APBA contendo 10^8 UFC mL⁻¹ de Xac em PBS 0,1 M, pH 7,0, na faixa de potencial de -0,4 V a +1,0 V, por 5 ciclos, a 50 mV s⁻¹. A extração das células foi realizada por submersão do GCE/BIP em solução de ácido acético e álcool (1:1, v/v), formando cavidades seletivas à Xac no filme. Outros meios de extração também foram avaliados (Fig. 1B). O processo de religação da Xac foi realizado em PBS contendo 10^8 UFC mL⁻¹ de Xac por 20 min. Além disso, foram feitos testes com diferentes concentrações de 3-APBA (Fig. 1C). Os resultados mostraram que o processo de remoção da bactéria evidencia o potencial do BE na detecção do microrganismo.

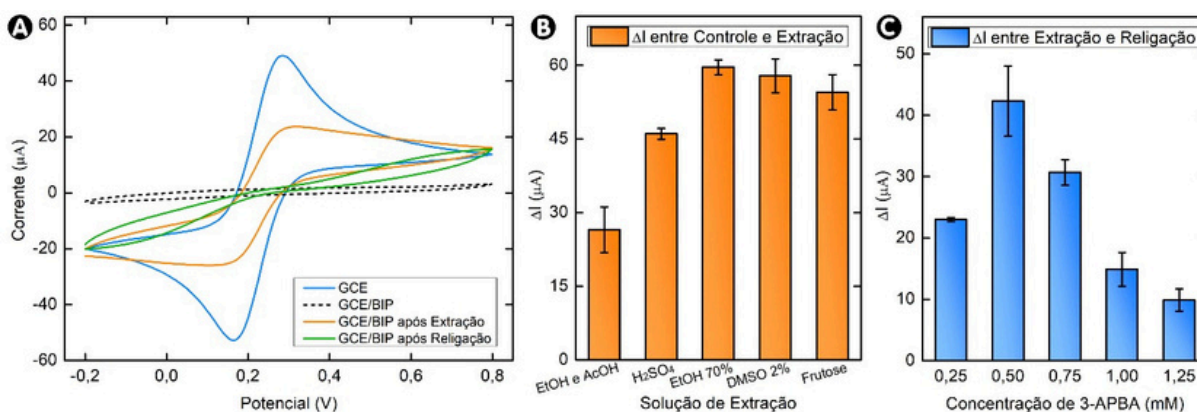


Fig. 1. (A) Caracterização das etapas de modificação por CV usando 5 mM de $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ em KCl 0,1 M; (B) efeitos de diferentes soluções de extração; e (C) estudo das concentrações de 3-APBA.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Processo nº 2025/03549-0).

Referências

- [1] BASSANEZI, R.B. et al., *Fundecitrus*, 71-72 (2025).
- [2] DYUSSEMBAYEV, K. et al., *Frontiers in Chemistry*, 9 (2021).
- [3] KUMAR, R. et al., *Michochemical Journal*, 215, 114146 (2025).

Biossensor eletroquímico portátil para detecção de miR-200a salivar em amostras de câncer de mama

Marlone Love Tchouptang Njiyip (PG)¹, Dayane Dotto de Moraes (PG)², Luis Miguel Esteves de Lima Cunha (PG)¹, Lida Natalia Parra Gelves (PG)¹, Lucas Robert Oliveira Silva (PG)¹, Yara Cristina de Paiva Maia (PQ)¹, João Marcos Madurro (PQ)³, Ana Graci Brito Madurro (PQ)²

¹ Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

² Instituto de Biotecnologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

³ Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

E-mail: marlone.njiyip@ufu.br

Palavras-chave: biossensor eletroquímico, miR-200a, câncer de mama

Este trabalho relata o desenvolvimento de um biossensor eletroquímico portátil para a detecção seletiva de miR-200a salivar, um microRNA biomarcador-chave associado à progressão do câncer de mama e à transição epitélio-mesenquimal. A plataforma sensora foi baseada em um eletrodo de carbono impresso (SPCE) modificado com um filme de poli-PABA eletropolimerizado. Essa modificação proporciona uma interface estável e funcional, enriquecida com grupos carboxila e amina, favorecendo a imobilização eficiente de uma sonda oligonucleotídica específica para miR-200a, além de minimizar a adsorção inespecífica. Os eventos de hibridização sonda-alvo foram monitorados por meio de detecção eletroquímica indireta, utilizando ninhidrina como indicador eletroativo. O biossensor apresentou excelente desempenho analítico. A caracterização da superfície por microscopia de força atômica (AFM), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raios X (EDX) confirmou a funcionalização bem-sucedida do eletrodo. A validação clínica, realizada com amostras de saliva humana, permitiu a clara discriminação entre indivíduos saudáveis, pacientes com doença benigna da mama, câncer de mama e câncer de mama triplo-negativo. Por fim, a integração de um sistema de leitura eletroquímica assistido por smartphone reforça a portabilidade e a acessibilidade da plataforma. De modo geral, este biossensor representa uma abordagem diagnóstica promissora, não invasiva, de baixo custo e aplicável no ponto de cuidado (point-of-care) para o rastreamento e a estratificação molecular do câncer de mama.

Agradecimentos: CAPES, FAPEMIG, CNPq, LAFRIP, BIOSENS

Biossensor eletroquímico baseado em impressão molecular para reconhecimento seletivo de *Bacillus thuringiensis*

Adrian Gabriel Sant Anna de Jesus (PG)¹, Carlos Daniel Nazareno Ferrão (PG)¹, Maísa Azevedo Beluomini (PQ)¹

¹ Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal - SP, Brasil

E-mail: adrian.jesus@unesp.br

Palavras-chave: *Bacillus thuringiensis*, biossensor eletroquímico, polímero impresso.

A bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), uma bactéria Gram-positiva, destaca-se como alternativa sustentável aos pesticidas sintéticos no controle de pragas em culturas agrícolas¹, porém sua eficácia requer monitoramento, que ainda depende de métodos laboratoriais demorados². Nesse contexto, biossensores eletroquímicos (BE) surgem como uma opção rápida, portátil, de baixo custo e de fácil operação³. Assim, este projeto propõe o desenvolvimento de um BE baseado em polímero com impressão molecular de bactérias (BIP) para detecção de Bt em solo agrícola. Os ensaios foram realizados em célula eletroquímica de três eletrodos, sendo o eletrodo de trabalho de carbono vítreo (GCE). A caracterização foi feita por voltametria cíclica (CV) com a sonda redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ (5 mM em KCl 0,1 M) (Fig. 1A). O filme polimérico foi obtido por eletropolimerização de 50 mM de pirrol (PPy) contendo 10^6 UFC mL⁻¹ de Bt em PBS 0,1 M, na faixa de potencial de -0,7 V a +0,7 V, por 10 ciclos, a 50 mV s^{-1} . A extração das células foi realizada por superoxidação do filme em NaOH 75 mM, entre -0,7 V e +1,2 V, por 2 ciclos. O efeito desses parâmetros foi otimizado, como mostram as Fig. 1B e 1C. Para a religação de Bt, o GCE/BIP foi submerso em solução contendo 10^6 UFC mL⁻¹ de Bt por 20 min. Os resultados mostraram que as cavidades resultantes da extração atuaram como sítios de reconhecimento seletivo para Bt durante os ensaios de religação, mostrando que o sensor é promissor para a detecção rápida e seletiva de Bt.

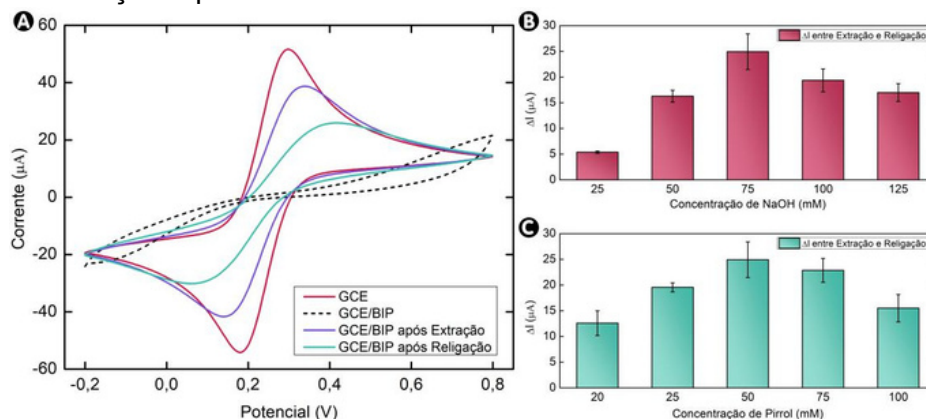


Fig. 1. (A) CV das etapas de modificação do eletrodo usando 5 mM de $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ em KCl 0,1 M. Efeitos de diferentes concentrações de (B) NaOH no processo de extração e (C) pirrol na formação do GCE/BIP.

Agradecimentos: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Processo nº 2025/03549-0).

Referências

- [1] Hassan, A.A.M. et al., *Biologia*, 78, 3625–3635 (2023).
- [2] Zhou, Q. et al., *Talanta*, 222, 121548 (2021).
- [3] Sumitha, M.S. et al., *Hybrid Advances*, 2, 100023 (2023).

Laccase-based bioelectrochemical platforms for the detection and degradation of phenolic pollutants

Kaïque S. G. C. Oliveira (PQ)¹, José R. Guimarães (PQ)¹

¹ *Institute of Natural Resources, Federal University of Itajubá, Itajubá, Brazil*

E-mail: kaiquesg.eq@gmail.com, jrenatoguimaraes@unifei.edu.br

Keywords: oxidative enzymes, organic compounds, hybrid-integrated process

Phenolic compounds are harmful and persistent pollutants commonly found in industrial wastewater, posing serious environmental and health risks. Traditional treatment methods are often expensive, inefficient, or generate secondary pollutants, which motivates the development of more sustainable alternatives. In this context, electrochemical technologies integrated with oxidative enzymes have emerged as effective strategies for both the detection and removal of organic contaminants. There are three main approaches for the treatment of phenolic wastewater: direct oxidation (laccase/tyrosinase), radical generation (peroxidases), and aromatic ring cleavage (oxygenases), all of which can lead to detoxification and mineralization. A bibliometric and systematic analysis of the literature published over the past five years identified 84 relevant studies, indicating increasing interest in this field, especially in the previous year. The studies were published in approximately 65 journals, with major contributions from countries such as China, India, and the United States. Keyword co-occurrence analysis revealed two principal research directions: (i) electrochemical sensing of pollutants and (ii) electrooxidation-driven degradation, underscoring the dual functionality of enzyme-based bioelectrochemical platforms. Laccase stands out due to its ability to oxidize phenolic compounds using molecular oxygen as the electron acceptor, producing water as the only by-product. Its catalytic mechanism involves the formation of phenoxy radicals, which can subsequently undergo polymerization or mineralization. These characteristics make laccase particularly suitable for environmentally friendly applications under mild operational conditions. Furthermore, the immobilization of laccase onto conductive materials, such as carbon nanotubes, graphene, and metal oxides, enables the development of stable and efficient bioelectrodes for electrochemical systems. In electrochemical sensors, laccase-based electrodes have demonstrated high selectivity and sensitivity for detecting phenolic compounds, enabling rapid and on-site pollutant monitoring. On the other hand, in electrooxidation systems, laccase-functionalized anodes enhance electron transfer and catalytic efficiency, promoting the degradation of organic pollutants. Additionally, replacing the oxygen evolution reaction with the oxidation of organic compounds can reduce energy consumption in electrochemical systems. However, most studies address detection and removal separately, and challenges remain regarding enzyme stability, electron transfer efficiency, and scalability. Another underexplored aspect is the valorization of the cathodic reaction, particularly for the simultaneous production of value-added products, such as green hydrogen, which could enhance the economic viability of these systems. Thus, laccase-based bioelectrochemical systems offer a sustainable and innovative approach for wastewater treatment by combining pollutant removal, monitoring, and potential energy recovery, in alignment with circular economy principles.

Acknowledgments: Postdoctoral fellowship from CNPq (process 153257/2025-3).

References

- [1] Cunha A.C., Souza J.C., Almeida E.J.R., Songulashvili G., Rossini E.L., Flahaut S., Andrade A.R., *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22, 10725–10740 (2025).
- [2] Nguyen K.H., Dao V.D., Ngo T.T.H., Nguyen T.H.T., Nguyen Q.T., Le T.T., *Clean Soil Air Water*, 50, 2100368 (2022).
- [3] Aravind P., Selvaraj H., Ferro S., Sundaram M., *Journal of Hazardous Materials*, 318, 203–215 (2016).

Supercapacitores à base de eletrodos de nanomateriais de carbono e eletrólitos poliméricos em gel redox-ativos

Fábio S. L. Ferreira (PG)^{1,2}, Kelly F. S. Pereira (IC)¹, Danielle D. Justino (PQ)¹, Pollyanna R. Santos (PQ)², Rodrigo L. Lavall (PQ)³, Cláudia K. B. de Vasconcelos (PQ)², João Paulo C. Trigueiro (PQ)^{1,2}

¹ Departamento de Química, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30.480-00

² Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno, CTNano, UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.310-270

³ Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901

E-mail: fabio.ferreira@aluno.cefetmg.br; fabio.ferreira@ctnano.org

Palavras-chave: dispositivos flexíveis, eletrólitos poliméricos, supercapacitores.

O crescimento contínuo da demanda energética global, aliado à necessidade de tecnologias mais sustentáveis, tem impulsionado o avanço de novos sistemas de armazenamento de energia. Nesse contexto, os supercapacitores (SCs) têm se destacado por apresentarem elevada densidade de potência, excelente estabilidade cíclica e tempos de carga extremamente rápidos¹. Nos SCs, o eletrólito desempenha um papel fundamental, não apenas na condução iônica, mas também na definição da janela de operação eletroquímica do dispositivo². Dentre as inovações recentes, destacam-se os eletrólitos poliméricos em gel redox-ativos (EPGRs), compostos por uma matriz polimérica, um condutor iônico e espécies redox-ativas. Esses sistemas têm ganhado relevância devido à sua elevada flexibilidade e capacidade de armazenamento³. A incorporação de líquidos iônicos (LIs) como condutores iônicos nesses géis tem se mostrado particularmente promissora, em virtude de sua ampla estabilidade eletroquímica, baixa toxicidade e maior segurança operacional, configurando-se como alternativa viável aos eletrólitos aquosos e orgânicos. Essa abordagem tem potencial para viabilizar o desenvolvimento de supercapacitores flexíveis, de alto desempenho, com densidades de energia e potência superiores. O presente trabalho propõe o desenvolvimento de EPGRs utilizando iodeto de potássio (KI) e antraquinona-2-sulfonato de sódio como aditivos redox-ativos, com concentrações variando de 0 a 10% m m⁻¹, e 80% m m⁻¹ do líquido iônico trietilsulfônio bis(trifluorometilsulfonil)imida (TES-TFSI), incorporados à matriz polimérica de poli(fluoreto de vinilideno-co-hexafluoropropileno) (PVDF-HFP). Nanotubos de carbono de paredes múltiplas funcionalizados (f-MWCNT) foram utilizados como eletrodos para o SC em várias proporções de eletrodos positivos e negativos. O EPGR com 4% m m⁻¹ para ambos os aditivos apresentou a maior condutividade elétrica (2,57 mS cm⁻¹ e 4,53 mS cm⁻¹, respectivamente) dentre os eletrólitos estudados. Foi possível obter filmes flexíveis dos eletrólitos de TES-TFSI/KI e TES-TFSI/AQ, os quais foram empregados como cátodo e ânodo do supercapacitor birredox. O SC alcançou capacitância específica de 6,7 F g⁻¹, densidade de energia de 5,2 W h kg⁻¹ e densidade de potência de 722 W kg⁻¹ a 0,75 A g⁻¹, com eficiência coulômbica próxima de 100% para todas as densidades de corrente avaliadas.

Agradecimentos: Petrobrás, Fapemig, CNPq, Capes, CEFET-MG, CTNano, UFMG

Referências

- [1] SHAO, Y. et al. Chemical Reviews, 2018, 118, 9233–9280.
- [2] ZHONG, C. et al. Chemical Society Reviews, 2015, 44(21), 7484–7539.
- [3] TIRUYE, G. A. et al. Journal of Power Sources, 2015, 279, 472–480.

Eletrólitos Poliméricos em Gel Baseados em Poli(líquidos iônicos) Redox-ativos para Aplicação em Supercapacitores Flexíveis

**Gabriel C. de Assis (PG)¹, Marcella U. J. W. Rocha (IC)¹, Danielle D. Justino (PQ)^{1,2},
Glaura G. Silva (PQ)^{2,3}, Rodrigo L. Lavall (PQ)^{2,3}, João Paulo C. Trigueiro (PQ)^{1,3}**

¹ Departamento de Química, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Belo Horizonte, Brasil

² Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, Brasil

³ Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno, CTNano/UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, Brasil

E-mail: gabrielcominideassis@gmail.com; joao.trigueiro@cefetmg.br

Palavras-chave: supercapacitores flexíveis, poli(líquido iônico), eletrólito birredox ativo

A contínua expansão de dispositivos portáteis, sistemas eletrônicos flexíveis e tecnologias vestíveis tem impulsionado a demanda por supercapacitores de estado sólido que integrem alta densidade de energia, segurança e estabilidade operacional, atributos essenciais para a miniaturização e a integração desses sistemas [1]. Embora tais dispositivos exibam notável densidade de potência e longa vida útil, sua densidade de energia ainda representa um gargalo tecnológico significativo, particularmente em configurações flexíveis. Diante desse cenário, o projeto de eletrólitos avançados consolida-se como uma estratégia basilar, uma vez que a amplitude da janela de estabilidade eletroquímica e a eficiência do transporte iônico determinam diretamente o desempenho global do dispositivo. Conseqüentemente, os poli(líquidos iônicos) (PILs), notadamente quando associados a líquidos iônicos e funcionalizados com centros redox-ativos, emergem como alternativas promissoras ao conciliarem elevada condutividade, estabilidade térmica e contribuição pseudocapacitiva [2]. O presente trabalho descreve a síntese de dois PILs redox-ativos (PIL-AQ e PIL-IC) via polimerização radicalar, seguida de troca aniônica. Subseqüentemente, foram formulados eletrólitos poliméricos em gel (EPGs) incorporando o líquido iônico EMIFSI, os quais foram aplicados em eletrodos de nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNT). As análises de caracterização corroboraram a estrutura química dos materiais sintetizados e evidenciaram o incremento em sua estabilidade térmica. Ademais, os EPGs exibiram condutividade iônica adequada, regida por um comportamento termicamente ativado do tipo Arrhenius, destacando-se a menor energia de ativação para o sistema à base de PIL-IC. A avaliação eletroquímica revelou um caráter pseudocapacitivo, com processos faradaicos bem delineados. Especificamente, o sistema contendo antraquinona (AQ) apresentou comportamento quase reversível governado por difusão, enquanto o sistema com índigo carmim (IC) demonstrou alta reversibilidade, com cinética mista controlada por difusão e por processos adsorptivos. O supercapacitor birredox alcançou uma janela eletroquímica de operação de até 2,3 V, denotando cinética interfacial favorável, reduzida resistência ôhmica e contribuição expressiva dos pares redox no mecanismo de armazenamento de carga. O dispositivo exibiu eficiência coulômbica próxima de 100% e retenção capacitiva de 34,7% após 20.000 ciclos galvanostáticos. Adicionalmente, o capacitor flexível preparado com os PILs foi submetido a ensaios de deformação mecânica, e observou-se uma variação de apenas 20% na capacitância, atestando a integridade estrutural e validando a aplicabilidade e o potencial do sistema em tecnologias flexíveis de armazenamento de energia.

Agradecimentos: Fapemig, CNPq, Capes, CEFET-MG, UFMG, CTNano

Referências

[1] M. Winter, R. J. Brodd, Chemical Reviews, 122, 12320 (2022).

[2] J. Yuan, M. Antonietti, Chemical Reviews, 123, 10895 (2023).

Dispositivos eletroquímicos para armazenamento de energia com eletrólitos redox Fe/V e eletrodos de nanofibras de carbono eletrofiadas

Alex R. M. Alves (PG)¹, Diego C. Morais (PQ)², Garbas A. dos Santos Junior (PQ)¹, Frederico B. de Sousa (PQ)², Paulo F. R. Ortega (PQ)¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil

² Universidade Federal de Itajubá, Viçosa-MG, Brasil

E-mail: Alex.marta@ufv.br

Palavras-chave: eletrofição, supercapacitores híbridos, eletrólitos redox

Eletrodos de carbono finos e flexíveis podem ser obtidos por carbonização, em atmosfera inerte, de nanofibras poliméricas preparadas pela técnica de eletrofição. Esses materiais apresentam elevada área superficial específica, alta condutividade elétrica e morfologia composta por filamentos unidimensionais, favorecendo a eletrossorção de espécies iônicas e o armazenamento de carga via dupla camada elétrica em supercapacitores. Recentemente, nosso grupo demonstrou que nanofibras de carbono também atuam como plataformas eficientes para a transferência de carga envolvendo espécies redox-ativas, como a hidroquinona, que podem ser empregadas em altas concentrações nos eletrólitos suporte. Isso permite a construção de dispositivos híbridos, nos quais processos faradaicos contribuem significativamente para o armazenamento de carga, além do mecanismo de dupla camada elétrica (Sudário et al., 2025). Neste estudo, empregamos nanofibras de carbono derivadas de poliácridonitrila na montagem de um dispositivo completo contendo dois eletrólitos redox: um ânodo composto por 0,5 mol L⁻¹ de FeSO₄ em 1 mol L⁻¹ de H₂SO₄ e um cátodo composto por 0,5 mol L⁻¹ de VOSO₄ em 1 mol L⁻¹ de H₂SO₄. As células foram montadas em configuração do tipo T, utilizando membranas de Nafion como separadores, a fim de evitar a mistura dos eletrólitos, sendo permeáveis apenas a íons H⁺. A Figura 1A apresenta as curvas de voltametria cíclica obtidas a 5 mV s⁻¹ para os eletrodos de nanofibras de carbono em cada eletrólito redox. Os picos redox estão centrados nos potenciais formais de 0,115 e 0,850 V vs. Ag|AgCl (3,5 mol L⁻¹ KCl), correspondentes aos pares Fe²⁺/Fe³⁺ e V⁴⁺/V⁵⁺, respectivamente.

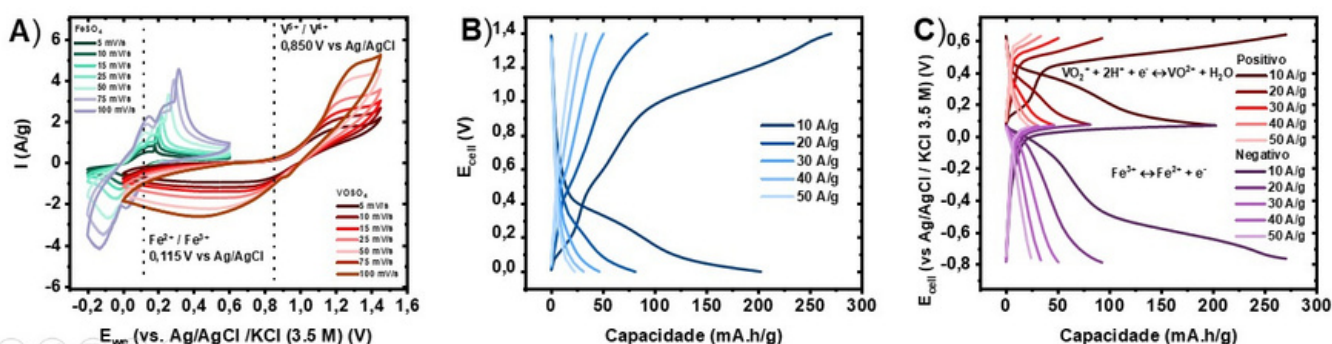


Figura 1. (A) Voltamogramas cíclicos dos eletrodos de NFCs contendo os eletrólitos de FeSO₄ e VOSO₄ em velocidades de varredura de 5–100 mV s⁻¹. (B) Curvas de carga/descarga galvanostática da célula completa (10–50 A g⁻¹). (C) Curvas galvanostáticas nas mesmas densidades de corrente para os eletrodos positivo (VOSO₄) e negativo (FeSO₄).

Agradecimentos: FAPEMIG (APQ-04537-22); FAPEMIG (APQ-01313-24).

Referências

1. Sudário et al., J. Electroanal. Chem. 2025, 996, 119356.

Eletrólitos Poliméricos em Gel Baseados em Poli(líquidos iônicos) Redox-ativos para Aplicação em Supercapacitores Flexíveis

Gabriel C. de Assis (PG)¹, Marcella U. J. W. Rocha (IC)¹, Danielle D. Justino (PQ)^{1,2},
Glaura G. Silva (PQ)^{2,3}, Rodrigo L. Lavall (PQ)^{2,3}, João Paulo C. Trigueiro (PQ)^{1,3}

¹ Departamento de Química, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Belo Horizonte, Brasil

² Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, Brasil

³ Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno, CTNano/UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, Brasil

E-mail: gabrielcominideassis@gmail.com; joao.trigueiro@cefetmg.br

Palavras-chave: supercapacitores flexíveis, poli(líquido iônico), eletrólito birredox ativo

A contínua expansão de dispositivos portáteis, sistemas eletrônicos flexíveis e tecnologias vestíveis tem impulsionado a demanda por supercapacitores de estado sólido que integrem alta densidade de energia, segurança e estabilidade operacional, atributos essenciais para a miniaturização e a integração desses sistemas [1]. Embora tais dispositivos exibam notável densidade de potência e longa vida útil, sua densidade de energia ainda representa um gargalo tecnológico significativo, particularmente em configurações flexíveis. Diante desse cenário, o projeto de eletrólitos avançados consolida-se como uma estratégia basilar, uma vez que a amplitude da janela de estabilidade eletroquímica e a eficiência do transporte iônico determinam diretamente o desempenho global do dispositivo. Consequentemente, os poli(líquidos iônicos) (PILs), notadamente quando associados a líquidos iônicos e funcionalizados com centros redox-ativos, emergem como alternativas promissoras ao conciliarem elevada condutividade, estabilidade térmica e contribuição pseudocapacitiva [2]. O presente trabalho descreve a síntese de dois PILs redox-ativos (PIL-AQ e PIL-IC) via polimerização radicalar, seguida de troca aniônica. Subsequentemente, foram formulados eletrólitos poliméricos em gel (EPGs) incorporando o líquido iônico EMIFSI, os quais foram aplicados em eletrodos de nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNT). As análises de caracterização corroboraram a estrutura química dos materiais sintetizados e evidenciaram o incremento em sua estabilidade térmica. Ademais, os EPGs exibiram condutividade iônica adequada, regida por um comportamento termicamente ativado do tipo Arrhenius, destacando-se a menor energia de ativação para o sistema à base de PIL-IC. A avaliação eletroquímica revelou um caráter pseudocapacitivo, com processos faradaicos bem delineados. Especificamente, o sistema contendo antraquinona (AQ) apresentou comportamento quase reversível governado por difusão, enquanto o sistema com índigo carmim (IC) demonstrou alta reversibilidade, com cinética mista controlada por difusão e por processos adsorptivos. O supercapacitor birredox alcançou uma janela eletroquímica de operação de até 2,3 V, denotando cinética interfacial favorável, reduzida resistência ôhmica e contribuição expressiva dos pares redox no mecanismo de armazenamento de carga. O dispositivo exibiu eficiência coulômbica próxima de 100% e retenção capacitiva de 34,7% após 20.000 ciclos galvanostáticos. Adicionalmente, o capacitor flexível preparado com os PILs foi submetido a ensaios de deformação mecânica, e observou-se uma variação de apenas 20% na capacitância, atestando a integridade estrutural e validando a aplicabilidade e o potencial do sistema em tecnologias flexíveis de armazenamento de energia.

Agradecimentos: Fapemig, CNPq, Capes, CEFET-MG, UFMG, CTNano

Referências

[1] M. Winter, R. J. Brodd, Chemical Reviews, 122, 12320 (2022).

[2] J. Yuan, M. Antonietti, Chemical Reviews, 123, 10895 (2023).

Fotocapacitores de Na-PHI: uma nova fronteira para o armazenamento de energia solar em meio aquoso

Rayse Machado Ferreira (PG)¹, Gustavo Patelli Longatto (PG)¹, Ivo Freitas Teixeira (PQ)¹

¹ Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil
E-mail: rayse.ferreira@estudante.ufscar.br

Palavras-chave: fotocapacitor, armazenamento de energia solar, nitretos de carbono

Os nitretos de carbono grafiticos emergiram como uma família de materiais poliméricos para a conversão de energia solar. Este trabalho investiga as propriedades fotoeletroquímicas e de armazenamento de carga da poli(heptazina imida) de sódio (Na-PHI), um nitreto de carbono cristalino bidimensional, visando à sua aplicação em capacitores solares. O Na-PHI apresenta uma estrutura semicondutora do tipo n, com band gap de 2,74 eV, permitindo absorção eficiente de luz visível. Resultados de espectroscopia de impedância eletroquímica revelam que a condutividade iônica do material é modulada pela luz, apresentando redução drástica na resistência de transferência de carga sob irradiação, o que otimiza a cinética de transporte de portadores de carga. Medidas fotoeletroquímicas em eletrólito aquoso revelam o mecanismo subjacente desse material como “fotocapacitor”: o armazenamento de carga no Na-PHI baseia-se na fotorredução da cadeia principal de nitreto de carbono, e a compensação de carga é realizada pela adsorção de íons sódio nas camadas de Na-PHI e na interface com a solução. O nitreto de carbono fotorreduzido pode, portanto, ser descrito como um ânodo de bateria que opera como um pseudocapacitor, capaz de armazenar carga induzida pela luz na forma de elétrons “aprisionados” de longa duração por horas. Assim, demonstramos a viabilidade do armazenamento e da liberação sob demanda de energia elétrica induzida por luz por meio de um ânodo de bateria de componente único carregado por luz, o que fornece uma solução sustentável para superar a intermitência da radiação solar.

Agradecimentos: FAPESP (2024/02739-8), CNPq e CAPES.

Referências

- [1] V. W. Lau et al., *Angew. Chemie*, 129(2), 525–529 (2017).
- [2] G. Seo et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 26(30), 20585–20597 (2024).

A Novel Synthesis Strategy for Co-Based Sillenite Composites Applied to Electrocatalysis in Water Splitting

Mayara Acioli dos Santos (PG)¹, Ana Luisa Silva (PQ)¹, Nakédia Maysa Freitas Carvalho (PQ)¹

¹Departamento de Química Geral e Inorgânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ),
Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: santos.mayara_3@posgraduacao.uerj.br

Keywords: Green hydrogen, water splitting, Co-based sillenites

Emphasizing the need for clean energy development, hydrogen production via water electrolysis has gained significant attention. The water-splitting process relies on two half-reactions: the oxygen evolution reaction (OER) and the hydrogen evolution reaction (HER), with the OER representing the rate-limiting step due to its sluggish kinetics. To overcome this challenge, catalysts with high activity, efficient charge transfer, low cost, and long-term stability are essential. This work investigates the synthesis and the effect of thermal treatment on Co-based sillenite composites, namely $(\text{Bi}_{24-x}\text{Co}_x)\text{Co}_2\text{O}_{40}$, Co_3O_4 , and Bi_2O_3 , obtained through a modified Pechini sol-gel method, and their application in electrocatalysis. Two synthesis conditions were evaluated using citric acid (CA) as the complexing agent and ethylene glycol (EG) as the polymerization agent, with variations in the mass ratio of CA:EG, namely 1:0.5 for BCO-01 and 1:0.25 for BCO-02. The materials were calcined from 500 to 1000 °C, a range previously selected based on thermogravimetric analysis. Rietveld refinement of the XRD data confirmed the predominance of sillenite and Co_3O_4 crystalline phases, both with cubic structures, along with minor amounts of Bi_2O_3 (monoclinic and tetragonal) at the lower calcination temperatures of 500 and 600 °C. A higher sillenite content was observed at 700 and 800 °C, representing over 60 wt%, whereas at 900 °C the amount of sillenite decreased until the phase disappeared completely at 1000 °C. SEM-EDS revealed morphological changes, showing plate-like and sheet-like structures that gradually agglomerated, as well as the presence of Bi, Co, and O. FT-IR confirmed the vibrational modes of Bi–O and Co–O. CV showed redox peaks associated with Bi_2O_3 . The catalysts exhibited promising electrochemical performance in 1 mol L⁻¹ KOH (pH 14), with OER overpotentials ranging from 481 to 579 mV at 10 mA cm⁻², with BCO-02 calcined at 700 °C being the most efficient. For HER, overpotentials ranging from 296 to 397 mV at -10 mA cm⁻² were achieved, with BCO-01 calcined at 700 °C standing out. Calcination temperature and EG content influenced the catalytic behavior, shifting the material tendency toward oxidation or reduction. The electrochemical surface area of the catalysts ranged from 0.116 to 0.830 cm², with BCO-01 calcined at 700 °C showing the highest active area. The charge transfer resistance (R_{ct}) ranged from 0.681 to 6.06 kΩ at a potential of 1.57 V vs. RHE, with BCO-02 generally displaying lower R_{ct} values, consistent with its superior OER activity. These findings reinforce the potential of sillenite-based composites as efficient and low-cost electrocatalysts for hydrogen production. Notably, no previous electrochemical studies on Co-sillenites synthesized via the adapted Pechini method were found, emphasizing the relevance of this work.

Acknowledgements: FAPERJ, CAPES, CNPq, UERJ, UFG, and GCAS.

References

- [1] Arora et al., Journal of Electroanalytical Chemistry, 958, 1181 (2024).
- [2] Aldaghri et al., Science of The Total Environment, 906, 167685 (2024).
- [3] Gao et al., Nano-Micro Letters, 16, 237 (2024).
- [4] Matias et al., Ceramics International, 48, 481 (2022).
- [x] Trabalho apresentado no XIX Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química – Rio de Janeiro, 2025.

Prediction of Oxidation Potential of Fluoroquinolones

Kallyne R. Paes (PG)¹, Wilson F. Júnior (PG)¹, Theodora W. von Zuben (PQ)², Juliano A. Bonacin (PQ)¹

¹ Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil

² Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

E-mail: k291078@dac.unicamp.br

Palavras-chave: machine learning, oxidation potential, fluoroquinolones.

Fluoroquinolones are essential antibiotics for the treatment of various infections. However, their marked structural similarity results in nearly identical electrochemical properties, which represents a significant challenge for their selective detection. This lack of specificity hinders the effective monitoring of antimicrobial resistance, as it prevents the precise identification of which specific antibiotic molecules are failing. To address this problem, we are developing a machine learning (ML) approach to accurately predict oxidation potentials, enabling the rational design of selective electrochemical sensors. In this work, we initially established a comprehensive experimental dataset for ten fluoroquinolones. The pKa values of each compound were accurately determined by potentiometric titration. Electrochemical characterization was then performed at five physiologically relevant pH values (3, 5, 7, 9, and 11) using a glassy carbon electrode (GCE) versus an Ag/AgCl reference electrode. These experimental results were combined with SMILES-based molecular descriptors to construct a predictive ML model. Preliminary results (Fig. 1) demonstrate that the model achieves good predictive accuracy for oxidation potentials, effectively correlating structural and experimental characteristics with electrochemical behavior under different pH conditions. This predictive capability allows the identification of ideal pH conditions under which the oxidation potentials of different fluoroquinolones diverge the most. By intelligently guiding experimental design, this approach significantly reduces the time and resources required for sensor development.

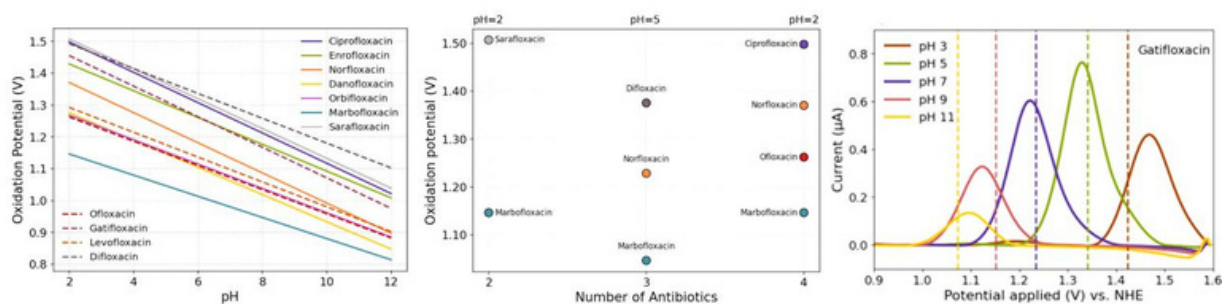


Fig. 1. From left to right: experimental oxidation potential values (solid line) and predicted values (dashed line); pH conditions for simultaneous detection; DPV analysis of gatifloxacin and corresponding predicted values.

Agradecimentos: CAPES: 001; CNPq: 308203/2021-6, 401977/2023-4, 408462/2022-1; FAPESP: 2024/09666-6

Referências

- [1] VON ZUBEN, T. W. et al. *Electrochimica Acta*, v. 509, p. 145285, 2025.
 [2] SOARES, J. M. L. et al. *JBCS*, v. 36, n. 8, p. e-20250090, 2025.
 [x] Trabalho apresentado no XXV Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica, 2025.
 A principal correção de conteúdo técnico foi em “fluoroquinóis”, que deve ser “fluoroquinolones”.

Eletro-oxidação da água em LaNiO_3 : influência do Fe na estrutura cristalina e no eletrólito

Isis L. Melo (PG)¹, Joana N. Ramos (IC)¹, Lis S. da Purificação (PG)², Nickson Perini (PQ)¹

¹ Laboratório de Ciências Químicas do Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Brasil

² Laboratório de Ciências Físicas do Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Brasil

E-mail: ilealmelo23@gmail.com

Palavras-chave: eletrocatalise, oxigênio, perovskita.

Diante da crescente crise energética e dos problemas ambientais, torna-se necessário aprimorar dispositivos de armazenamento e conversão de energia. Nesse contexto, eletrocatalisadores para a reação de desprendimento de oxigênio (RDO) são estratégicos para eletrolisadores de água na produção de hidrogênio verde^{1,2}. Os óxidos do tipo perovskita possuem uma estrutura cristalina bem definida, que permite a inserção de metais de maneira organizada², possibilitando adequar as quantidades de Ni e Fe na estrutura. Em contrapartida, impurezas de Fe no eletrólito alcalino influenciam a atividade catalítica para a RDO de eletrodos à base de níquel³. Assim, este trabalho estuda a influência do ferro presente na estrutura cristalina da perovskita e daquele proveniente do eletrólito durante a RDO. Busca-se compreender sua influência na reconstrução superficial, na formação de fases ativas de (oxi)hidróxidos e no desempenho eletrocatalítico para a RDO. O material foi sintetizado pelo método sol-gel, no qual os sais de nitrato foram dissolvidos em solução aquosa de ácido cítrico. Após a formação do gel, este foi calcinado a 800 °C em atmosfera de ar. O material foi caracterizado por difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X. A atividade catalítica para a RDO foi avaliada por técnicas eletroquímicas de voltametria cíclica e espectroscopia de impedância, empregando eletrodo de disco rotatório de carbono vítreo a 1600 rpm. A análise de DRX confirma a formação da fase perovskita ABO_3 com estrutura cristalina romboédrica. Os voltamogramas cíclicos sugerem que a estabilidade eletroquímica da superfície de $\text{LaFe}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}_3$ pode ser monitorada pela presença dos picos de corrente associados às transições entre Ni(II) e Ni(III). Esses resultados podem distinguir se a atividade para a RDO decorre da formação de produtos de lixiviação na superfície, como NiOOH , ou se está associada intrinsecamente aos sítios ativos do óxido $\text{LaFe}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}_3$.

Agradecimentos: aos órgãos de fomento UENF, CNPq e Faperj.

Referências:

- [1] Sun, M.; Zhang, Q.; Chen, Q.; Hou, X.; Peng, W.; Li, Y.; Zhang, F.; Xia, Q.; Fan, X. Coupling LaNiO_3 Nanorods with FeOOH Nanosheets for Oxygen Evolution Reaction. *Catalysts*, 2022, 12(6).
- [2] Garcia, A. C.; Touzalin, T.; Nieuwland, C.; Perini, N.; Koper, M. T. M. Enhancement of Oxygen Evolution Activity of Nickel Oxyhydroxide by Electrolyte Alkali Cations. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2019, 58, 12999–13003.
- [3] Trotochaud, L.; Young, S. L.; Ranney, J. K.; Boettcher, S. W. Nickel–iron oxyhydroxide oxygen-evolution electrocatalysts: the role of intentional and incidental iron incorporation. *Journal of the American Chemical Society*, 2014, 136, 6744–6753.

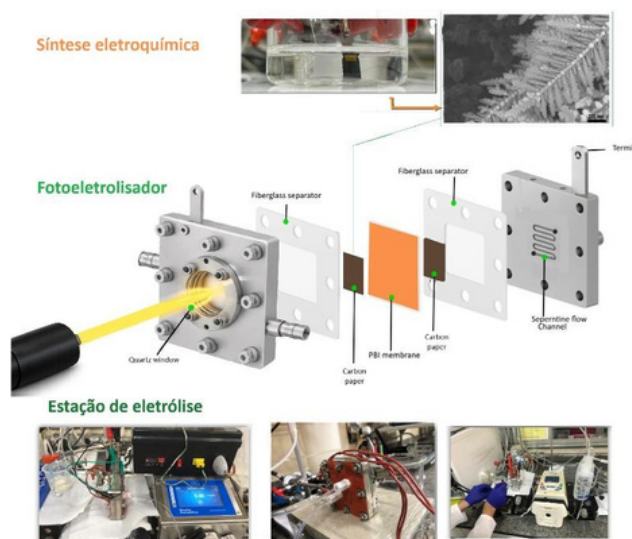
Técnicas in situ e sistemas (foto)eletroquímicos aplicados à eletrocatalise e à conversão de biomassa

Katia-Emiko Guima (PQ), Bruno Leuzinger (PQ), Benjamin Viada (PG), Rafael A. Vicente (PG), Victor Y. Yukuhiro (PG), Seyedeh Forough Mirseyed (PG), Ruth Flores (PG), Swathi P. Raju (PG), Ana Luz Tupa (PG), Otávio Berenguel (PG), Mileny dos S. Araujo (PG), Francisco L. Amante (PG), Andre Marcelo Soave (PG), Vitor Moraes (PG), Isabelle M. de Freitas (IC), Yasmin K. C. de Paula (IC), Pablo Sebastián Fernández (PQ)

Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil
E-mail: katiaemi@unicamp.br

Palavras-chave: técnicas in situ, eletrocatalise, conversão de biomassa

Este trabalho apresenta as atividades desenvolvidas pelo Campinas Electrochemistry Group, com foco na compreensão de processos interfaciais em sistemas (foto)eletroquímicos a partir de uma abordagem multitécnica. O objetivo central é correlacionar estrutura, composição e desempenho de eletrocatalisadores, visando a aplicações em eletrocatalise e conversão de biomassa. Os materiais estudados incluem nanopartículas metálicas, como Ag e Pt-Ag, e estruturas como perovskitas, sintetizadas por diferentes rotas. Esses materiais são avaliados em sistemas eletroquímicos e fotoeletroquímicos, com destaque para reações de oxidação de álcoois/polióis e eletrólise da água para produção de hidrogênio. A caracterização dos sistemas é realizada por meio de técnicas complementares. Métodos cromatográficos, como HPLC, são empregados para identificar e quantificar produtos da conversão de biomassa, evidenciando diferenças de seletividade entre catalisadores. Técnicas espectroscópicas in situ, como FTIR e Raman, permitem a detecção de intermediários reacionais durante a operação. Além disso, técnicas avançadas com luz síncrotron, como XAS e DRX, são utilizadas para investigar o estado de oxidação e as mudanças estruturais nos catalisadores. Os resultados demonstram a importância da integração de diferentes técnicas para elucidar mecanismos reacionais e orientar o desenvolvimento de materiais mais eficientes e seletivos para aplicações em energia e sustentabilidade.



Agradecimentos: CNPq, CAPES, CINE, FAPESP, APG (IQ – UNICAMP)

Referências

[1] Trabalho apresentado no II Workshop da Pós-Graduação – IQ da UNICAMP.

Obtenção e caracterização de nanofibras de P3HT:PCBM por eletrofiação coaxial para aplicação em células solares orgânicas

Yngrid Synara de Sena Silva (PQ)¹, Maria de Fátima Vieira Marques¹

¹ Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, UFRJ, RJ, Brasil
E-mail: yngridsynara@ima.ufrj.br

Palavras-chave: P3HT:PCBM, eletroquímica, nanofibras

Células solares orgânicas do tipo heterojunção a granel (BHJ) apresentam grande potencial para dispositivos fotovoltaicos flexíveis e de baixo custo, sendo a morfologia da camada ativa determinante para os processos de geração, separação e transporte de cargas. Neste trabalho, investigamos a influência de nanofibras de P3HT:PCBM, obtidas por eletrofiação coaxial, nas propriedades eletroquímicas e eletrônicas de filmes ativos. As nanofibras foram produzidas utilizando PMMA como shell e P3HT:PCBM (1:1) como core, com posterior remoção do shell. Uma camada adicional de P3HT:PCBM foi depositada via spin coating para promover interconectividade estrutural. A caracterização morfológica e química confirmou a formação de uma rede homogênea após a remoção do PMMA. A análise eletroquímica por voltametria cíclica revelou uma redução significativa do potencial de início da oxidação nos filmes com nanofibras ($\approx 1,06$ – $1,37$ V), em comparação com o filme controle ($\approx 1,99$ V), além de um aumento da área voltamétrica, indicando maior acessibilidade eletroquímica e participação do volume do filme nos processos redox. Esses resultados sugerem uma diminuição do sobrepotencial e uma melhoria na conectividade elétrica interna. A espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) corroborou esses achados, evidenciando redução expressiva da resistência de transferência de carga nos filmes com nanofibras, conforme indicado pela diminuição do diâmetro do arco de Nyquist. Essa resposta está associada à formação de caminhos percolantes eficientes para o transporte de portadores. Adicionalmente, medidas de KPFM e C-AFM indicaram maior homogeneidade energética e formação de regiões condutivas interconectadas. Em conjunto, os resultados demonstram que a incorporação de nanofibras promove uma reorganização estrutural que melhora simultaneamente o alinhamento energético, a acessibilidade eletroquímica e o transporte de carga. Dessa forma, a eletrofiação coaxial se apresenta como uma estratégia promissora para a engenharia morfológica de camadas ativas, com impacto direto no desempenho eletroquímico de dispositivos fotovoltaicos orgânicos.

Agradecimentos: LNNano/CNPEM; Labnano/CBPF; CAPES.

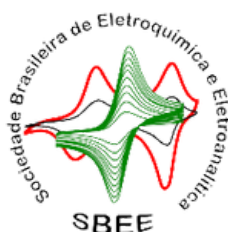
Referências:

- [1] Joly, D. et al. J. Mater. Chem. C, 2016, 4(43), 10173–10197.
- [2] Park, S. H. et al. Chem. Mater., 2020, 32(8), 3469–3479.

AGRADECIMENTO

A Coordenação da III Escola Mineira de Eletroquímica e do II Workshop ME agradece aos(as) autores(as), participantes, palestrantes, equipe de organização, monitores(as), equipe técnica e instituições parceiras pelo apoio e pela contribuição para a realização do evento e deste caderno de resumos. O empenho coletivo foi essencial para o sucesso desta edição.

APOIO



REALIZAÇÃO



Contato

escolamineiradeeletroquimica@gmail.com

Av. João Naves de Ávila, 2121

Bairro- Santa Mônica

CEP: 38408-100

Uberlândia - MG

(34) 3239-4411



ELETRÓQUÍMICA
III ESCOLA MINEIRA DE
ELETRÓQUÍMICA